



sapientia
tankönyvek

Fenyvessy József
Csanádi József
Csapó János
Csapó-Kiss Zsuzsanna

Tejipari technológia

Scientia Kiadó

Fenyvessy József
Csanádi József
Csapó János
Csapó-Kiss Zsuzsanna

Tejipari technológia

Tej és tejtermékek a táplálkozásban

Szerkesztette:
Csapó János

Fenyvessy József
Csanádi József
Csapó János
Csapó-Kiss Zsuzsanna

Tejipari technológia

Tej és tejtermékek a táplálkozásban

Szerkesztette:
Csapó János

Scientia Kiadó
Kolozsvár ■ 2014

A kiadvány megjelenését támogatta:



SAPIENTIA
ALAPÍTVÁNY

Kiadja a

Sapientia Alapítvány – Kutatási Programok Intézete
400112 Kolozsvár, Mátyás király (Matei Corvin) u. 4.
Tel./fax: +40-364-401454, e-mail: scientia@kpi.sapientia.ro
Website: www.scientiakiado.ro

Felelős kiadó:

Kása Zoltán

Lektor:

Kincses Sándorné (Debrecen)

Első magyar nyelvű kiadás: 2014

© Sapientia 2014

Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a nyilvános előadás, a rádió- és televízióadás, valamint a fordítás jogát, az egyes fejezeteket illetően is.

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

Tejipari technológia : tej és tejtermékek a táplálkozásban / Fenyvessy József,

Csanádi József, Csapó János, Csapó-Kiss Zsuzsanna. - Cluj Napoca : Scientia, 2014

Bibliogr.

ISBN 978-973-1970-80-6

I. Fenyvessy József

II. Csanádi József

III. Csapó, János

IV. Csapó-Kiss, Zsuzsanna

637.1

Tartalomjegyzék

Bevezetés	21
1. A tej mint nyersanyag	25
1.1. A hazai korszerű tejtermelés kialakulása	25
1.2. A tej képződése és leadása	26
1.3. A tejtermelést befolyásoló tényezők	29
2. A tej alkotórészei és a táplálkozásban betöltött szerepük	37
2.1. Víz	38
2.2. Fehérjék	39
2.3. Zsírok, zsírszerű anyagok	42
2.4. Tejcukor (laktóz)	45
2.5. Egyéb anyagok	46
2.6. A tej tulajdonságai	48
2.6.1. Fontosabb fizikai-kémiai tulajdonságok	48
2.6.2. Biológiai tulajdonságok	50
3. A tej mikroorganizmusai	53
3.1. A tejben, tejtermékekben található mikrobák	54
3.1.1. Élesztőgombák	54
3.1.2. Penészek	55
3.1.3. Baktériumok	55
3.1.4. A tej és tejtermékek fontosabb patogén mikroorganizmusai ..	57
3.1.5. A tej és tejtermékek romlását okozó fontosabb szennyező mikroorganizmusok	58
3.1.6. Tejipari szintenyészetek	64
3.2. Tejtermékek és élelmiszerbiztonság	65
4. A frissen fejt tej elsődleges kezelése	67
4.1. A tej tisztítása	67
4.2. A tej hűtése	68
4.3. Tárolás	68
5. A tej átvétele, minősítése	71
5.1. Mennyiségi átvétel	71
5.2. Minőségi átvétel	72
6. A nyers tej minősítése	73
6.1. Az EU nyers tejjel szemben támasztott követelményei	73
6.2. Csíraszám (SR EN ISO 4833:2003)	76
6.3. Szomatikus sejtszám (SR EN ISO 13366–1:2008)	77
6.4. Tejidegen gátlóanyag-tartalom	78

6 ■ Tartalomjegyzék

7. A tejfeldolgozás fontosabb műveletei	81
7.1. Fölözés	81
7.1.1. A fölözés elméleti alapjai	81
7.1.2. A fölözés gyakorlata	83
7.2. Hőkezelés	86
7.2.1. A tej hőkezelésének elméleti alapjai	87
7.2.2. A hőkezelés gyakorlata	89
7.3. A tej hűtése	93
7.4. Homogénezés	94
7.4.1. A homogénezés elméleti alapjai	94
7.4.2. A homogénezés gyakorlata	95
7.5. A zsírtartalom beállítása	97
7.6. A tejtermékek ízesítése, stabilizálása	98
7.6.1. Ízesítés	98
7.6.2. Adalékanyagok bedolgozása	99
7.6.3. Stabilizálás	100
7.7. Töltés, csomagolás	101
7.7.1. Hosszú eltarthatósági időt biztosító eljárások	101
7.7.2. A friss fogyasztású tejtermékek csomagolása	101
7.8. Speciális tejipari műveletek	103
7.8.1. Alvasztás	103
7.8.2. Ömlesztés	105
7.8.3. Ultraszűrés (UF)	106
7.8.4. Habosítás	109
7.8.5. Fagylaltok fagyasztása	110
7.8.6. Utóhőkezelés, stabilizálás	111
7.8.7. Reemulgeálás	112
7.9. A tejipari szintenyészetek gyártástechnológiai jellemzői	112
7.9.1. A szintenyészetek meghatározása és jelentősége	112
7.9.2. A szintenyészetek csoportosítása	114
8. Tej- és tejszínkészítmények gyártása	119
8.1. A pasztörözött tej- és tejszínkészítmények gyártása	120
8.1.1. Pasztörözött fogyasztói tejfeleségek	120
8.1.2. Ízesített tejkészítmények	121
8.1.3. A cukrozott, ízesített tejszínhab és a habtejszín gyártása ...	123
8.2. Tartós és féltartós tejkészítmények	125
8.3. Jellemző csomagolási módok	126
8.4. A friss fogyasztású és ultrapasztörözött tejtermékek tárolása	127
8.5. A tejkészítmények hibái	128
8.5.1. A pasztörözött frissfogyasztású termékek hibái	128
8.5.2. Az ultrapasztörözött termékek gyakoribb hibái	129

9. A savanyú tej- és tejszínkészítmények gyártása	131
9.1. A savanyú készítmények meghatározó gyártási műveletei	132
9.1.1. Az alapanyag hőkezelése	132
9.1.2. Alvasztás	133
9.1.3. A habarás	135
9.1.4. Érlelés	136
9.1.5. Utóhőkezelés és melegen letöltés	137
9.2. A savanyított tej- és tejszínkészítmények csomagolása	137
9.2.1. Előre gyártott poharakkal, tégelyekkel üzemelő berendezések	138
9.2.2. Dobozba töltő csomagológépek	138
9.3. Joghurtkészítmények gyártása	139
9.4. A tejföl készítése	141
9.5. A kefir gyártása	142
9.6. Savanyú tej- és tejszínkészítmények jellemző hibái	144
10. Vaj és vajkészítmények gyártása	145
10.1. A termékcsoport meghatározása	145
10.2. A vajgyártás alap- és adalékanyagai	147
10.3. Vajgyártási eljárások	148
10.4. A tejszín kezelése, előkészítése	149
10.5. A tejszín érlelése	150
10.5.1. Fizikai érlelés	150
10.5.2. Biológiai érlelés	150
10.5.3. Hőfoklépcsős érlelés	151
10.6. A vajgyártás műveletei	151
10.6.1. Köpülés	151
10.6.2. A vaj mosása	153
10.6.3. A vaj gyúrésa	153
10.6.4. Víztartalom és pH-beállítás	154
10.6.5. A vaj állományának szilárdulása (utószilárdulás)	154
10.6.6. A vaj csomagolása és tárolása	155
10.7. Vajkészítési eljárások	156
10.7.1. Vajkészítés szakaszos eljárással	156
10.7.2. A folytonos vajkészítés	157
10.8. A vajkrém készítése	159
10.9. A vaj és vajkészítmények gyakoribb hibái	160
10.9.1. Állományhibák	160
10.9.2. Íz- és szaghibák	161
10.9.3. Szín- és küllemi hibák	161
10.10. A vajgyártás gépei	161
11. Sajtgyártás	165
11.1. A sajtok csoportosítása	165
11.2. A sajttej kiválasztása	168

8 ■ Tartalomjegyzék

11.3. Zsírtartalom-beállítás, hőkezelés, érlelés	169
11.4. A sajttej feljavítása	169
11.5. A tej alvasztása	170
11.6. Az alvadék kidolgozása	172
11.6.1. Az elősajtolás	173
11.6.2. Az utómelegítés	174
11.6.3. Utósajtolás és alvadékmosás	175
11.7. Az alvadék formázása	177
11.7.1. A röglyukas sajtok alvadékának formázása	177
11.7.2. Erjedési lyukas és zárt tésztájú sajtok formázása	178
11.7.3. A hevített alvadék gépi és kézi formázása	181
11.8. A sajtok préselése	181
11.9. A sajtok sózása	185
11.9.1. Az alvadéksózás	185
11.9.2. A sajtok sózása sófürdőben	185
11.9.3. A száraz sózás	188
11.10. A sajtok érése	189
11.10.1. A fehérjefázis változása a sajtérés során	190
11.10.2. A zsírfázis változása az érlelés során	191
11.10.3. Az oldatfázis változása	191
11.11. A sajtok csomagolása	192
11.12. Érlelt sajtok gyakoribb hibái	193
12. Étkezéscsökkentő-gyártás	195
12.1. Túrógyártás általános technológiai szempontjai	196
12.2. Folyamatos túrógyártás	197
12.3. Túrókészítmények	199
12.4. Gyakoribb túróhibák	199
13. Az ömlesztett sajt gyártása	201
13.1. Az alapanyag tulajdonságai	201
13.1.1. Fizikai hatások az ömlesztéskor	202
13.1.2. Kémiai hatások az ömlesztéskor	202
13.2. Az ömlesztettsajt-gyártás gyakorlata	203
13.3. Ömlesztett sajt gyártása ömlesztősó nélkül	204
13.4. Az ömlesztett sajtok gyakoribb hibái	206
14. Tejporgyártás	209
14.1. Az alapanyaggal szemben támasztott követelmények	209
14.1.1. A tej tisztítása, a zsírtartalom beállítása, a tej előtárolása	210
14.1.2. A tej hőkezelése	210
14.2. Bepárlás (sűrités)	210
14.3. A porlasztva szárítás technológiai irányelvei	212
14.4. A tejpor hűtése	213
14.5. Energiatakarékos módszerek a porlasztva szárításban	214

14.6. Tejpor gyártása hengerszáritással	217
14.7. Az instant tejpor gyártása	219
14.8. A tejpor minőségét befolyásoló környezeti hatások	220
14.9. A tejpor gyakoribb hibái	221
15. Fagylaltgyártás	223
15.1. A gyártáshoz használt alap- és adalékanyagok	223
15.2. A fagylaltok gyártásának technológiája	224
15.2.1. A keverék készítése	224
15.2.2. A keverék kezelése	226
15.2.3. Fagyasztás és habosítás	227
15.2.4. Adagolás és csomagolás	228
15.2.5. Keményítés	229
15.2.6. Tárolás, szállítás	229
15.3. A fagylaltok fontosabb hibái	230
16. A tejpári melléktermékek hasznosítása	233
16.1. A sovány tej feldolgozása és hasznosítása	233
16.2. Az író feldolgozása és hasznosítása	234
16.3. A savó feldolgozása és hasznosítása	234
16.4. Kazeingyártás ipari célra	236
16.5. Tejcukorgyártás	236
17. Tisztítás és csírátlanítás a tejpári üzemekben	239
17.1. A tejpári tisztítás jellemzői	239
17.2. A tejpári fertőtlenítés jellemzői	240
17.3. A tejpári tisztítás, fertőtlenítés technológiája	240
18. A tejpári üzemek vízellátása	243
18.1. A tejfeldolgozó üzemek vízigénye	243
18.2. Ipari víz	243
18.3. Technológiai víz	244
18.4. Az üzemek vízszükségletének kielégítése	244
18.4.1. Víznyerés saját kútból	244
18.4.2. Vízvétel a városi hálózatról	245
18.4.3. Korszerű üzemi vízgazdálkodás	245
19. Szennyvíz- és hulladékgazdálkodás a tejpárban	247
19.1. A víz- és szennyvízgazdálkodás jelentősége	247
19.1.1. A szennyvizek csoportosítása	247
19.1.2. A technológiai vizek csökkentésének módszerei	247
19.1.3. A szennyvízterhelés csökkentése	248
19.2. Hulladékgazdálkodás	248
20. A tej összetevőinek táplálkozási értéke	251
20.1. Víz, ásványi anyagok és nyomelemek a tejben	251
20.1.1. A víz	251
20.1.1.1. A víz kötése a tejtermékekben	251

10 ■ Tartalomjegyzék

20.1.2. Az ásványi anyagok	252
20.1.3. A tej összetétele	252
20.1.3.1. Makroelemek a tejben	252
20.1.3.2. Mikroelemek	253
20.1.4. A tej makro- és mikroelemeinek szerepe a táplálkozásban.	255
20.1.4.1. A szervezet makro- és mikroelem-szükségletének kielégítése	255
20.2. A fehérjék	261
20.2.1. A tejfehérje	262
20.2.1.1. A tejfehérje és a fehérjeellátás	262
20.3. A lipidek	279
20.3.1. A tejszír	279
20.3.1.1. A tejszír mint energiahordozó	279
20.3.1.2. A zsírgolyócskák felépítése	280
20.3.1.3. A tej lipidjei	280
20.3.1.4. A tejszír zsírsavösszetétele	281
20.3.1.5. A tejszír emészthetősége	286
20.3.1.6. A tejszír táplálóértéke	290
20.3.1.7. A tej koleszterintartalma	291
20.3.1.8. A tejszír telítetlen zsírsavai	294
20.3.1.9. A tejszír esszenciális zsírsavai	294
20.3.1.10. Többszörösen telítetlen zsírsavak, koleszterinmetabolizmus és érlemeszesedés	296
20.3.1.11. Az egyes zsírsavak speciális hatásai	299
20.3.1.12. A tej foszfolipidjei	299
20.3.1.13. A tej cerebrozidtartalma	301
20.3.2. A tej és a tejtermékek konjugáltlinolsav-tartalma	302
20.3.2.1. A konjugált linolsavak előfordulása és biológiai hatása	302
20.3.2.2. A konjugált linolsav definíciója	302
20.3.2.3. A konjugált linolsavak kialakulása és kémiai előállítása	303
20.3.2.4. Élelmiszereink konjugáltlinolsav-tartalma és a mennyiségüket befolyásoló tényezők	305
20.3.3. A tejszír rákellenes hatása	316
20.4. A szénhidrátok	317
20.4.1. A tej szénhidrát-tartalma	317
20.4.1.1. A tehéntej és az anyatej szénhidrát-tartalma	318
20.4.2. A laktóz szerepe az anyagcserében	319
20.4.2.1. A laktóz hatása a kalcium abszorpciójára	319
20.4.2.2. A laktóz hatása a bélflórára	320
20.4.2.3. A laktóz dietetikus hatása	320

20.5. Vitaminok	329
20.5.1. A tej vitamintartalma	329
20.5.1.1. A tehéntej vitamintartalma	329
20.5.2. A tej vitaminjainak szerepe a táplálkozásban	331
20.6. Enzimek, hormonok, szerves savak	333
20.6.1. Enzimek a tejben	334
20.6.1.1. A tehéntej enzimelei	334
20.6.1.2. A tej enzimeinek táplálkozási szerepe	335
20.6.2. Hormonok a tejben	337
20.7. A tej egyéb szerves vegyületei	338
20.7.1. Szerves savak a tejben	342
21. A technológia hatása a tej és tejtermékek összetételére	347
21.1. A feldolgozás hatásai	347
21.1.1. A tej hőkezelése	347
21.1.1.1. Hőkezelési módok	347
21.1.1.2. A patogén mikroorganizmusok elpusztítása	348
21.1.1.3. A hőkezelés hatása a tejszírra	349
21.1.1.4. A hőkezelés hatása a tejfehérjére	350
21.1.1.5. Maillard-reakció a tej hőkezelése során	353
21.1.1.6. A hőkezelés hatása az ásványi anyagokra	355
21.1.1.7. A hőkezelés hatása a vitamintartalomra	355
21.1.1.8. A hőkezelés hatása az enzimekre és a szerves savakra	356
21.1.2. A tej homogénezése	358
21.1.3. A tárolás során bekövetkező változások	359
21.1.4. Kémiai tartósítószeresek	363
21.2. Színtenyészetekkel előállított savanyú tejtermékek és a vaj	364
21.2.1. Színtenyészetekkel előállított savanyú tejtermékek	364
21.2.1.1. Összetétel	364
21.2.1.2. A színtenyészetekkel előállított tejtermékek szerepe az emésztésben	368
21.2.1.3. Táplálkozási szempontok	370
21.2.1.4. A színtenyészetekkel előállított tejtermékek mikrobiológiai szempontú értékelése	371
21.2.2. A vaj	373
21.2.2.1. Összetétel	373
21.2.2.2. A tárolás során bekövetkező változások	374
21.2.3. Tejszín és tejföl	375
21.2.4. Író	376
21.3. A sajt	377
21.3.1. Az érés hatása a sajt összetételére	377
21.3.1.1. Zsírtartalom	377
21.3.1.2. Fehérjetartalom	379

21.3.1.3. Ásványi anyagok és nyomelemek	389
21.3.1.4. Vitaminok	391
21.3.1.5. Szerves savak	392
21.3.2. Mikrobiológiai szempontok	393
21.3.3. Nitráthozzáadás hatása a sajt minőségére	395
21.3.3.1. A nitrit hatása	395
21.3.3.2. Nitrózaminok	397
21.3.4. A csomagolóanyag hatása	398
21.3.5. A sajtok tartósítása	399
21.3.5.1. Szorbinsav	399
21.3.5.2. Natamicin	399
21.3.5.3. Nisin	400
21.3.6. Túró	400
21.3.7. Ömlesztett sajtok	401
21.3.8. A savó	402
21.3.8.1. A savó összetétele	402
21.3.8.2. Tejfehérjéből előállított termékek	404
21.3.8.3. Sajt készítés savókeletkezés nélkül	407
21.4. A sűrített tej és a tejpor	408
21.4.1. Sűrített tej	408
21.4.1.1. Összetétel	408
21.4.1.2. Az összetétel változása a tárolás során	409
21.4.2. Tejpor	410
21.4.2.1. Összetétel	410
21.4.2.2. Az összetétel változása a tárolás során	414
Szakirodalom	417
Abstract	419
Rezumát	421
A kötet szerzői	423

Contents

Introduction	21
1. The milk, as raw material	25
1.1. Development of the modern milk production	25
1.2. Formation and yielding of milk	26
1.3. Factors influencing milk production	29
2. The nutritional properties of the constituents of milk	37
2.1. Water	38
2.2. Proteins	39
2.3. Fats and other lipids	42
2.4. Lactose	45
2.5. Other components	46
2.6. Property of the milk	48
3. Microorganisms of milk	53
3.1. Microorganisms in milk and milk products	54
3.2. Dairy products and food safety	65
4. The primary treatment of fresh milk	67
4.1. Cleaning of the milk	67
4.2. Refrigeration of the milk	68
4.3. Storage	68
5. Acceptance and qualification of the milk	71
5.1. Quantitative acceptance	71
5.2. Qualitative acceptance	72
6. Qualification of the raw milk	73
6.1. Requirements of the raw milk by EU	73
6.2. Germ number	76
6.3. Somatic cell count	77
6.4. Extraneous inhibitory materials in milk	78
7. The more important operations of milk processing	81
7.1. Decantation	81
7.2. Heat treatment	86
7.3. Cooling of the milk	93
7.4. Homogenization	94
7.5. Adjustment of fat content	97
7.6. Flavoring and stabilization of milk products	98
7.7. Filling, packing	101
7.8. Special treatments in milk industry	103
7.9. Technological features of cultured milk products	112

8. Manufacture of milk and cream products	119
8.1. Manufacture of heat treated milk and cream products	120
8.2. Stable and half stable milk products	125
8.3. Typical wrapping methods	126
8.4. Storage of freshly consumed and ultra high temperature milk products	127
8.5. Failures of cream products	128
9. Manufacture of sour milk and cream products	131
9.1. Manufacture of sour milk products	132
9.2. Packing of sour milk and cream products	137
9.3. Manufacture of yogurt products	139
9.4. Manufacture of sour cream	141
9.5. Manufacture of kefir	142
9.6. Typical failures of sour milk and cream products	144
10. Manufacture of butter and butter products	145
10.1. Determination of the product group	145
10.2. Basic and admixture materials of butter production	147
10.3. Processes of butter making	148
10.4. Treatment and preparation of the cream	149
10.5. Ripening of the cream	150
10.6. Manufacture of butter making	151
10.7. Methods for butter making	156
10.8. Manufacture of butter cream	159
10.9. Typical failures of butter and butter products	160
10.10. Machines of butter production	161
11. Cheese production	165
11.1. Grouping of cheeses	165
11.2. Separation of the cheese milk	168
11.3. Fat content, heath treatment, ripening	169
11.4. Improvement of cheese milk	169
11.5. Clotting of milk	170
11.6. Development of curdle	172
11.7. Formation of the curdle	177
11.8. Extruding of the cheeses	181
11.9. Salting of the cheeses	185
11.10. Ripening of the cheeses	189
11.11. Wrapping of cheese	192
11.12. Frequent failures of ripened cheeses	193
12. Curd cheese production	195
12.1. General technology of curd cheese production	196
12.2. Continuous curd cheese production	197
12.3. Curd cheese products	199

12.4. Frequent failures of curd cheese	199
13. Processed cheese production	201
13.1. Basic material	201
13.2. Practice of processed cheese production	203
13.3. Processed cheese production without salts	204
13.4. Frequent failures of processed cheese	206
14. Milk powder production	209
14.1. Quality of the basic material	209
14.2. Evaporation	210
14.3. Technology of the vaporization	212
14.4. Cooling of the milk powder	213
14.5. Energy saved methods in vaporization	214
14.6. Milk powder production by roller drying	217
14.7. Instant milk powder production	219
14.8. Environmental influences on the quality of milk powder	220
14.9. Frequent failures of milk powder	221
15. Ice cream production	223
15.1. Basic materials and additives	223
15.2. Technology of ice cream production	224
15.3. Frequent failures of ice creams	230
16. Utilization of the dairy byproducts	233
16.1. Utilization and processing of skim milk	233
16.2. Utilization and processing of buttermilk	234
16.3. Utilization and processing of whey	234
16.4. Casein production for industrial purposes	236
16.5. Lactose production	236
17. Cleaning and autoclaving in dairy industry	239
17.1. Parameters of cleaning in dairy industry	239
17.2. Disinfection in dairy industry	240
17.3. Technology of cleaning and disinfection	240
18. Water supply of dairy	243
18.1. Water supply of dairy processing	243
18.2. Industrial water	243
18.3. Technological water	244
18.4. Gratification of water necessity	244
19. Management of waist water and garbage in milk industry	247
19.1. Significance of water and waist water management	247
19.2. Refuse management	248
20. The nutritional value of the components of milk	251
20.1. Water, minerals and trace elements in milk	251
20.2. Proteins	261
20.3. The lipids	279

16 ■ Contents

20.4. Carbohydrates	317
20.5. Vitamins	329
20.6. Enzymes, hormones and organic acids	333
20.7. The other organic components in milk	338
21. The influence of the technology on composition of milk and milk products	347
21.1. The effects of processing	347
21.2. Cultured milk products and butter	364
21.3. Cheese	377
21.4. The evaporated milk and the milk powder	408
Literature	417
Abstracts	419
About the authors	423

Cuprins

Introducere	21
1. Lapte – materia primă	25
1.1. Originea și importanța producției de lapte	25
1.2. Bazele fiziologice de obținere a laptelui	26
1.3. Factori care influențează producția de lapte	29
2. Componentele laptelui și rolul acestora în nutriția umană	37
2.1. Apa	38
2.2. Proteinele	39
2.3. Lipidele și substanțele lipoidice	42
2.4. Lactoza	45
2.5. Alte componente	46
2.6. Proprietățile laptelui	48
3. Microbiologia laptelui	53
3.1. Microorganismele laptelui și a produselor lactate	54
3.2. Calitatea și siguranța produselor lactate	65
4. Tratamentul primar a laptelui materie primă	67
4.1. Curățirea	67
4.2. Răcirea	68
4.3. Depozitarea	68
5. Recepția și controlul calității laptelui	71
5.1. Recepția cantitativă a laptelui	71
5.2. Recepția calitativă a laptelui	72
6. Controlul calității a laptelui materie primă	73
6.1. Cerințele calitative a Uniunii Europene referitoare la laptele materie primă	73
6.2. Numărul total de germeni	76
6.3. Celule somatice	77
6.4. Substanțe neutralizante	78
7. Principalele operații tehnologice la prelucrarea laptelui	81
7.1. Smântânirea laptelui	81
7.2. Tratamentul termic al laptelui	86
7.3. Răcirea laptelui	93
7.4. Omogenizarea laptelui	94
7.5. Normalizarea laptelui	97
7.6. Stabilirea și aromatizarea produselor lactate	98
7.7. Umplerea și ambalarea	101
7.8. Operații tehnologice specifice în industria laptelui	103

7.9. Caracteristici tehnologice ale culturii starter utilizate în industria laptelui	112
8. Tehnologia generală de fabricare a laptelui și a produselor lactate	119
8.1. Tehnologia de obținere a laptelui pasteurizat și a diferitelor sortimente de smântâni	120
8.2. Produse din lapte obținute prin ultrapasteurizare	125
8.3. Metode specifice de ambalare	126
8.4. Depozitarea produselor lactate proaspete și ultrapasteurizate	127
8.5. Defectele produselor lactate	128
9. Tehnologia generală de fabricare a produselor lactate fermentate și a diferitelor sortimente de smântâni	131
9.1. Operații principale în fabricarea produselor lactate fermentate . . .	132
9.2. Ambalarea produselor lactate fermentate și a smântânii	137
9.3. Iaurtul	139
9.4. Smântâna	141
9.5. Chefirul	142
9.6. Defectele produselor lactate fermentate și a smântânii	144
10. Tehnologia de fabricare a untului și a cremei de unt	145
10.1. Definiție	145
10.2. Materii prime și aditivi alimentari utilizați la fabricarea untului . .	147
10.3. Metode de fabricare a untului	148
10.4. Recepția și tratarea smântânii	149
10.5. Maturarea smântânii	150
10.6. Operații tehnologice la fabricarea untului	151
10.7. Procedee de fabricare a untului	156
10.8. Tehnologia de fabricare a cremei de unt	159
10.9. Defectele untului și a produselor derivate din unt	160
10.10. Utilaje pentru fabricarea untului	161
11. Tehnologia generală de fabricare a cașcavalurilor	165
11.1. Clasificarea cașcavalurilor	165
11.2. Selecționarea laptelui	168
11.3. Normalizarea, pasteurizarea și maturarea laptelui	169
11.4. Îmbunătățirea laptelui	169
11.5. Închegarea și coagularea laptelui	170
11.6. Etapele principale ale prelucrării coagulului	172
11.7. Formarea cașului	177
11.8. Presarea cașului	181
11.9. Sărarea cașului	185
11.10. Maturarea cașcavalului	189
11.11. Ambalarea cașcavalului	192
11.12. Defectele cașcavalului maturat	193

12. Tehnologia generală de fabricare a brânzeturilor	195
12.1. Noțiuni elementare la fabricarea brânzeturilor	196
12.2. Fabricarea brânzeturilor prin procedeu continuu	197
12.3. Clasificarea brânzeturilor	199
12.4. Defectele brânzeturilor	199
13. Tehnologia de fabricare a brânzeturilor topite	201
13.1. Proprietățile materiilor prime	201
13.2. Tehnologia de obținere a brânzeturilor topite cu săruri de topire ..	203
13.3. Tehnologia de obținere a brânzeturilor topite fără săruri de topire ..	204
13.4. Defectele brânzeturilor topite	206
14. Tehnologia generală de fabricare a laptelui praf	209
14.1. Normele specifice de calitate pentru materiile prime	209
14.2. Concentrarea	210
14.3. Procedeele de uscare prin pulverizare	212
14.4. Răcirea laptelui praf	213
14.5. Metode economice la obținerea laptelui praf prin uscare cu pulverizare	214
14.6. Obținerea laptelui praf cu uscător cu tamburi rotativi	217
14.7. Procedeele de fabricare a laptelui praf instant	219
14.8. Factorii care influențează calitatea laptelui praf	220
14.9. Defectele laptelui praf	221
15. Tehnologia de fabricare a înghețatei	223
15.1. Materii prime și aditivi utilizați la fabricarea înghețatei	223
15.2. Procesul tehnologic de fabricare a înghețatei	224
15.3. Defectele înghețatei	230
16. Procese moderne de valorificare a subproduselor din industria laptelui ..	233
16.1. Prelucrarea și valorificarea a laptelui smântânit	233
16.2. Prelucrarea și valorificarea zarei	234
16.3. Prelucrarea și valorificarea zerului	234
16.4. Tehnologia de fabricare a cazeinei	236
16.5. Tehnologia de fabricare a lactozei	236
17. Igienizarea și dezinfectarea în industria laptelui	239
17.1. Igienizare	239
17.2. Dezinfectare	240
17.3. Tehnici de igienizare și dezinfectare în industria laptelui	240
18. Apa în industria laptelui	243
18.1. Consumul de apă în industria laptelui	243
18.2. Apa industrială	243
18.3. Apa tehnologică	244
18.4. Aprovizionare cu apa a industriei alimentare	244

20 ■ Cuprins

19. Gospodărirea apelor și a deșeurilor în industria laptelui	247
19.1. Importanța gospodării apelor și a apelor uzate	247
19.2. Gospodărirea deșeurilor	248
20. Valoarea nutritivă a laptelui și a produselor lactate	251
20.1. Apa, săruri minerale și microelemente din lapte	251
20.2. Substanțe proteice	261
20.3. Lipidele din lapte	279
20.4. Glucidele în lapte	317
20.5. Vitaminele în lapte	329
20.6. Enzime, hormoni, acizi organici	333
20.7. Alte componenți organici a laptelui	338
21. Efectul tehnologic asupra compoziției a laptelui și a produselor lactate	347
21.1. Efectele principale a proceselor de prelucrare asupra compoziției	347
21.2. Produsele lactate fermentate probiotice și unt	364
21.3. Cașcavalul	377
21.4. Lapte concentrat și lapte praf	408
Bibliografie	417
Abstract	419
Rezumat	421
Despre autori	423

Bevezetés

Az emberiség fehérjeellátásában a tejnek, mint olyan állati terméknek, amely olcsó tömegtakarmányokból jó hatásfokkal és nagy mennyiségben állítható elő, jelentős szerepe van. A tej tartalmazza az ember számára nélkülözhetetlen fehérjéket, esszenciális aminosavakat, zsírokat, szénhidrátot, ásványi anyagokat és vitaminokat, és 0,3 liter tej az ember napi szükségletének 20–60%-át fedezni tudja ezekből a tápanyagokból. A tejet termelő tehen, kecske, juh és kanca jórészt olyan takarmányokból állítja elő az ember számára szinte nélkülözhetetlen élelmiszert, amelyek humán fogyasztásra alkalmatlanok, a kérődzők és a ló kivételével pedig más gazdasági állatfaj nehezen hasznosítaná azokat.

Az ember tápanyagszükségletének kielégítéséhez feltétlenül szükség van állati eredetű élelmiszerekre is, mert a növényi táplálékok az ember számára esszenciális aminosavakból, zsírsavakból, makro- és mikroelemekből rendszert keveset vagy nem a megfelelő arányban tartalmaznak. A tej állandó, az emberi szervezet tápanyagellátása szempontjából kiegyensúlyozott összetétele eleget tesz azoknak a kívánalmaknak, hogy a növényi eredetű élelmiszerek összetételét kellően kiegészítse. Bár az élet-, illetve táplálkozási színvonallal nő az állati eredetű élelmiszerek hányada az összes elfogyasztott tápanyagon belül, a tejnek az állati eredetű élelmiszereken belüli arányát mégsem a hús- és tejtermelés fejlettsége, hanem inkább a táplálkozási szokások befolyásolják. A magyar ember a húst részesíti előnyben a tejjel és tejtermékkel szemben annak ellenére, hogy Magyarországon a tejfehérjének az elfogyasztott állati fehérjén belüli aránya az utóbbi években kismértékben emelkedett, és már meghaladta a 30%-ot. Ezen öröndetes eredmény mellett meg kell jegyezni azonban azt is, hogy az utóbbi időben történt áremelkedések hatására a tejfogyasztás jelentős mértékben visszaesett.

A tej tehát speciális helyet foglal el a növényi és az állati élelmiszerek között, mert a születés utáni első időszakban – az emlősökhöz hasonlóan – az egyedüli tápláléka az újszülöttnak. A tej ezért minden olyan fontos tápanyagot tartalmaz, különösen a fehérje és az ásványi anyagok vonatkozásában, amelyre az újszülöttnak a növekedéséhez és fejlődéséhez szüksége van. Bár a csecsemőkor után a tej már nem kizárólagos tápláléka a gyermeknek, a továbbiakban is fontos szerepet tölt be a fiatal szervezet tápanyagellátásában, tápanyagigényének kielégítésében. A tej és tejtermékek azonban a felnőttek táplálkozásában is fontos szerepet töltenek be nem csupán azért, mert minden fontos tápanyagot tartalmaznak, hanem azért is, mert gazdagok azokban a komponensekben, amire a felnőtt szervezetnek szüksége lehet. Tej és tejtermékek nélkül szinte lehetetlen a szervezet megfelelő tápanyagellátását biztosítani. Érdemes megemlíteni, hogy a különböző élelmiszerek megfelelő arányban kombinálva képesek egymást kiegészíteni, és egy

kiegyensúlyozott, ideális összetételt adni. E szempontból is jelentős a tej, hisz a zöldségeket képes megfelelően kiegészíteni.

A tej és tejtermékek táplálkozásban betöltött szerepét általában jól ismerik, ám a fogyasztók ritkán veszik figyelembe az ezzel kapcsolatos tényeket a mindennapi vásárlásnál. Az egyes országok között a tejfogyasztásban tapasztalható nagy különbség valószínűleg pszichológiai eredetű is, melynek oka főként a marketingpolitikában gyökeredzik. Az organoleptikus tulajdonságok jobban befolyásolják az egyes tejtermékek fogyasztását, mint a táplálkozási értékük, ezért ezt a tényit is legalább annyira figyelembe kell venni, mint a tápértéket.

Melyek azok a legfontosabb kérdések, melyeket a tej- és tejtermékfogyasztásnál figyelembe kell venni?

- Legfontosabb talán a tej összetétele, az összetevők aránya és emészthetősége.
- Jelentős tény, hogy az anyatej összetétele nagymértékben eltér a tehéntejtől, valamint a tehéntej alapon készült csecsemőtápszerektől. A kérdés, amely ebből az aspektusból felmerül, az, hogy a tehéntejet miként lehet megváltoztatni oly módon, hogy összetétele jobban hasonlítson az anyatejéhez.
- Lényeges annak tanulmányozása, hogy a modern technológiák és eljárások, melyeken a tej keresztül megy, míg tejtermék lesz belőle, hogyan befolyásolják ezen élelmiszerek táplálkozási értékét.

Ezeket a kérdéseket csak az utóbbi pár évtizedben vizsgálták, ugyanis a táplálkozási értékkel foglalkozó tudományág még viszonylag rövid múltra tekint vissza. Ennek ellenére elég sok tudományos ismeret gyűlt össze, melynek alapján a tej és tejtermékek táplálkozásban betöltött szerepét tanulmányozni lehet. Mégis nagyon sok megfigyelés tudományos magyarázata várat még magára. Ezek közül néhányat említve például beszámoltak arról, hogy a tej sokkal értékesebb táplálék, mint ahogy azt eddig gondolták, de ezen eredményeket tudományosan még nem sikerült megerősíteni. Egy közleményben leírták, hogy azok a gyerekek, akik rendszeresen fogyasztottak tejet, sokkal logikusabban gondolkodtak, és absztrakciós képességük is jobb volt a tejet nem fogyasztókéhoz képest. Egy másik kísérletben kimutatták, hogy a rendszeres tejfogyasztó gyerekek kevesebbet hiányoztak az iskolából, mint tejet nem fogyasztó társaik. Mások negatív összefüggést mutattak ki a tejfogyasztás mennyisége és a gyomorrák előfordulási gyakorisága között. Abban a csoportban, akik sohasem ittak tejet, a kísérlet 7 hónapja alatt 100 000 lakosra számolva 29-en, a rendszertelenül tejet fogyasztók közül 23-an, a rendszeres tejfogyasztók közül pedig csak 13-an haltak meg gyomorrákban. Az utóbbi húsz évben Japánban a gyomorrákban elhaltak száma az összes rákos halálózásán belül 35%-ra esett vissza, amit a nagymértékben növekvő tej- és tejtermékfogyasztással magyaráztak. Ennek egyik lehetséges oka az, hogy a tej képes az N-metil-N-nitrozó karbamid metilező képességét csökkenteni, ezért meg tudja akadályozni a metilezést a gyomorban, csökkentve ezzel a rákos megbetegedéseket. Patkányokkal végzett kísérletekkel kimutatták, hogy a tej képes volt a rákos sejtek további szaporodását megakadályozni, ami valószínűleg

a tej nagy B-vitamin-tartalmával magyarázható. Úgy tűnik, hogy a tej véd a környezeti ártalmakkal szemben is, amit a jövőben jobban kellene tanulmányozni.

Az összeállítás elején foglalkozunk a tejjel mint nyersanyaggal, röviden írunk a tej táplálkozásban betöltött szerepéről, a tej mikroorganizmusairól, a frissen fejt tej elsődleges kezeléséről, a tej átvételéről és a nyers tej minősítéséről. A tejfeldolgozás fontosabb műveletei során az olvasó megismerkedhet a főlözéssel, a hőkezeléssel, a hűtéssel, a homogénezéssel, a zsírtartalom beállításával, a tejtermékek ízesítésével, a töltéssel és csomagolással, és a speciális tejipari műveletekkel. A következő fejezetekben a tej és tejszínkészítmények gyártásával, a savanyú tej és tejkészítményekkel, a vaj és vajkészítményekkel, a sajtgyártással, az étkezési túrógyártással, az ömlesztettsajt- és tejporgyártással ismerkedhet meg az olvasó. A további részekben röviden tárgyaljuk a fagylaltgyártást, a tejipari melléktermékeket, a tisztítást és a csírátlanítást, a tejipari üzemek vízellátását, valamint a szennyvíz- és hulladékgyalogdálkodást. A könyv utolsó fejezetei a tej és tejtermékek emberi táplálkozásban betöltött szerepével, valamint a technológiai műveletek tejjösszetételre gyakorolt hatásával foglalkoznak.

A könyv kiadásának az volt a célja, hogy korszerű, modern ismeretanyagot nyújtson elsősorban a felsőoktatásban tanuló főiskolai és egyetemi hallgatók számára a tejipari technológiáról, a tejfeldolgozásról, a tejtermékekről, valamint hogy eloszlassa mindazokat a félreértéseket, hibás vagy rosszul magyarázott tudományos eredményeket, melyek az utóbbi időben hozzájárultak a tej- és tejtermékfogyasztás csökkenéséhez. A könyvet agrártudományi egyetemeken, élelmiszer-ipari főiskolákon és orvosi egyetemeken tanuló, táplálkozástudománnyal foglalkozó szakemberek számára ajánljuk.

Végezetül a szerkesztő, szerzőtársai nevében is, köszönetét szeretné kifejezni Salamon Szidónia PhD-hallgatónak a román fordításokért, ill. a szerkesztői munka segítéséért.

A szerzők

Csíkszereda, 2011. május 20.

1. fejezet

A tej mint nyersanyag

1.1. A hazai korszerű tejtermelés kialakulása

A termelt tej mennyisége szempontjából legnagyobb jelentősége Magyarországon a szarvasmarhának van. Emellett a kiskérődzők, így a juh és a kecske tejeltetése is folyik, ám az általuk termelt tej mennyisége elenyésző a tehéntejéhez képest. Ez annál is inkább sajnálatos tény, mert a juhtej és a belőle készült termékek igen keresettek belföldön és külföldön egyaránt, valamint a juh- és kecsketej kiemelkedő táplálkozás-élettani tulajdonságai pedig napjainkban látnak újra napvilágot. A juh- és kecskeágazat az utóbbi évtizedekben erősen hullámzó teljesítményt mutatott, jelenleg azonban a tapasztalható fejlesztések, elképzelések ellenére sincs lényeges áttörés elsősorban ezen állatfajok tejének termelésével, felhasználásával kapcsolatban.

A magyar tejgazdaság jelentős fejlődése a múlt század közepétől indult meg, amikor is az őshonos magyar szürke fajta egyre inkább vesztett közkedveltségéből, és a nagyobb hús- és tejhozamú szimentáli típusú állományok alakultak ki. Ezzel a fajtával végzett tenyésztési munka eredménye volt a magyartarka fajta megjelenése, amely akkor kiváló eredményeket produkált. A II. világháború után is a magyartarka irányában folytatódott a nemesítői munka, ám nemsokára szükségessé vált a fajta tulajdonságainak jelentős javítása. Elsősorban a tejhozam növelése és a gépi fejésre való alkalmasság tekintetében szorult javításra a fajta.

Először a 60-as években a hegyi tarkákat a hazainál jobb színvonalon tenyésztő országokból, pl. Svájcból szimentálit, majd osztrák és bajor tarka állományokat hoztak be. A keresztezések nem hoztak gyors sikereket, ezért később a Szovjetunióból származó borzderes fajtával, a kosztromaival, majd a dán jerseyvel kísérleteztek. Ezek keresztezése a magyartarkával, illetve a magyar szürkével tulajdonképpen sikeres volt, de az akkori legfontosabb igénynek, a kiemelkedő mennyiségű tejtermelésnek még mindig nem feleltek meg. A tejellátás egyre sürgetőbb gondját megoldandó, a 60-as évek végén próbálkoztak a fajtatizta európai lapály fajtákkal is, ám ezek jó tejtermelése mellett húsértékük és húsként való értékesítésük gyenge volt.

Áttörést jelentett az 1972-től kezdett nagyszabású fajtaváltási program, amely a holstein-fríz fajta nagyobb mennyiségű behozatalával kezdődött. E fajtát a főként európai lapály fajtákból az AEÁ-ban és Kanadában alakították ki. Kiváló tejelő, gépi fejésre igen alkalmas, jellemzően feketetarka fajta, ám létezik vöröstarka (Red-Holstein) változata is. A holstein-frízzel már 1965-től foglalkoztak,

és kiváló szakemberek, így pl. Horn professzor munkájának eredményeként viszonylag gyorsan elterjedt keresztezett és tiszta állományokban is. A további keresztezések is folytatódtak, így a legjelentősebb tejelő fajtánk lett, és több fajtával, így a magyartarkával keresztezett állományok is megtalálhatók napjainkban is az országban. Az éves tehéntejtermelés hazánkban az utóbbi években 1,8 milliárd liter körül alakult.

A juhtej ipari feldolgozásának jelentősége erősen ingadozott az elmúlt évtizedekben. 1958-ban 2,8 millió liter, a 60-as években 14–18 millió liter és napjainkban sajnos csupán kb. 1,2 millió liter körüli a feldolgozásra felvásárolt juhtej éves mennyisége. A különböző hús- és tejhasznú fajták közül (merinó, cigája, racka, cikta stb.) végül is a merinó fajta az uralkodó a tejtermelésben is, bár az utóbbi években történtek próbálkozások intenzív tejelő fajták, így pl. az awassi, keletfríz, laucone, tejelő cigája, brit tejelő népszerűsítésére. A juhok fejése igen nehéz, fárasztó munka, ez is oka a csökkenő tejtermelésnek, melyen a fejés gépesítése sem segített sokat.

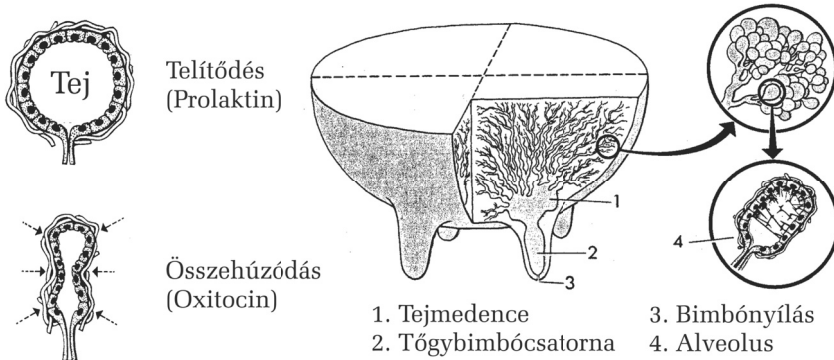
Több kecskefajta is igen jól fejhető géppel, ezért próbálkoztak a nagyüzemi módszerű tejeltetésével. A jellemző fajták a számentáli, őzbarna, núbiai. Bár a kecskét sokan igénytelennek tartják, valamint jól és tisztán fejhető, a kecsketej ivótejként és sajtként is fogyasztható és keresett, egyelőre a kecsketej termelésében sem tapasztalható áttörő fejlődés. A fentiek miatt a továbbiakban elsősorban a tehéntejéről lesz szó, bár hasonlóságok, közös vonások a különböző állatfajok tejtermelésében, a termékek gyártástechnológiájában természetesen tetten érhetők.

1.2. A tej képződése és leadása

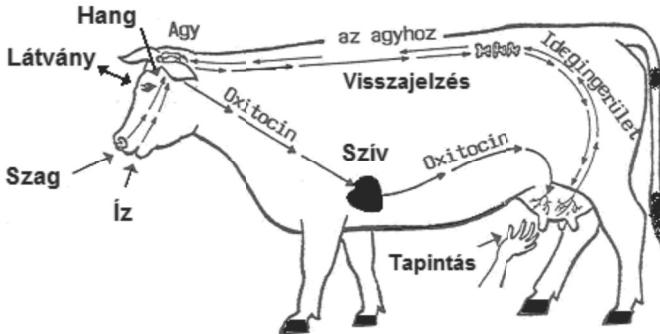
A tej képződése az ellés előtt egy-két nappal indul meg, a tőgyben (szarvasmarha esetén négy tőgynegyedre osztható) lévő speciális mirigyhámsejtekből álló kis „zsákocskákban”, az alveolusokban. Az alveolusokat és a tejelvezető csatornákat dús érhalózat és ún. kosársejtek (összehúzódnásra képes hámsejtek) veszik körül (1.1. ábra).

A tehén tőgyében kb. 20–100 milliárd ilyen alveolus van. A vérellátás fontosságát bizonyítja az a tény, hogy egy liter tej képződéséhez kb. 500 l vérnek kell a tőgyön keresztüláramolnia. Ez egyben azt is jelenti, hogy pl. a napi 30 liter tejet termelő, 600 kg-os tehén teljes vérmennyisége 4–5 percenként átáramlik a tőgyön. Az alveolusokban folyó tejképzés folyamatos, a tejleadás azonban időszakos, és valamely külső inger és a tőgyben keletkező belső nyomás hatására indul meg. *Mind a tejképződés, mind a tejleadás hormonok (a szervezet működését irányító, szabályozó anyagok) által befolyásolt élettani folyamat.* A tejképződésért a prolaktin nevű hormon a felelős. A tejleadást az agy hátulsó lebenyében, a fejési inger (pl. a fejő meglátása, a fejőgép hangja, a tőgy lemosása, masszálása) hatására felszabaduló oxitocin indítja meg, amely az agyból a véráram útján jut a tőgy-

be, és ott kiváltja a kosársejtek összehúzódását, a tej elválasztását. A keletkezett tej az oxitocin hormon hatására préselődik ki az alveolusokból, a tőgymedencében gyűl össze és onnan fejhető ki. A tej termelése a prolaktin hormon állandó magas szintje miatt egy akarattól független, állandó folyamat, míg az oxitocin szintje a vérben különböző ingerek hatására nő meg annyira, hogy a simaizmok összehúzódásával kipurcolódik a tej az alveolusokból.



1.1. ábra. A tőgy szerkezete, felépítése



1.2. ábra. A tejleadás idegi és hormonális szabályozása

A tejleadás idegi és hormonális szabályozásának folyamata a következő fázisokból áll (1.2. ábra):

- A külső ingerek felvétele (látás, hallás, tőgymasszázs stb).
- Az ingerek idegpályán való bejutása az agyba.
- Az agyban az ingerület kiváltja az oxitocin vérbe jutását.
- Az oxitocin a véráram útján a tőgybe jut (kb. 45 másodperc).
- Az oxitocin hatására a kosársejtek összehúzódnak, a tej a tőgymedencébe áramlik és kifejhető.

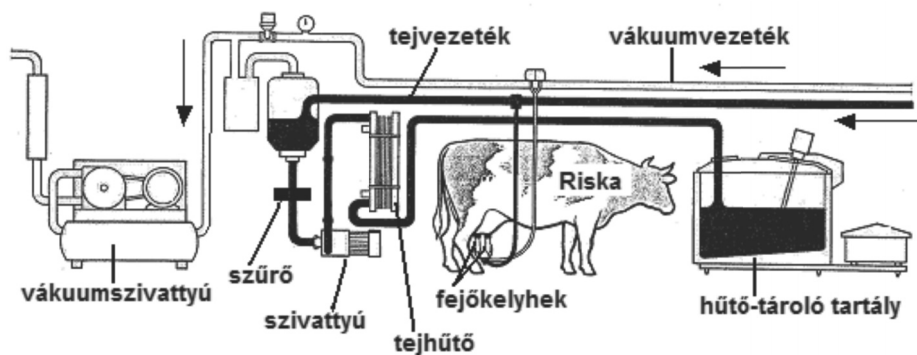
Az oxitocin a szervezetben 7–8 perc alatt elbomlik. A fejést ezért úgy kell irányítani, hogy az még az oxitocin elbomlása előtt befejeződjék, mert hiányában a tehen a tejet visszatartja. Megszűnik a tejleadás akkor is, ha a tehenet a fejés alatt szokatlan, zavaró inger (ütés, rúgás, kiabálás, hideg víz stb.) éri, mert egy, a zavarás hatására képződő másik hormon, az adrenalin, az oxitocint elbontja, hatástalanítja. Ha a tehenet a fejésre nem a helyes módon, nem a megszokott sorrendben, hanem azt zavarva készítik elő, az oxitocin „mozgósítás” meg sem indul, és ilyenkor a tehen a tejet visszatartja, vagy legalábbis a teljes tejmenyiség nem fejhető ki. Mindezek azt bizonyítják, hogy az eredményes fejéshez a jó előkészítés és a fejés zavarmentes, gyors végrehajtása éppúgy hozzátartozik, mint a kézi vagy gépi fejés helyes technikája.

Az ellés után először (kb. 1–5 nap) más összetételű ún. **főcstej**, más néven **kolosztrum** fejhető. Ez sűrű, sárgás színű, kesernyés ízű folyadék, magas a laktoglobulin-tartalma, ami a borjú számára a betegségek elleni védelmet biztosítja. Összetétele igen gyorsan változik. Ezért kb. öt napig ezt a „tejet” nem lehet humán célra felhasználni. Ezután már más összetételű, a tejtermékek gyártására alkalmas tej keletkezik.

A tejelési (**laktációs**) időszak átlagosan 305 napig tart. A laktációs periódusban a tehen tejtermelése kb. a 60. napig növekszik, majd csökken. A fejést naponta kétszer (háromszor) végzik (ez azért szükséges, mert ha az alveolusokból nem távolítjuk el a tejet, a tej képződése megáll), a napi tejmenyiség a fajtától, évszaktól függően kb. 10–30 liter. A laktáció vége felé a tej hígul, sós-kesernyés ízű lesz, nő a lipáztartalma. Az ilyen tejet adó tehenet nevezünk **öregfejősnek**. Az öregfejős tehen teje megváltozott összetételű, csökkent értékű, termékgyártásra nem alkalmas, ezért el kell apasztani a tehenet. Ezután kb. 60 nap szárazon állás következik, majd ezután már általában kezdődik a következő ellés.

A tehéntartásnak, takarmányozásnak, a higiénikus tejnyerésnek és termelőhelyi tejkezelésnek különösen nagy jelentősége van a termelői tej minőségének kialakulásában. A fejés történhet kézzel, sajtárba fejéssel, nagyobb termelőknél fejőállásokban, a nagy tehenészetekben pedig a higiénikus tejkezelést lehetővé tevő teljesen zárt fejőrendszerek találhatók (1.3. ábra). A legkorszerűbb fejőrendszer alkalmazása mellett sem hagyható el azonban a tőgy megfelelő fejésre való előkészítése (tisztítás, masszírozás, melegvizes öblítés vagy száraz tőgyelőkészítés stb.)

A gyakorlatban sokszor megfigyelhető, hogy a tőgy negyedek bimbócsatornáit mindig szennyeződnek, így ott a csíraszám általában magas minden szabály betartása mellett is. Ezért nagyon fontos a fejés kezdetekor az első 2–4 tejsugár külön, próbacsészébe fejése. Az első néhány tejsugár adhatja a tej mikrobatartalmának jelentős részét. Ugyanakkor a fejés folyamatának végéhez közeledve, az utolsó tejrészetek a legnagyobb zsírtartalmúak, fontos tehát a teljes kifejés. Ugyancsak fontos a fejés lehetőség szerinti gyors végrehajtása, mert a tejleadást lehetővé tevő oxitocin szintje csak kb. 5–15 percig megfelelő a vérben. A visszamaradt, pangó tej viszont könnyen tőgygyulladást okozhat.



1.3. ábra. Nagyüzemi fejés folyamata, gépei

1.3. A tejtermelést befolyásoló tényezők

A termelt tej mennyiségét és összetételét többféle tényező befolyásolja. Ezek: az örökletes alap, a laktáció állapota (a laktáció sorszám, a laktáció előrehaladása), a fejések gyakorisága, a tehén kondíciója és kora, a takarmányozási, az éghajlati viszonyok és az egészségi állapot.

Az örökletes alap. Döntően meghatározza a tej összetételét az örökletes alap. Ez különösen a különböző fajták tejének jellegzetes összetételében és tejtermelésében nyilvánul meg. Így pl. míg egyes fajták tejszírszázaléka 5–6% körül mozog, addig a vöröstarka lapálymarha tejszírszázaléka átlagosan mindössze 3,5%. E téren a fajtákon belül egyedenként is nagy a változatosság. Határozottan öröklődik a tej fehérjetartalma és a zsírgolyócskák nagysága. Az utóbbiak átmérője pl. a jersey fajta tejében 10 mikron, a feketetarka lapály fajtájában pedig 1 mikron. A zsírgolyócskák nagysága általában arányosan nő a zsírszázalékkal.

A laktáció állapota. Szintén számottevően befolyásolja a termelt tej mennyiségét és összetételét. A tej mennyiség általában a laktáció első 40–50 napjában kulminál, majd fokozatosan csökken a laktáció végéig. A zsírszázalék ezzel szemben enyhén fordított tendenciát mutat. A zsírtartalomhoz hasonlóan a laktáció vége felé emelkedik a tej fehérjetartalma is. A normális összetételű tej fehérjetartalma a kiindulási termeléshez viszonyítva általában 30%-kal, zsírszázaléka pedig 20%-kal emelkedik a laktáció előrehaladásával. Ezzel szemben a tejcukor, valamint az ásványi anyagok százalékos aránya a laktáció folyamán megközeledően azonos marad. A laktáció első tíz napja után a tej összetétele normálissá válik. A laktáció vége felé olykor keserűvé válik a tej, aminek az a magyarázata, hogy a lipáz nevű enzim hatására a zsír szabad zsírsavakra és glicerine bomlik. A szabad zsírsavak okozzák a keserű ízt, és egyben akadályozzák a vajgyártást.

A tehén elléskori kondíciója. Számottevően befolyásolja a várható tejelési eredményt a tehén elléskori kondíciója. Egyes megfigyelések szerint az igen jó

kondícióban lévő tehenek tejének a laktáció első időszakában nagyobb a tejszirtartalma. A rossz kondícióban lévő tehenek tejének összetétele változhat, ezért nem kapunk hű képet az ilyen állatokban rejlő képességekről. Emellett a kondíció a tej mennyiségét és a laktáció hosszát is befolyásolja.

A szárazon állás ideje. Ugyancsak befolyásolja a laktáció hosszát, ami végső soron a tejtermelés nagyságára is hatással van. A rövid ideig tartó szárazon állás ugyancsak akadályozza a megfelelő laktációs termelés kibontakozását. Jóllehet a szárazon állás tartamának növelésével nő a várható laktációs termelés, mégsem célszerű 60 napnál hosszabbra nyújtani a szárazon állás idejét, mert a takarmányozási költségek nem állnak arányban a várható tejtöbblettel.

A borjazások gyakorisága. Ugyancsak befolyásolja a laktációs termelés nagyságát a borjazások időköze (az ellések között eltelt idő hossza). Így 12 hónapon belüli újraborjazás esetén mintegy 20%-kal kisebb laktációs termelést állapítottak meg, mint a 15 hónaponkénti újraelléskor. Ennek egyik oka, hogy a tejtermeléshez szükséges táplálóanyag egy része a magzatépítésre fordítódik, a másik oka az, hogy az előrehaladott vemhesség idején olyan hormonhatások is érvényesülnek, amelyek a tejtermelés csökkenését idézik elő. Az ellések közötti időtartam megnyújtása azonban egyéb megfontolások (szaporaság csökkenése, termékenységi viszonyok romlása stb.) miatt nem indokolt. A borjazások közötti időtartam 15 hónapnál hosszabb időközre nyújtása már határozottan csökkenti az évi tejtermelést. Ezért általában célszerű az elléstől számított 85 napon belüli fedeztetés vagy mesterséges termékenyítés. Az ivarzás befolyásolja a tej összetételét. Különösen a zsírszázalékban mutatkozik eltérés mind pozitív, mind negatív irányban, s ez egyedileg nagymértékben változó.

A tehenek kora. A tej mennyisége az első laktációban kisebb, attól függően, hogy az üszőt mikor vették tenyésztésbe. Olyan fajták és egyedek, amelyek két-éves korukra ellik az első borjút, teheneinek első laktációs tejtermelése a javakorabeli laktációnak 70–75%-a. A második laktációban lévő tehenek a javakorabeli laktációjukban elért tejmennyiség 80–87%-át termelik. A harmadik-negyedik ellést követő laktációs termelés a javakorabelinek 90–95%-a. A később tenyésztésbe vett tehenek laktációi és különösen a későn érő fajták laktációi között kisebbek a különbségek. A kor előrehaladása is befolyásolja a tejtermelést. A tíz évnél idősebb tehenek termelésében számolnunk kell a zsírszázalék és a tejmennyiség némi csökkenésével. Igen előrehaladott korú tehenek tejtermelése 50%-kal is csökkenhet a javakorabeli termelésükhöz képest.

A takarmányozási viszonyok. Nagymértékben befolyásolják a tej mennyiségét, de csak viszonylag szerényebb mértékben a tej összetételét. Hiányos takarmányozás hatására a tejtermelés számottevően csökken. Ezt követi a zsírszázalék, a tejfehérje, az ásványi anyagok és a szárazanyag némi növekedése, csökken viszont a tejcukortartalom. A nagyarányú koplaltatás vagy a hiányos fehérje- és ásványi-anyag-ellátás azonban mélyebbre ható változásokat is előidézhet a tejben, így pl. maga után vonhatja a zsírszázalék számottevő csökkenését is. Jelentős mértékben

csökkenhet a tej zsírtartalma a hirtelen (átmenet nélküli) takarmányváltoztatás hatására. Így például a téli takarmányozásról a legeltetésre való szakszerűtlen át-térés következtében a zsenge zöldtakarmány hatására a bendő ammónia- és vajsavtartalma nemkívánatos mértékben megnő, és ez a bendő pH-értékét és ecetsavtartalmát csökkenti, ami a tej zsírtartalmának csökkenéséhez vezet.

A takarmányfélék – eddigi ismereteink szerint – nem fejtenek ki érdemleges hatást a tej többi alkotórészére. Annál inkább befolyásolják a tej A-, E- és némileg a D-vitamin-tartalmát, valamint íz- és zamatanyagait. A karotin az állati szervezetben A-vitaminná alakulhat, ami – szemben a karotin sárga színével – színtelen vagy halványsárga. A tehenek tejében esetenként a karotin nagy mennyiségben lehet jelen a tejszírsban, színtelen A-vitamin formájában is. A D-vitamin mennyiségét a tejben bizonyos mértékben befolyásolja a takarmánnyal bejuttatott D-vitamin, nagyobb részét azonban a nap ultraviola sugarainak hatására a tehen szterineiből szintetizálja.

A tejben lévő ásványi anyagok mennyisége nem változtatható meg takarmányozás útján. Kivétel a tej jód- és vastartalma, ami a takarmányban előforduló mennyiségüktől függ. Egyes takarmányok (így a repce, a káposzta, a mustár, a nagy mennyiségű lucernaszéna, a szilázs stb.) is kedvezőtlen ízt kölcsönöznek a tejnek, különösen ha közvetlenül fejés előtt etetik az állatokkal. Ezeknek a takarmányoknak az ilyen irányú hatásával szemben úgy lehet védekezni, hogy fejés után etetik meg a tehenekkel. A szakosított tejtermelő telepeken a tej összetételének állandósítása céljából monodiétás rendszerben takarmányozzák az állatokat, és a legelés csak a szárazon állás időszakára korlátozódik. A magyarországi legelőkön a nagy tejtermelő képességű tehen nem képes annyi tápanyaghoz jutni, amely elegendő a magas színvonalú tejtermeléshez.

A borjázás hónapja. Bizonyos mértékig befolyásolja a várható tejmennyiséget az ellés ideje, így általában az ősszel és a télen ellő tehenek laktációs termelése valamivel kedvezőbb, mint a tavasszal és nyáron ellőké. Ennek fő oka, hogy az ősszel és a télen ellő tehenek tavasszal a zöldtakarmányozás hatására ismét mintegy „frissfejősekké” válnak. Ezek a különbségek azonban annál kisebbek, minél kiegyenlítettebb az állatok egész évi takarmányozása.

Az egészségi állapot. Jelentős mértékben befolyásolja a tej minőségét a tehen és a tőgy egészségi állapota. Különösen a tőgygyulladás (masztitisz) okoz mélyreható elváltozást. Tőgygyulladásakor a tej cukortartalma csökken, sőt súlyos esetekben a tejcukor szinte eltűnik a tejből. A fehérjék összetétele megváltozik, a tej kazeintartalma csökken a meleg hatására koaguláló fehérjék javára. A tej pH-értéke 6,5-ről szélsőséges esetekben 7,5-ig tolidik el. Emelkedik a tejben lévő fehérvérsejtek (leukociták) száma, és csökken a tejszír. Emésztési zavarok hatására elsősorban a tej mennyisége csökken, de esetenként emelkedik a zsírszázalék. Az ilyen bántalmak befolyásolják a tej ízét is. Mindenféle lázas megbetegedés, továbbá a nehéz ellés, az elvetelés csökkentőleg hat a tej mennyiségére, és növeli a zsírszázalékot. Kivételesen ennek fordítottja is bekövetkezhet.

Az elvetélés. Bármilyen okból vetél el a tehén, az azt követő laktációs időszakban a tejhozam mindig kisebb lesz. Különösen erős a tejcsökkenés, ha a magzatburok visszamaradt és az állat belázasodik. Ha az elvetélés brucellózis következménye, akkor a tehén teje fertőzött, nem fogyasztható. Járványos elvetélés után a tej hónapokon keresztül fertőzött lehet.

A meddőség. A gyógyíthatatlan meddőség súlyos következménnyel jár, mert az ilyen tehenet elapasztás után ki kell selejtezni.

A nimfománia. Ha a petefészek tüszői beérésük után nem repednek föl, hanem elcsíztásodnak, a sárgatest nem tud kifejlődni. A tüszőhormon-képződés ilyenkor állandósul, az állat állandóan ivarzik, leromlik, elapaszt, illetve kevés, de sós, kesernyés ízű tejet termel.

Az éghajlat. A jó tejelő jelleg kialakulásának a mérsékelt égöv sík- és hegyvidéke a legkedvezőbb. A bőséges és egyenletesen elosztott csapadék és megfelelő hőmérséklet mellett dúsan termő takarmány az állatok részére egész éven át egyenletes és kielégítő takarmányozást nyújt. A nem túl meleg, csapadékos klíma alatt tehát az állatok ellátása bőséges, a tőgy működése élénk, a tejtermelés jó. Ezért fejlődött ki a tejjgazdasági kultúra elsősorban Dániában, Hollandiában, Svájcban, Svédországban, Finnországban, Új-Zélandon stb. Mostoha természeti viszonyok között viszont a tejelés háttérbe szorul, a kevés takarmány csak az állat életfenntartására elegendő. Magyarországon is a Dunántúl csapadékos vidékein fejlettebb a tejjgazdaság, mint az Alföld szélsőséges éghajlatú vidékein. A klimatikus viszonyok miatt a vajkészítés inkább a hűvösebb északi államokban, a keménysajt készítése a magasabb hegységekben, a félkemény és lágy sajtok készítése pedig inkább a síkvidékeken fejlődött ki.

Az időjárás. A tehenek télen általában kevesebb és zsírosabb, nyáron több és soványabb tejet adnak, ami bizonyos mértékig a megváltozott hőmérséklettel és takarmányozással függ össze. A páradús időjárás növeli, a szárazföldi légáramlás csökkenti a tej mennyiségét. Általában a nagyobb hőingadozás, az erős szél, a páratartalom és a légnyomás nagyobb változása hatással van a tej mennyiségére és összetételére is. A hőmérséklet emelkedésével csökken a tej zsírtartalma, és fordítva. Viharos időben a tej mennyisége és a tehenek tejleadási készsége csökken, a tej zsírtartalma viszont növekszik. Hűvös, esős napokon főleg a legelőn tartott tehenek adnak kevesebb tejet. Zivataros időben a tej mennyisége nem változik, de egyes élénk vérmérsékletű, jól tejelő állatokon megfigyelték a tej zsírtartalmának 0,6–0,7%-os csökkenését. A viharos időben termelt tej erjedési készsége is megváltozhat, gyorsabban savanyodik, és a sajtok puffadásra hajlamosak. A tartósan jó időben a tej mennyisége emelkedik, és zsírtartalma némileg csökken. Kedvezőtlen időben ennek fordítottja következik be. Magyarországon a nagy tejtermelésű teheneket ún. monodiétás takarmányozással táplálják. Ennek az a lényege, hogy egész éven át kiváló minőségű szilázst etetnek, ezzel kiküszöbölve a szélsőséges időjárásból bekövetkező takarmányváltozásokat.

A talaj. Az éghajlat és a talaj tényezői jellegzetes növényflórát alakítanak ki. Ennek megfelelően a tej összetétele is vidékenként változhat. Tejjgazdasági

szempontból legjobb a mélyrétegű, laza, mészben gazdag agyagtalaj, nedvesgáteresztő altalajjal, amelyen a legelőfüvek és a pillangósok jól díszlenek. A hegyvidéki flóra ízes, zamatos tej termelésére alkalmas. A lápos, nehéz agyag, a száraz homoktalajok mészben, foszforban, magnéziumban szegények. A rajtuk termelt gyenge minőségű széna is szegény ásványi anyagokban. Ez kihat a vidék állatállományának fejlettségére is. A lápi szénán, továbbá az eső által kilúgozott takarmányon tartott állatok teje mészszegény, belőle csak nehezen lehet jó sajtot gyártani. A nyomelemek hiánya a vegetációt is megváltoztatja, és ez a tejben is megmutatkozik.

A trágyázás. A trágyázás közvetlenül és a takarmányokon keresztül közvetve is hat a tej tulajdonságaira. A frissen trágyázott és trágyavevezett talajokról származó takarmány a tejet káros mikrobákkal fertőzheti. A mézstrágyázás után a mészszegény talajokon mészben gazdag takarmányok fejlődnek, és a tej kalciumtartalma is növekszik.

Az ivóvíz és az itatás. A tejtermelést befolyásolhatja az itatás időpontja, az ivóvíz mennyisége, hőmérséklete és az itatás gyakorisága. A nagy termelésű egyedek folyamatos vízellátásáról gondoskodni kell. Az állatokat mindig ugyanabban az időpontban kell itatni. Nyáron az állat több vizet fogyaszt, egyrészt azért, mert nagyobb a párolgási veszteség, másrészt a friss víz nagy mennyiségű hőt köt le, és ez üdítőleg hat az állatra. Az ivóvíz mennyisége függ a feletetett takarmány víz- és szárazanyag-tartalmától is. Egy kg takarmány-szárazanyagra 4–7 liter vizet számítunk. Tavasszal, ősszel és télen a kifejt tej háromszorosának, nyáron három-ötszörösének megfelelő vízmennyiséget kell nyújtani a tehéneknek. A víz emberi fogyasztásra is alkalmas minőségű legyen. Ne legyen benne szerves anyag, baktérium, parazita. Legyen szagtalan, tiszta, jó ízű.

Az állatok nyugalma. A tej zöme a fejésen kívüli időben képződik bonyolult hormonális és ideghatások eredményeként. Ezért, ha azt akarjuk, hogy a tejtermelés zavartalan legyen, a fejések közötti időben az állatok részére nyugalmat kell teremtenünk, és nem szabad fölöslegesen zaklatni őket. Kerülni kell az istállóban és környékén, különösen közvetlenül a fejés előtt és a fejés ideje alatt a felesleges járkálást, kutyaugatást, motorzúgást, zajt, általában mindent, ami az állatok megszokott nyugalját zavarja.

A mozgás és a szaporodásbiológia. Régóta vitatott kérdés a szaporodás és tejtermelés kölcsönhatása. Több tapasztalati adat utal arra, hogy a nagy tejtermelés negatív hatást gyakorol a szaporodásra, ill. hogy a kisebb teljesítményű egyedek jobb szaporodási eredményt érnek el. A gyakorlat azt is bebizonyította, hogy az optimálisához közel álló tartástechnológia alkalmazásakor a kiváló tejtermelő egyedek szakszerű szaporodásbiológiai ellátásával a gondok nagymértékben csökkenthetők. A szaporodás és a tejtermelés szempontjából kölcsönösen előnyösnek tekintjük a kötetlen tartástechnológia alkalmazását. Ez többféle módon valósítható meg:

- pihenőboksos, esetleg rácspadlós etetőterrel kombinálva;
- mélyalmos (folyadékvezetéssel).

A testápolás. A jól ápolat, tisztán tartott, gondozott állatok közérzete jobb, és nagyobb a tejtermelésük is. Az ápolás elhanyagolása 7–12%-os tejmennyiség-csökkenéshez vezethet. A tisztán tartott állatok teje tisztább lesz, csökken a tej összcsíraszám (összes baktériumtartalma) is. Az állatok tisztán tartása csak akkor lesz eredményes, ha az istállót és a kifutókat is tisztán tartjuk. A tiszta, bőséges és száraz alom, továbbá a trágya azonnali eltávolítása nélkül állataink hamar szennyeződnek. Az istállót legalább tavasszal és ősszel ki kell meszelni, és havonta egyszer nagyobb takarítást is kell végezni. Elengedhetetlen az állatok félevenkénti körmozgása.

A rovarok. A rovarok nyugtalanító hatásukkal csökkentik a tej mennyiségét. Ha sok légy van az istállóban, az állatok nyugtalanok, nem tudnak pihenni, és 10–15%-kal csökkenhet a tejtermelés. Különösen veszélyes a szúnyog és a légy. Bögölyjárás (marhabagócs) idején szintén nem tudnak az állatok nyugodni. Ilyen esetben 10–40%-kal is csökkenhet a tejtermelés. A sok bögölylárva a marha hátbőre alatt nemcsak a bőr értékét rontja, hanem kihat a tejtermelésre is. A rovarveszély ellen rovarriasztó tőgyfertőtlenítők alkalmazásával védekezhetünk. A fejőházba szereljük elektromos légycsapdákat.

A fejés. A tej mennyiségét, zsírtartalmát és minőségét alapvetően meghatározza a fejés módja, ideje és gyakorisága. Ismerve a tejleadást kiváltó oxitocin hatását, egyenletesen és gyorsan kell fejni, mert így kapjuk a legtöbb és a legzsírosabb tejet. Tudjuk, hogy a fejés végén kapjuk a legzsírosabb tejet, tehát a tőgyet alaposan ki kell fejni. A jól kifejt tehén általában kisebb szomatikussejt-számú tejet termel. Igen kedvezően hat a tej mennyiségére és zsírtartalmára a tejmirigy működését serkentő tőgyingerlés, az automatikus tőgyingerlés és a fejést befejező masszáz (utófejés).

Ugyancsak kedvezően hat a tej mennyiségére és zsírtartalmára az egyenletes fejés. A fejés elavult módja a kézi fejés. Sajnos ezek fajtájuktól függetlenül kevésbé kímélik a tőgyet, rosszabb minőségi tejet biztosítanak. Az egyes gazdaságokban alkalmazott fejőautomaták (fejőrobotok) alkalmazása teljes biztonságot nyújtanak a minőség és a mennyiség vonatkozásában, de nem pótolják az ember alkotó észrevételét az állat helyzetére, állapotára vonatkozóan. Minél hosszabb idő telik el a két fejés között, annál több, de soványabb tejet kapunk. Kétszeri fejés esetén az este kifejt tej kevesebb, de 15–20%-kal zsírosabb lesz, mint a reggel fejt. A megszokott fejési időket lehetőleg ne változtassuk. Ha a teheneket nem a megszokott időben fejjük, az állatok nyugtalanodnak, és csökken a tej mennyisége.

A fejések száma. A fejések számának növelésével általában nő a kifejehető tejmennyiség. E téren azonban az egyedi különbségek számottevőek. A különböző vizsgálatok eredményeképpen a kétszeri fejéshez képest a háromszori fejés 1–25%-os többletet eredményezett. Általában mintegy 3000 liter évi tejelés esetén a háromszori fejés 2–7% többlettejet és 0,1%-kal nagyobb zsírszázalékot szolgáltat a kétszeri fejéshez viszonyítva. A nagyobb tejelőképességű tehenek termelésében 15–20% a tej- és 0,2% a tejszír-különbség a háromszori fejés javára. Kedvezően hat a többszöri fejés a perzisztenciára is. A napi egyszeri fejés viszont

számottevően, mintegy felére csökkentheti a normálisan termelhető tejmenyiséget. Gyakorlatilag háromszor ajánlatos fejni:

- a napi 25–30 liternél több tejet adó teheneket,
- az előhasi teheneket,
- a laktáció első hónapjaiban,
- ha nagy a tejhiány.

A **tenyésztési cél** általában az, hogy a tehenek a kívánt tejmenyiséget (8000–10 000 kg tejet) lehetőleg kétszeri fejésre termeljék meg. A törzskönyvezés újabb irányelvei szerint célszerű feltüntetni a fejések számát, amellyel valamely tejmenyiséget megtermeltek. A napszak és a fejések száma is befolyásolja a tej összetételét. A legzsírszegényebb a reggel fejt tej. Kétszeri fejéskor mintegy 10–15%-kal zsírosabb az este kifejt tej. Ha háromszor fejtünk, a déli és az esti tej a reggel fejt tejnél ugyancsak zsírosabb. Csökkenthető ez a különbség, ha egyenlő időközökben fejtünk.

Az ember. A tej mennyiségére, összetételére, tulajdonságaira ható tényezők között az állattenyésztő, az állatgondozó, a fejő és a tejkezelő munkájának hatásáról is szólni kell. Az állattenyésztő tudásától, rátermettségétől függ, hogy a tenyésztői munkán, az állattartáson, a takarmányozáson, a munkák helyes megszervezésén keresztül az adott körülmények között miként nyerheti a tehenektől a legtöbb tejet. A tehénápolók gondossága, lelkiismeretessége, a helyes takarmányozás kihat az állatok egészségére, közérzetére, és ezen keresztül a tej mennyiségére és minőségére is. A fejő ügyessége, szakértelme, tisztaság iránti érzéke a szakszerű és higiénikus fejés biztosítéka. Enélkül a legjobb tehénállománnyal sem lehet kellő eredményt elérni.

2. fejezet

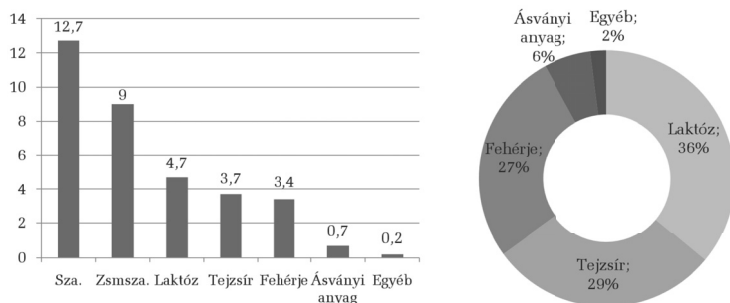
A tej alkotórészei és a táplálkozásban betöltött szerepük

A tej egyes alkotórészei a vérből származnak, onnan kerülnek át változás nélkül a tejbe (pl. ásványi anyagok), míg mások a szintetizáló anyagcsere-folyamatok eredményei (pl. fehérjék, zsírok). A tejképződés igen anyag- és energiaigényes folyamat. Egy liter tej képződéséhez a tőgyön kb. 500 liter vérnek kell átáramolnia. A tej összetétele, az alkotórészek aránya sok tényezőtől függ, és természetesen alapvetően eltérő lehet az állatfajtól, fajtától függően is (2.1. táblázat).

2.1. táblázat. Néhány tejelő állatfaj és az ember tejének összetétele (%)

Alkotórész	Tehéntej	Juhtej	Kecsquetej	Bivalytej	Számártej	Kancatej	Anyatej
Fehérje	3,3	5,5	3,9	5,9	1,5	2,15	1,0–1,5
Zsír	3,8	8,2	4,0	7,9	1,15	0,6	2,0–6,0
Tejcukor	4,6	5,0	4,5	4,5	6,0	6,75	7,1–7,3
Ásványi anyagok	0,8	0,9	0,8	0,75	0,4	0,35	0,20–0,25
Száranyag (Sza.)	12,5	19,6	13,2	19,05	9,05	9,85	11,0–14,0
Zsírmentes szárazanyag (Zsmsza.)	8,8	11,4	9,2	11,15	7,9	9,25	7,5–8,5

A tehéntej legnagyobb része, mintegy 87,3%-a víz. Összetételét számos tényező befolyásolja, mint pl.: a fajta, a genetikai adottságok, a termelőképesség, a takarmányozás, az éghajlat, az évszak, az egészségi állapot, a tejelési időszak, a fejés gyakorisága (2.1. ábra).



2.1. ábra. A tehéntej átlagos összetétele a víz nélkül és az alkotók aránya a szárazanyagban (%)

A tej bonyolult összetételű, igen finom, stabil emulzió, melyben a diszperzitást a zsírgolyócskák, a kolloid oldat jellegét a fehérjék, míg a valódi oldatot a vízben oldott tejcukor és ásványi anyagok alkotják (2.2. táblázat).

2.2. táblázat. *A tejalkotók fiziko-kémiai jellemzői*

<i>Jellemzők</i>	<i>Zsírgolyócskák</i>	<i>Kazein micellák</i>	<i>Savófehérje</i>	<i>Tejcukor</i>	<i>Ásványi sók és ionok</i>
Fő alkotórészek	trigliceridek (glicerin + zsírsavak)	α -, β -, γ -, κ -kazein	Globuláris fehérjék: (laktalbumin laktoglobulin)	laktóz = glükóz + galaktóz	Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , H_2PO_4^-
Kolloid állapot	emulzió-durva diszperz rendszer	kolloid diszperzió	kolloid oldat	valódi oldat	valódi oldat
Koncentráció, %	3,7	2,8	0,6	4,7	0,7
Méret	0,1–20 μm	10–300 nm	3–6 nm	0,4–1 nm	0,4 nm
Részecskeszám, db/cm ³	10^{10}	10^{14}	10^{17}		
Izoelektromos pont, pH		4,6	4,0–5,5		
Sűrűség, g/cm ³	0,92	1,11	1,34		

2.1. Víz

A tej víztartalmának legnagyobb része *szabad víz*, de 3–4% *kötött vizet* is tartalmaz, ami a fehérjékkel asszociálódva hidrátburkokban, illetve kémiaiilag kötötten található. A víz oldószere a tejcukornak, a vízben oldódó ásványi anyagoknak és vitaminoknak. Diszperziós közege a fehérjéknek, zsíroknak és a zsírban oldódó vitaminoknak. A víz aránya a tejben télen némileg kevesebb, nyáron viszont, a zöldtakarmányozás miatt, több. A normálistól eltérő magas víztartalmat is tapasztalhatunk a tejben, aminek oka lehet a tehén egyedi adottsága vagy a tej legegyszerűbb hamisítása, a vízzel történő hígítás. A vízzel történő hamisítás könnyen kimutatható a sűrűség mérésével, sőt a fagyáspont megállapításával a vizezés pontos mértékét is meg tudjuk határozni. A felvásárlandó tej szárazanyag-tartalma – víztartalma – fontos gazdasági kérdés, amelyben a termelő és a felvásárló bizonyos értelemben még napjainkban is ellenérdekeltek. A hamisítással jelentkező ellenérdekeltség az egyéni kistermelői rétegnél tapasztalható leginkább. A termelő érdeke az, hogy (természetesen a nyers tej szabványos beltartalmát figyelembe véve) minél több tejet adjon át a felvásárlónak, hiszen az végül a mennyiség alapján fizet (nagyobb mennyiség = nagyobb bevétel). A felvásárló (feldolgozó) érdeke az, hogy minél olcsóbban vásároljon kiváló minőségű tejet, kiemelkedően magas szárazanyag-tartalommal. A két fél érdekérvényesítésének alapja a napjainkban már európai színvonalú minősítési rendszer, amely figye-

lembe veszi a nyers tej beltartalmi értékeit és higiéniai minőségét is. Napjainkban terjedő tendencia, hogy elsősorban a sajtgyártó feldolgozók a szabványban rögzített fehérjetartalmat meghaladó értékű tejtért magasabb felvásárlási árat fizetnek, mert a nagyobb fehérjetartalmú tejből több sajt gyártható.

2.2. Fehérjék

A fehérjék aránya a tehéntejben kb. 3,1–3,4%. Általában 0,3–0,5%-kal mindig kevesebb a fehérjetartalom, mint a zsírtartalom. Amellett, hogy számos tejtermék lényegét a fehérjék adják, a tej fehér színének kialakításában is szerepet játszanak. A tejben kétféle nagy fehérjecsoportot különböztetünk meg, amelyek további összetevőkre oszthatók (2.3. táblázat):

– *Kazeinfehérjék* (α -, β -, γ -kazein): foszfortartalmú fehérjék, az összes fehérjetartalom kb. 80%-át adják. Jellemzője, hogy sav (4,6 pH-nál) és oltó hatására denaturálódnak, ezzel a tej alvadását okozzák. Erre épül a savanyú készítmények és részben a túró- és sajtfélék gyártásának technológiája.

– *Savófehérjék*: Legtöbbjük sav és oltó hatására nem denaturálódik, hőre viszont érzékenyek. A hődenaturáció kb. 60 °C-tól kezdődik, 90 °C felett válik jelentősebb mértékűvé. A sajtfélék gyártásakor jelentős mennyiségű édes vagy savanyú savó keletkezik, amellyel a savófehérjék nagyobb része eltávozik. Egyes termékeknél a magas hőmérsékletű hőkezeléssel (85–92 °C) csökkentik a savófehérjék eltávozását azért, hogy a denaturált fehérjék részben be tudnak épülni az alvadék szerkezetébe. Hasonló módszerrel (forralást kiegészítve hosszú hűntartással) lehet visszanyerni további felhasználásra a savófehérjéket, és ezt a jelenséget a savósajtok (orda) készítésénél is használják. A denaturáció hosszabb idő után lerakódásokat okoz más alkotókkal együtt a hőkezelő berendezések hőátadó felületein, ezért azokat rendszeresen híg savoldattal tisztítani kell.

A savófehérjék fő összetevői:

- vérszérum albumin,
- laktalbumin (hő hatására könnyen kicsapódik),
- α -, β -laktoglobulin,
- immunglobulinok.

– *Egyéb fehérjék, membrán és burokfehérjék*: az összes fehérje mindössze 1%-át adják. Globulárisak, oltó hatására nem, de 100 °C-on Ca-ionok jelenlétében és sav hatására (4,6 pH alatt) kicsapódnak. Fontosak mint másodlagos emulgeátorok is.

2.3. táblázat. A tej fehérjeösszetétele (tejfehérje=100%)

F			⇒ α_s -kazein ~ 50%
		⇒	α -kazein ~ 62% ⇒ κ -kazein ~ 12%
E	⇒Kazeinfehérjék ~ 80%	⇒	β -kazein ~ 15%
H		⇒	γ -kazein ~ 3%
É		⇒	hőérzékeny ~ 14% ⇒albumin ~ 10%
R	⇒Savófehérjék ~ 19%		⇒globulin ~ 4%
J		⇒	hőstabil ~ 5%
É		⇒	laktoferrin
K	⇒Egyéb ~ 1%	⇒	laktollin
		⇒	membránfehérjék

A tejfehérje teljes értékű fehérje, azaz az ember számára szükséges összes esszenciális aminosav megtalálható benne, ezért a tej és tejtermékek önmagukban fogyasztva is igen értékesek. Az esszenciális aminosavak a szervezetben akkor hasznosulnak optimálisan, ha más aminosavakból is jelen van az ehhez szükséges mennyiség. A tej és tejtermékek aminosav-összetétele ebből a szempontból is rendkívül kedvező. A 2.4. táblázatból látható, hogy 0,6 liter tej elfogyasztásával (a metionin kivételével) fedezhető az ember napi esszenciális aminosav-szükséglete.

2.4. táblázat. Az ember napi esszenciális aminosav-szükséglete és a kielégítéshez szükséges tejmennyiség

Aminosav	Minimális szükséglet, (g/nap)	Elégéses tejmennyiség, (liter)
Triptofán	0,25	0,5
Fenilalanin	1,1	0,6
Leucin	1,1	0,3
Izoleucin	0,7	0,3
Treonin	0,5	0,3
Metionin	1,1	1,2
Lizin	0,8	0,3
Valin	0,8	0,4

Mivel a tejtermékek egyes aminosavakat feleslegben tartalmaznak, ezért kiválóan alkalmasak más, elsősorban növényi eredetű táplálékok hiányos aminosav-garnitúrájának kiegészítésére, komplettálására, azaz biológiai felértékelő képességük kiváló. Így pl. 70% laktalbumin és 30% burgonyafehérje keverékének biológiai értéke 134,75. A tejfehérjék további pozitív hatásai, tulajdonságai:

– A tejfehérjék, elsősorban a kazein, igen jól emészthetőek, így idősebb emberek esetében, illetve betegségek után fogyasztva kiváló roboráló (erősítő) hatása van. Ez a gyomorban a gyomorsav hatására bekövetkező pelyhes alvadással van összefüggésben. Az emészthetőség tovább javítható a technológia során, pl. homogénezéssel, de fogyasztáskor is, pl. teával, kávéval keverve.

– A tejfehérjék purinszegények, így a tejfehérjék fogyasztása nem okozhat köszvényt.

– A tejfehérjék erősítik a szervezet ellenálló képességét. A laktalbumin szervezetben történő lebomlásakor bakteriosztatikus anyagok képződését figyelték meg, valamint bizonyították, hogy 10–20% kazein a táplálékhoz keverve más tápanyagfehérjékhez viszonyítva nagyobb ellenálló képességet eredményez.

– A tejfehérjék kiváló felértékelő képességük, sajátos szerkezetük miatt kiemelkedő szerepet tölthetnek be a korszerű táplálkozásban, a kalóriaszegény étrend kialakításában, és elsősorban a lisztérzékenyek és gyomorbetegek diétájában.

– Égési sérülteknél igen előnyös a magas fehérjeszükséglet kielégítésére, segíti a gyorsabb bőrregenerálódást.

– A sajtok érlelése, „előemésztése” során 10%-kal javul a fehérjehasznosítás, és 20%-kal javul a májregeneráció és a testtömeg-gyapodás.

Meg kell említeni a tejfehérjékkel szembeni érzékenységet mint negatív jelenséget. A felszívódási zavarok közül az ún. tejérzékenységet, melynek hátterében igen sokszor az áll, hogy a csecsemő túl hamar kap tehéntejet vagy azt tartalmazó terméket, így könnyen kialakulhat a tej fehérjéinek felszívódási zavara.

A **tejfehérje-intolerancia** tulajdonképpen enzimdefektus, csökkent enzimtermelés, vagy az enzim hiánya váltja ki, ilyenkor nem kellően bontott bomlás-termékek dúsulhatnak fel az emésztőtraktusban, esetleg más enzimes folyamatok blokkolódhatnak. A tejfehérje-intolerancia leginkább ismert formája a fenilketonúria, amikor a szervezetben a fenilalanin-hidroxiláz enzim sérült termelése következtében a fenilalanin feldúsul.

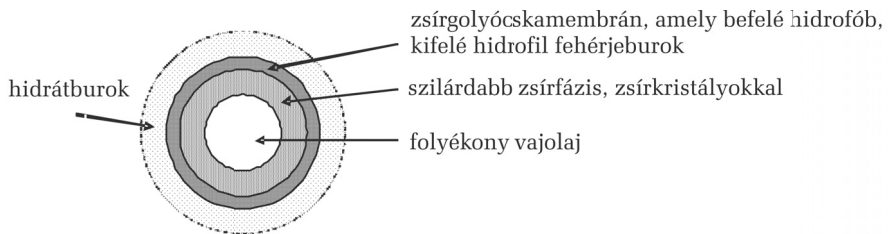
A **tejfehérje-allergiát** az válthatja ki, hogy a nem kellően bontott, illetve bontatlan fehérjék immunológiai választ váltanak ki a szervezetben. A tisztán tejfehérjével kapcsolatos allergia a csecsemőknél sokféle formában jelentkezhet. Általában nem lehet eldönteni, hogy pontosan milyen fehérjefrakció okozza, ezért teljes tejmentes diétát alkalmaznak fellépésekor. A tejfehérjék allergén hatása jelentősen csökkenthető a technológiában, pl. hőkezeléssel előidézett denaturálással.

Ugyancsak régi megfigyelés, hogy tehéntej-allergiában szenvedők kecske- vagy juhtejet (terméket) fogyasztva nem produkálják a tüneteket. Ennek magyarázatát a fehérjék finomösszetételében lehet keresni. A tehéntej kiváltása más tejjel nem mindig hoz teljes eredményt, de 200 tehéntej-fehérje allergiában szenvedő beteggel végzett kísérletben azt tapasztalták, hogy a kecsketej, illetve a juhtej fogyasztása a betegek 45, illetve 99%-ánál nem okozott tüneteket. Leegyszerűsítve ez azt jelentheti, hogy a tehéntej-fehérje allergiások fele valószínűleg minden gond nélkül tudja fogyasztani a kecsketejet, és szinte mindegyikük a juhtejet, illetve az ezekből készült termékeket.

2.3. Zsírok, zsírszerű anyagok

A tej zsírtartalma szinte 100%-ban trigliceridekből áll, ezért a tej zsírtartalmáról szólva általában erre gondolunk. A tejsír aránya a tehéntejben átlagosan 3,7%, amely 2,8–5,5% között változhat. A tej zsírtartalma több tényezőtől függ.

- laktációs (tejelési) időszaktól: az időszak vége felé a tej hígul, nő a lipáz enzim koncentrációja (2.2. ábra),
- takarmányozástól: a nyári zöldtakarmányok csökkentik a tej zsírtartalmát,
- fajtától: holstein-fríz, 3,3–3,6%; magyartarka 3,7%; jersey 5,4%.



2.2. ábra. A zsírgolyócskák szerkezete

A tej trigliceridjeiben mintegy 60-féle zsírsav található. Az összes zsír és zsírszerű anyagban kb. 150. A legfontosabbak:

$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$	vajsav	C4
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$	olajsav	C18:1
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$	palmitinsav,	C16
$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$	sztearinsav	C18

A tejsír, így a vaj is, a zsírsavösszetétel miatt télen keményebb, nyáron lágyabb. Ez annak az eredménye, hogy egyes takarmányok lágyítják, mások keményítik (pl. répaszelet). A zsírban oldódik több színezőanyag (karotin), íz- és szaganyagok és a zsírban oldódó vitaminok. A zsíros tejtermékek, elsősorban a vaj állománytulajdonságait a zsírsavösszetétel jelentősen befolyásolja. Így a zsírsavak száma, hossza, telítettsége, elhelyezkedése a glicerinn-molekulában mind-mind módosító tényező. Az állománytulajdonságokat elsősorban a két legnagyobb arányban előforduló zsírsav, az egyszeresen telítetlen olajsav és a telített palmitinsav egymáshoz viszonyított aránya határozza meg.

A trigliceridek mellett lipidok is találhatóak a tejben (2.5. táblázat), amelyek elsősorban emulgeátorként igen jelentősek (hidrofil és hidrofób molekulárésszel egyaránt rendelkeznek, ezért segítik az emulgeálást).

A tej lipidjainak csoportosítása:

- glikolipoidok (cerebrozidok),
- foszfolipoidok (lecitin, kefalin, szfingomielin),
- szterinek (koleszterin, ergoszterin).

2.5. táblázat. *A tej lipidanyagai az összes zsírtartalomban*

<i>Megnevezés</i>	<i>Mennyiség, %</i>
Trigliceridek	98–99
Foszfolipoidok	0,2–1,0
Szterinek	0,25–0,40

Nagyon fontos tudni, hogy a tejszír nem egyszerűen energiaforrás, hanem, zsírsavösszetételénél és magas diszpergáltsági fokánál fogva, táplálkozás-élettani szempontból igen előnyös zsíradék. Az emberi táplálkozás zsírforrásai közül a tejszírt nemrég még egyértelműen egészségre károsnak tartották, mivel az telített zsírsavakban gazdag. Újabb kutatások szerint azonban több olyan komponenst is tartalmaz, amelyek pozitív étrendi hatást váltanak ki, pl. bizonyítást nyert, hogy a tej gazdag a humán-egészségügyi szempontból fontos konjugált linolsavakban.

A tejszír igen jó növekedésserkentő hatással bír, ami jó diszpergáltságából, így könnyű felszívódásából fakad. Az átlagosan 2–4 mikrométer átmérőjű zsírgolyócskákat az epe igen gyorsan emulgeálja, így az emésztés és a felszívódás gyorsan végbemegy a béltraktus hosszú leterhelése nélkül. A tejszír gyors felszívódásával mindenképpen számolni kell, ezért az energiaszegény étrendben elsősorban az alacsonyabb zsírtartalmú tejtermékeket lehet javasolni.

A tejszír tartalmazza az élettanilag döntő összes zsírsavféléket, és egyedülálló a benne megtalálható zsírsavak és származékaik sokfélesége miatt. A tej zsírsavai között megtaláljuk az esszenciális zsírsavakat (linolsav, linolénsav, arachidonsav), és viszonylag jónak mondható a rövid és közepes hosszúságú zsírsavak aránya (2.6. táblázat).

2.6. táblázat. *A legfontosabb zsírsavak a tehéntejben*

<i>Zsírsav</i>	<i>Aránya a tejszírban, %</i>	<i>Dermedéspont °C</i>	<i>Állag</i>
<i>Telítettek</i>			
Vajsav	3,0–4,5	–7,9	szobahőmérsékleten
Kapronsav	1,3–2,2	–1,5	folyékony
Kaprinsav	0,8–2,5	+16,5	
Kaprilsav	1,8–3,8	+31,4	
Laurilsav	2,0–5,0	+43,6	szobahőmérsékleten
Mirisztinsav	7,0–11,0	+53,8	szilárd
Palmitinsav	25,0–29,0	+62,6	
Sztearinsav	7,0–13,0	+69,3	
<i>Telítetlenek</i>			
Olajsav	30–40	+14,0	szobahőmérsékleten
Linolsav	3,0–3,5	–5,0	folyékony

A rövid és közepes hosszúságú (12 szénatommál kevesebb) zsírsavak különös jelentőséggel bírnak, mert ezek bontás nélkül, közvetlenül fel tudnak szí-

vódni a vérből, azaz közvetlenül, azonnal hasznosulni tudnak a szervezetben. Arányuk a tejszírsavban más élelmi zsíradékhoz képest kiemelkedő, 12–14%-nyi. Ez a jelentős arány az egyik magyarázata a tejszír kiemelkedő növekedést elősegítő hatásának. Az eddigiek és az a tény, hogy a telített és telítetlen rövid szénláncú zsírsavak optimális arányban vannak jelen, erősítik a tejszír értékét. A tej zsírsavösszetétele teljesíti az optimálisnak tartott $1/3-1/3-1/3$ arányt a telített-telítetlen zsírsavak-olajsav arányt illetően.

Ugyancsak optimális arányban tartalmazza az úgynevezett $\omega-6$ és $\omega-3$, többszörösen telítetlen zsírsavakat ($\omega-6$ zsírsav: olyan többszörösen telítetlen zsírsav, amelyben az első kettős kötés a láncvégi metilcsoporttól számított 6. szénatomnál helyezkedik el). A tudomány mai állása szerint az optimális $\omega-6/\omega-3$ arány 3/1. Kimondottan terápiás, azaz gyógyító hatású az 1/1 arány, míg 5/1 arány felett kockázati tényezőt jelent a sok $\omega-6$ zsírsav. Az ember napi $\omega-3$ zsírsav-igénye kb. 3 gramm, amit kizárólag a tejtermékek fogyasztásával nem lehet fedezni. Ettől függetlenül a tejszír jótékonyan ellensúlyozza más zsíradékok kiemelkedően rossz $\omega-6/\omega-3$ zsírsav arányát. A túlzottan magas $\omega-6/\omega-3$ arány számos betegség rizikóját növeli, így pl. jelentősen növeli az érelmeszesedés, allergiás, reumás ízületi problémák, magas vérnyomás, pikkelysömör, koraszülés stb. kialakulását, kockázatát.

A tejben előforduló konjugált linolsav (KLS) jótékony hatásáról a 20. és a 21. fejezetben számolunk be. A konjugált linolsav mellett meg kell említeni a vajsav igen erős antioxidáns hatását (gyökfogó, daganatellenes) is, amely régóta ismert. A tejszír 3,7–4,8%-ban tartalmazza ezt a zsírsavat. A kiskérődzők teje általában több KLS-t és vajsavat tartalmaz, mint a tehéntej, így előnyösebb tulajdonságokkal rendelkezik.

A vaj élettanilag előnyös tulajdonságai közé sorolható a természetes eredet, a tartósítószerektől és katalizátor-maradványoktól való mentesség, amely például a margarinról nem mondható el. Optimális arányban tartalmaz rövid szénláncú zsírsavakat, ezért növekedést elősegítő hatása és emészthetősége is felülmúlja az összes többi lipidét. Mindezen jótétemények mellett a tejszír még rákellenes hatással is bír. További előnyös tulajdonságai között megemlíthető, hogy az érelmeszesedést elősegítő transz-zsírsavakat a kritikus 5%-nál jóval kisebb arányban tartalmazza, valamint az omega-6 és omega-3 zsírsavak egymáshoz viszonyított aránya is nagyon közel áll az optimálisnak tekinthető 3:1 értékhez.

A tej foszfolipoidjai és glikolipoidjai. A tej foszfolipidjei viszonylag nagyobb mennyiségben tartalmaznak poliénsavakat, melyek fontos tulajdonsága, hogy a tej emulzióban tartásával növelik annak emészthetőségét, továbbá lipotróp hatásukkal kedvezően szabályozzák a májból a zsírok elszállítását. Ugyancsak a koleszterin oldatban tartásával gátolják annak az erekre történő lerakódását. A kefalín a véralvadásban játszik fontos szerepet, míg más, a tejben is megtalálható foszfolipoidok jelentős mennyiségben fellelhetők az agyban és a vérben. A cerebrozidok mint glikolipoidok megtalálhatók az agyban, a májban, a lépben és a vesékben.

A tejszír mennyisége döntően befolyásolja a termék ízét, kiemeli azt, és teltté, kedvezőbbé teszi. A főlözött tej zsírtartalom híján természetesen kevesebb energiát tartalmaz, de a fogyókúrázni szándékozókna vajmi kevés gasztronómiai élvezetet fog okozni.

2.4. Tejcukor (laktóz)

A tejben található diszacharid glükózból és galaktózból épül fel. Mennyisége kb. 4,6–5,1%, viszonylag állandó. Jelentősége:

- a tej édeskés ízét adja (fele olyan édesítőképességű, mint a répacukor),
- mint szénhidrát, fontos energiaforrás,
- bontásakor a bélben lévő tejsavbaktériumok a tejcukorból tejsavat erjesztenek, ami amellet, hogy gátolja a bélidegen flóra terjedését a bélben, természetes módon hozzájárul a bél pH-jának biztosításához; szintézisekben is szerepet játszik, így pl. az izom- és máj-glikogén képzésében,
- a belőle keletkező tejsavas közegben javul az ásványi anyagok felszívódása (6–15%-kal, nő a csontsűrűség) és lassabb a vitaminok bomlása,
- blokkolja a Ca szállítását megakadályozó mukózt,
- Ca-mal Ca-laktátot képez, ami csökkenti a zsír lerakódását a májban,
- galaktózból képződő komplexek beépülnek az érbelhártyába, és elősegítik az erek regenerálódását, csökkentik a koszorúér-katasztrófák kialakulásának kockázatát,
- részben a tejcukor, részben más, a tejben található ún. exopoliszacharidok a probiotikumok egyedüli tápanyagai, így ezek bevitele a szervezetbe igen fontos,
- a tejcukor egyik összetevője a galaktóz, fehérjékkel vagy zsírral kapcsolódva beépül a porcokba, a kötőszövetekbe, és fontos szerepe van az idegrendszer felépítésében is.

Technológiai szempontból a mikrobák okozta fermentációban és bontó folyamatokban (pl. savas alvasztás, fehérje- és tejcukorbontás) játszott szerepe a döntő, de nem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy a tej szárazanyag-tartalmának több mint 1/3-a tejcukor, így sok termékben is jelentős arányban jelen van. A sajtfélék gyártásakor jelentős része veszendőbe megy, mert a savóval sok tejcukor távozik. A hosszabb érésű keménysajtok tejcukortartalma gyakorlatilag nulla.

Amennyiben a laktóztartalmat kívánjuk csökkenteni, a szóba jöhető eljárások a fermentáció, az ultraszűrés és az enzimes laktózbontás. Ez utóbbi esetben a súlyosabban laktózérzékenyek is fogyaszthatják a tejet, és a tej íze is édesebb lesz. Savanyítással (pl. joghurt) is lényegesen csökkenthető a laktóztartalom, így a laktózérzékenyek többsége tünetmentesen fogyaszthatja e termékeket. A gyakorlatban a tejcukorérzékenyek többsége (felnőttkori intolerancia) jól tolerálja, gond nélkül fogyasztja a 80%-ban bontott vagy csökkentett tejcukortartalmú tejterméket. Magyarország lakosságának kb. 14%-a valamilyen formában érintett a tejcukor-érzékenységen.

2.5. Egyéb anyagok

Mennyiségük 0,9%, ebből ~0,7%-ot az ásványi anyagok képviselnek; a tejben elsősorban oldottan található, de kötött formájuk is jelen van. Jelentőségük technológiai szempontból a tej sóegyensúlyának biztosításában van, elsősorban az édes alvasztással készülő sajtfélék gyártásában, illetve egy részük a pasztörökben hozzájárul a tejkő képződéséhez. Különösen előnyös a tej ideális Ca:P aránya (1,5:1) amely az állati termékek közül pozitívan kiemeli a tejet. Az utóbbi években a már ismerteken túl felértékelődni látszik a tej vas-, cink- és jódtartalma. Az oldható Ca-tartalom a hőkezelés hatására csökken, amit figyelembe kell venni a tej oltós alvasztásánál, ahol alapfeltétel a megfelelő mennyiségű oldott Ca, a jó alvadék és a rövid alvadási idő szempontjából. Sajtgyártáskor általában a pasztörözéskor oldhatatlanná váló Ca-ot pótolni kell. Újabban került előtérbe a tej szeléntartalma, amelynek ismert daganatképződést gátló hatása.

A legutóbbi időig kevés figyelmet fordítottak a tej nátrium/kálium arányára, ami táplálkozásunkban különböző felmérések szerint „3–4” között található az ajánlott „1” helyett. A tej 0,3-as nátrium/kálium aránya hozzájárul a túlzott nátriumfogyasztás kompenzálásához. Kísérletekben azt tapasztalták, hogy az 1,0 alatti nátrium/kálium arány védőhatású a magas vérnyomás kialakulásával szemben.

A mikroelemek közül a cink és a króm kiemelt jelentőséggel bír. Fél liter tej a napi cinkszükséglet 20%-át fedezi. A tej cinktartalma azért igen figyelemre méltó, mert az anyagcsere-folyamatokban sokoldalúan részt vevő cinkből a férfiak csupán 15, a nők csupán 8%-a tekinthető kielégítően ellátottnak. Fél liter tej a napi krómszükséglet több mint 50%-át tartalmazza. Jelentőségét mutatja, hogy a szívinfarktusban elhaltak aortájában csak harmada-hatoda krómot lehet kimutatni, mint a baleset következtében elhaltak esetében. A króm alkotórésze a koleszterinszintet csökkentő és a cukortűrő-képességet fokozó króm-nikotinsav (glükóz-tolerancia) faktornak. Fiatalkori cukorbetegségben szenvedők esetében a vérben alacsonyabb krómkoncentrációt figyeltek meg.

0,1% alatti mennyiségben található egyéb alkotórészek

– *Vitaminok*: a tej igen sokféle vitamint tartalmaz, így egyes vitaminok szempontjából értékes vitaminforrás (pl. B₂, B₁₂). Táplálkozás-élettani jelentőségükön túl a technológiában is szerepet játszanak, mivel az alkalmazott színtenyészetek mikrobáinak szükségük van vitaminokra. Összefoglalva elmondható, hogy bár a tejet nem vitamintartalma miatt tartjuk kiemelkedően egészséges tápláléknak, mégis több vitaminféleségből a napi szükséglet jelentős részét fedezni lehet kb. egy liter tej elfogyasztásával, így értékes vitaminforrásnak tekinthető. A fermentált készítmények gyártása közben az alkalmazott kultúrák vitaminokat is termelhetnek, így a termékek vitamintartalma több is lehet, mint a kiindulási tejé.

– *Enzimek*: az enzimek olyan szerves vegyületek, amelyek a szervezetben lejátszódó bontó vagy szintetizáló biokémiai reakciókat irányítják. Lehetnek:

- eredeti (originális) enzimek: már a fejés pillanatában is megtalálhatók a tejben,
- másodlagos enzimek: tejben lévő baktériumok működésének eredményeként kerülnek a tejbe, néha kedvező, de inkább káros a jelenlétük.

Fontosabb enzimek a tejben:

Lipáz: mind eredeti, mind másodlagos lehet. A tejszírt bontja szabad zsírsavakra és glicerinre, ezzel csípős, karcos ízhibát okoz. A másodlagos forma okoz gondot (lipázos ízhiba), mert csak magas hőfokon, hosszú hőntartással pasztörözve bomlik el. Öregfejős tehenek tejjében és nem megfelelő higiéniájú tejben mennyisége több.

Foszfatáz: gyors pasztörözés kimutatására használják, mert 72 °C-on elbomlik.

Peroxidáz: pillanathevítés kimutatására használják, mert 85 °C-on elbomlik.

Lakto-proteáz: originális formája hőkezeléssel bomlik, de regenerálódik idővel, ezért hosszú tárolásnál keserű ízt okozhat. Másodlagos formája fontos szerepet játszik az érlelt sajtok állományának és ízének kialakításában.

Kataláz: tőgybeteg állat tejjében a kataláz-szint megnő, így a tőgy egészségi állapotának jelzésére jó. A tej csíratartalmának elpusztítására ismert eljárás a *peroxid-kataláz módszer*, ami a hidrogén-peroxid erős csíraölő és a kataláz enzim hidrogén-peroxid bontó hatásán alapul. Fontos azonban tudni, hogy ez esetben az alkalmazott katalázt kívülről adagoljuk a tejbe, az *nem a tejből származik*. Egyes sajtok gyártásában külön engedély alapján alkalmazzák(ták) a módszert.

– A tejtermékek gyártása során egyéb olyan anyagok képződnek, amelyek igen kedvező élettani hatásúak. Ezeket a sokszor kis mennyiségű, de jelentős hatású anyagokat összefoglaló néven „probiotikumoknak” nevezik. Ilyen pl. a tejsav, különböző védőanyagok, fehérjeszármazékok, vitaminok stb.

– *Színezőanyagok:* a tej zsírájának színében a sárgás színű karotinoidok dominálnak más színanyagok mellett (klorofill, xantofill). A tej legjelentősebb vízzoldható színezőanyaga a riboflavin (B₂-vitamin), a friss savó jellegzetes zöldessárga színét okozza.

– *Sejtes elemek:* Egyrészt a vérből, másrészt a tőgy szöveteiből kerülnek a tejbe. Szöveti eredetűek pl. az epitélisejtek, az óriássejtek, sejtteredékek, míg a vérből származnak pl. az eritrociták, a leukociták és a fagociták. A szomatikus sejtszámmal jellemezzük mennyiségüket. A szomatikus sejtszám nagysága több tényezőtől függhet, pl. összefüggésben van a tartás körülményeivel, az állat egészségi állapotával, a laktációs periódussal. A szomatikus sejtszám egyik fontos meghatározója a tej higiéniái állapotának, ezen keresztül minőségének és feldolgozhatóságának.

2.6. A tej tulajdonságai

2.6.1. Fontosabb fizikai-kémiai tulajdonságok

Sűrűség: friss elegytej esetén 1,029–1,033 g/cm³ 15 °C-on. A konkrét sűrűség értéke az alkotórészek sűrűségeiből tevődik össze (2.7. táblázat).

2.7. táblázat. A tej fő alkotóinak sűrűsége

Alkotórészek sűrűsége g/cm ³				
víz	tejfehérje	tejzsír	tejcukor	ásványi anyagok
1,000	1,451	0,931	1,607	3,000

Általában nincs mód a sűrűség pontos meghatározására, de jó, közelítő értéket kapunk az ún. „Laktodenziméter fok” megállapításával, amely hamisítatlan tehéntej esetében 29,0–33,0 Ld°. Mérése egyszerű, a tejbe merülő sűrűségmérővel történik. Ha a tej nem 15 °C-os, akkor a leolvasott értéket táblázat segítségével korrigálni kell. A Ld°-ot és a zsírtartalmat ismerve, a Fleischman-táblázat segítségével egyszerűen meghatározható a zsírtmentes szárazanyag-tartalom.

Fagyáspont: A tehéntej fagyáspontja -0,52 – -0,53 °C. A víznél kisebb fagyáspontot az oldott anyagok okozzák, ezért is tudjuk a tej hamisításának kimutatására felhasználni. Ha vizezik a tejet, annak fagyáspontja a 0 °C-hoz közelít. Ugyancsak a megszokottól eltérő lehet a fagyáspont különböző állatfajok tejének keverésekor, ill. az egyes betegségek által kiváltott összetétel-változás esetén.

Forráspont: A tejnek a víznél magasabb forráspontját a benne molekulárisan és ion diszperz formában oldott alkotórészek (tejcukor és ásványi sók) okozzák. A tehéntej forráspontja 1,013 Pa nyomáson átlagosan 100,16 °C. A forráspont meghatározásának éppen a víz forráspontjához viszonyított kis különbsége miatt jelenleg gyakorlati jelentőséget nem tulajdonítanak.

Vezetőképesség: jól használható a tőgygyulladás gyors kimutatására és az automatizálásban pl. csővezetékek kinyomatásánál, vagy a zárt rendszerű köráramoltatásos tisztításnál alkalmazott oldószerek koncentrációjának mérésére. A tej vezetőképessége 40–60 · 10⁻² S/m.

Fajhő: a szilárd zsírok olvadása miatt a zsírtartalomtól függően is változik, jelentősége a hőtadási folyamatok tervezésénél van (teljes tej 15 °C-on 3,9 kJ/kg).

Viszkózitás: A folyadék belső súrlódásának a mérőszáma a viszkozitás (η), amelyen azt az ellenállást értjük, amelyet a folyadék részecskéi fejtenek ki, ha egymáshoz képest elmozdítjuk őket. Viszkózitás szempontjából az anyagok lehetnek newtoni és nem newtoni folyadékok. Kolloid rendszerekben (pl. a tej) nem beszélhetünk valódi viszkozitásról. Itt a relatív viszkozitás fogalmát vezették be, amely mindig a meghatározott körülmények (nyíróerő, nyírási sebesség) között végzett mérésekre vonatkoznak. A tej relatív viszkozitása a zsírtartalom és a szárazanyag-tartalom növekedésével rohamosan növekszik, a hőmérséklet

függvényében enyhén csökken. A viszkozitás a tejtermékek igen fontos jellemzője, amely a gyakorlatban az állománytulajdonságokban jelentkezik. A tehéntej látszólagos (relatív) viszkozitása $1,6-2,0 \cdot 10^{-3} \text{Ns/m}^2$.

Ozmózis nyomás (a tej ozmózis nyomása kb. $7 \cdot 10^5 \text{Pa}$). Az ozmózis nyomás a valódi oldatok azon tulajdonsága, hogy a féligáteresztő hártáival az oldószer-től elválasztott oldatrendszer koncentráció-kiegyenlítésre törekszik, azaz a tiszta oldószer az oldat felé vándorol, az oldat pedig hígul. Az oldatban kolloid, illetve diszperz állapotban lévő részecskék az ozmózis nyomást nem befolyásolják. Az ozmózisnyomás nagysága a valódi oldatban lévő molekulák, ill. ionok számától függ:

$$P_{ozm} = \frac{RT}{N} \cdot n$$

ahol:

R = egyetemes gázállandó,

T = abszolút hőmérséklet ($^{\circ}\text{K}$),

N = Avogadro-féle szám,

n = az oldott molekulák, illetve ionok száma.

A tej ozmózis nyomását döntően a tejcukor, kisebb mértékben az egyéb oldott anyagok határozzák meg. Az ozmózis nyomás és a fagyáspontcsökkenés között közvetlen kapcsolat van.

Emulziós rendszer: A víz–zsír fázist illetően a tejszír a vízben emulzió. Ennek az emulzióknak a megbontása, illetve megfordítása, pl. a vajgyártás során következik be.

Savasság-savfok (Soxhlet–Henkel-fok, SH $^{\circ}$; Thörner-fok Romániában): Igen fontos jellemző az alapanyag minőségében, a gyártástechnológiákban és a késztermékek minőségében. Fogalma: a tej vagy tejtermékben lévő összes lúgmegkötő anyagok mennyisége. Friss tehéntej esetén a savfok 6,0–7,2, melyet a friss tejben főleg a citromsav okoz. 12 SH $^{\circ}$ -nál forraláskor a tej „összemeget”, kb. 26 SH $^{\circ}$ -nál pedig „megalszik” a tej.

pH: A hidrogénion-koncentráció negatív logaritmus. A frissen fejt tehéntej pH-ja általában 6,6, a semlegeshez közeli. A konkrét összetétel természetesen módosíthatja a konkrét pH-értéket (2.8. táblázat).

2.8. táblázat. Néhány termék savfoka, pH-ja

<i>Termék</i>	<i>Savfok (SH$^{\circ}$)</i>	<i>pH</i>
Kissé savanyú, savanyodásnak indult tej	7,4–7,6	6,5–6,4
Aludttej	35–45	4,7–4,5
Joghurt	32–40	4,5
Juhtej	6,8–11,4	6,6–6,3
Tejszín, biológiai érlelés után	35	4,6
Túró (félzsíros)	80–100	4,5–4,0

<i>Termék</i>	<i>Savfok (SH°)</i>	<i>pH</i>
Érlelt sajtok a préselés végén	45–85	5,2–5,0
Sajtok az érlelés végén	70–95	5,9–5,1
Ömlesztett sajtfélék	60–75	5,9–5,4
Márványsajt sózás után	125–130	4,7–4,6
Vaj		5,6–5,2

Redoxpotenciál: A redoxpotenciál egy olyan mérőszám, amely segítségével a redukáló és oxidáló anyagok egymással összehasonlíthatók. A redukációs és oxidációs folyamatok minden esetben elektronvándorlással járnak együtt, az oxidáció elektronleadást, a redukció elektronfelvételt jelent. A tej összetételéből eredően redoxrendszer. A friss, egészséges nyers tej redoxpotenciálja a +250 és +350 mV tartományban van. A redoxpotenciált befolyásoló anyagok az oldott oxigén, a fehérjék szulfhidril-csoportjai, továbbá az aszkorbinsav ⇌ dehidroaszkorbinsav ⇌ laktoflavin ⇌ leukolaktoflavin rendszer. A mikrobák tevékenységének hatására a redoxpotenciál a nyers tejben rohamosan csökken, hőkezelt tejben alig változik, még fermentáló kultúra hozzáadása mellett is lassan csökken. A nyers tejnek ezt a tulajdonságát használják fel a mikrobiológiai romlás redoxpotenciál-mérésén (pl. rezazurin próba) alapul kimutatására.

2.6.2. Biológiai tulajdonságok

Erjedési készség: a tej azon tulajdonsága, hogy miként viselkedik, ha fermentáló mikroorganizmusok kerülnek bele. A gyakorlatban igen fontos tulajdonság, mert sok termék gyártásához szándékosan használunk meghatározott összetételű fermentáló tejjipari tenyészetet, ún. kultúrát. Nem megfelelő erjedési készségű tejben nincsenek meg a szükséges tápanyagok a mikrobák szaporodásához, esetleg gátlóanyagok találhatóak benne, így a fermentációt nem tudjuk optimálisan elvégezni, irányítani.

Jó a tej erjedési készsége, ha a baktériumok az adott körülmények között maximálisan tudnak szaporodni, a tej egészséges, elegendő tápanyagot, vitamint, ásványi anyagot tartalmaz. Rossz a tej erjedési készsége, ha oltós vagy savas alvadéskor az alvadék lágy, az alvadási idő hosszú, a baktériumok szaporodása lassú. A rossz alvadási készséget alvadási próbával (spontán, tejsavas vagy oltós), vagy valamilyen gyorstesztrel tudjuk kimutatni. A rossz alvadási készség oka lehet:

- magas szomatikus sejtszám,
- rendellenes összetétel (tőgygyulladásos, öregfejős, diszgenetikus),
- gátlóanyag-tartalom (antibiotikum, fertőtlenítőszer-maradvány, növényvédőszer-maradvány).

Baktericid hatás: A frissen fejt tej azon tulajdonsága, hogy a bekerült baktériumok szaporodását gátolja, sőt egy részüket el is pusztítja. A hatást elsősorban fehérjetermészetű ellenanyagok okozzák, amelyek tulajdonképpen a tej termé-

szetes „gátlóanyagai” (lizozim, laktenin, laktoperoxidáz, agglutinin). A legfontosabb baktericid hatóanyag a laktenin, amely meghatározott *Streptococcus* fajjal szemben gátló hatást fejt ki.

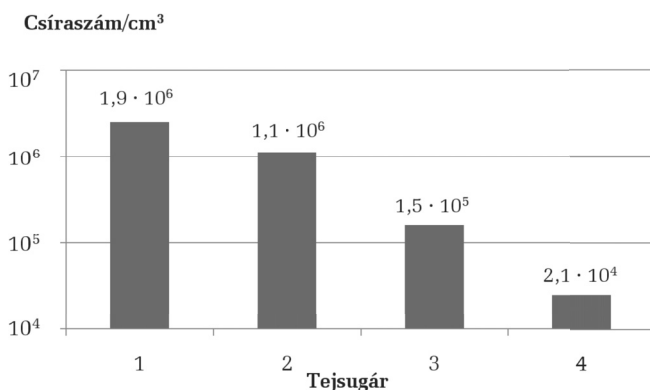
A másik fontos hatóanyag a tejben a lizozim enzim. Ez néhány Gram pozitív mikrobára (*Laktobacillusok*, *Clostridiumok* stb.) baktericid hatású. Az agglutinin azáltal fejt ki közvetlen gátló hatást, hogy a *Streptococcusok*at a zsírgolyócskák felületére dúsítja, ahol azok a kedvezőtlenebb feltételek következtében lassabban szaporodnak. A baktericid hatás ideje a hőmérséklettől függ. *Ha a tejet nem hűtjük le, akkor csupán 2–3 óráig tart, de a tejet gyorsan 5 °C alá hűtve, 24 óráig is nyújtható.*

3. fejezet

A tej mikroorganizmusai

A tej mikrobatartalma és a flóra összetétele igen fontos minőségi jellemző. A nyers tej esetében az összcsíraszámot vizsgálják, míg az egyes termékek esetében általában az összcsíraszámot, a koliformok és a penész- és élesztőgombák számát is tartalmazzák a szabványok. A gyakorlatban a tőgyben keletkező nyers tej a leggondosabb tartás, kezelés, fejés esetében sem fejhető ki sterilén. A részletes ismertetésben a baktériumokra nem térünk ki önállóan, azokat más csoportokkal együtt tárgyaljuk.

A fejéskor a tej minden esetben szennyeződik azokkal a mikrobákkal, amelyek a bimbócsatorna és a tejmedence falán megtalálhatók. Ezek a mikroorganizmusok aszeptikus mintavételekor is a tejbe kerülnek. Az ilyen úton tejbe kerülő mikroszervezetek száma azonban igen alacsony, százas nagyságrendű, esetleg néhány ezer cm^3 -enként (3.1. ábra).



3.1. ábra. Az első tejsugarak csíraszámja

Fejéskor az első tejsugarak szennyezettebbek, mert azok mintegy kimossák a bimbócsatornát, eltávolítva onnan a mikroorganizmusokat. Egészséges állat fejésekor az egyes tőgynegyedekből, valamint a laktáció különböző szakaszában vett tejminták csíraszámja között nincs lényeges különbség. A tej mikrobaszámára nincs befolyással sem a tehén kora, sem takarmányozása. Egészséges tőgyből leggyakrabban *Micrococcusokat* és *Streptococcusokat* lehet elkülöníteni. A fejés utáni műveletek jó esetben kb. egy-egy nagyságrenddel emelik meg a csíraszámot. Az így tejbe kerülő mikrobák igen sokfélék lehetnek, ezért a megfelelő sze-

mélyi, üzem-, berendezés- és gyártási higiéniaiban természetesen a tej eredeti mikroflórájától eltérő más mikrobafélék is fontosak.

Technológiai szempontból a színtenyészetek mikrobáin túl nagy jelentősége van a hő- és hidegtűrő mikrobáknak, a sótűrőknek, a *Coliformok*nak, a *Clostridiumok*nak és a fehérjebontóknak is. A hő- és hidegtűrők a hőkezelést, illetve hűtést jobban tűrik, így később romlást idézhetnek elő a hűtve tárolt tejtermékekben. A *Coliformok* a legáltalánosabb utófertőzők, szinte mindenütt megtalálhatók, ezért talán a legfontosabbak. A *Clostridiumok* igen veszélyesek – jelentős gáz- és javsavképzésük miatt – elsősorban a sajtoknál, a sótűrők képesek a tömény sólében is elszaporodni, ezért azt időnként hőkezelní kell, a fehérjebontók pedig nyúlósodást, keserű ízt okozhatnak.

Alapvető követelmény az is, hogy a tejtermékek mentesek legyenek a betegséget okozó (ún. patogén) mikrobáktól és az ételmérgezést okozóktól. Friss alapanyagok használatával, gyors feldolgozással és a technológia szigorú betartásával a kockázat minimálisra csökkenthető.

3.1. A tejben, tejtermékekben található mikrobák

A nyers tejben található mikroorganizmusok a következő nagy rendszertani csoportokba sorolhatók: élesztőgombák, penészgombák, baktériumok, bakteriofágok.

A rendszertani besorolás mellett célszerű a csoportosítás funkció vagy hatás szerint. Eszerint megkülönböztetünk:

- betegséget okozó (patogén),
- romlást okozó, szennyező és
- hasznos mikroorganizmusokat, illetve mikrobacsoportokat.

A következő táblázatokban a fenti csoportosítás szerint tekinthetjük át a tejben előforduló mikroorganizmusokat (3.1.; 3.2.; 3.3.; 3.4.; 3.5. táblázat).

3.1.1. Élesztőgombák

3.1. táblázat. A tejben előforduló fontosabb élesztőgombák

Nemzetség	Faj	
	Perfekt alak (teleamorf)	Imperfekt alak (anamorf)
<i>Dipodascus</i>	<i>Dipodascus geotrichum</i>	<i>Geotrichum candidum</i>
<i>Saccharomycopsis</i>	<i>Saccharomycopsis lipolytica</i> (<i>Yarrowia lipolytica</i>)	<i>Candida lipolytica</i>
<i>Kluyveromyces</i>	<i>Kluyveromyces lactis</i> (<i>Saccharomyces lactis</i>) <i>Kluyveromyces marxianus</i> (<i>Saccharomyces fragilis</i>)	<i>Torulopsis sphaerica</i> (<i>Candida sphaerica</i>) <i>Candida pseudotropicalis</i> <i>Candida kefir</i>

<i>Issatchenkia</i>	<i>Issatchenkia orientalis</i>	<i>Candida crusei</i>
<i>Pichia</i> (<i>Hansenula</i>)	<i>Pichia jadinii</i> (<i>Hansenula jadinii</i>)	<i>Candida utilis</i> (<i>Torula utilis</i>)
<i>Candida</i> (<i>Torulopsis</i>)		<i>Candida lactis-condensi</i> (<i>Torulopsis lactis-condensi</i>)

3.1.2. Penészek

3.2. táblázat. A tejben előforduló fontosabb penészek

Nemzetség	Faj
<i>Penicillium</i>	<i>Penicillium camemberti</i> (<i>Pen. album</i>)
	<i>Penicillium roqueforti</i>
	<i>Penicillium caseicolum</i> (<i>Pen. candidum</i>)
	<i>Penicillium glaucum</i>
<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus flavus</i>
	<i>Aspergillus flavus</i> var. <i>colummaris</i>
	<i>Aspergillus paraditicus</i>
	<i>Aspergillus paraditicus</i> var. <i>globosus</i>
	<i>Aspergillus niger</i>
	<i>Aspergillus repens</i>
	<i>Aspergillus oryzae</i>
	<i>Mucor michei</i>
<i>Mucor pusillus</i>	

3.1.3. Baktériumok

A baktériumok alkotják a tej és tejtermékek legnépesebb mikroorganizmus-csoportját. Mivel a konkrét vonatkozásait más csoportosításban, illetve konkrét termékeknél ismertetjük, itt eltekintünk a részletes leírástól. Az alábbiakban a fontosabb baktériumok csoportosítását közöljük.

3.3. táblázat. Tej és tejtermékek fontosabb baktériumai

Rész	Nemzetség	Faj
Gram-negatív aerob pálcák és kokkusok	<i>Pseudomonas</i>	<i>Ps. fluorescens</i>
		<i>Ps. fragi</i>
		<i>Ps. nigrifaciens</i>
	<i>Alcaligenes</i>	<i>Alc. metalcaligenes</i>
		<i>Alc. viscolactis</i>
		<i>Brucella</i>
Gram-negatív fakultatív anaerob pálcák	<i>Escherichia</i>	<i>Bruc. melitensis</i>
		<i>Bruc. abortus</i>
		<i>Bruc. suis</i>
		<i>E. coli</i>

56 ■ 3. A tej mikroorganizmusai

<i>Rész</i>	<i>Nemzetség</i>	<i>Faj</i>
	<i>Enterobacter</i>	<i>Ent. aerogenes</i>
	<i>Salmonella</i>	<i>S. enteritidis</i> <i>S. typhi</i>
	<i>Shigella</i>	<i>Sh. dysenteriae</i>
	<i>Serratia</i>	<i>Serratia marcescens</i>
	<i>Proteus</i>	<i>Proteus vulgaris</i>
	<i>Flavobacterium</i>	<i>Flavobacterium lactis</i>
Gram-pozitív kokkusok	<i>Micrococcus</i>	<i>Micrococcus luteus</i>
	<i>Staphylococcus</i>	<i>Staph. aureus</i>
Gram-pozitív kokkusok	<i>Streptococcus</i>	<i>Str. lactis</i> <i>Str. cremoris</i> <i>Str. thermophilus</i> <i>Str. agalactiae</i> <i>Str. pyogenes</i> <i>Str. bovis</i> <i>Str. faecalis</i>
	<i>Leuconostoc</i>	<i>Leu. dextranicum</i> <i>Leu. citrovorum</i>
Endospóráspálcák és kokkusok	<i>Bacillus</i>	<i>Bac. cereus</i> <i>Bac. subtilis</i> <i>Bac. coagulans</i> <i>Bac. polymyxa</i> <i>Bac. anthracis</i>
	<i>Clostridium</i>	<i>Clostridium butyricum</i> <i>Clostridium tyrobutyricum</i> <i>Clostridium perfringens</i> <i>Clostridium sporogenes</i>
Gram-pozitív asporogén pálcá alakú baktériumok	<i>Lactobacillus</i>	<i>Lact. casei</i> <i>Lact. plantarum</i> <i>Lact. acidophilus</i> <i>Lact. lactis</i> <i>Lact. helveticus</i> <i>Lact. bulgaricus</i>
Sugárgombák és rokon szervezetek	<i>Corynebacterium</i>	<i>Cor. diphtheriae</i> <i>Cor. bovis</i>
	<i>Arthrobacter</i>	<i>Brevibacterium linens</i> <i>Brevibacterium erythrogenes</i> <i>Micobacterium lacticum</i> <i>Micobacterium flavum</i>
	<i>Propionibacterium</i>	<i>Prop. freudreichii</i> <i>Prop. shermanii</i> <i>Prop. thoneii</i>
	<i>Mycobacterium</i>	<i>Myc. tuberculosis</i> <i>Myc. bovis</i>

3.1.4. A tej és tejtermékek fontosabb patogén mikroorganizmusai

3.4. táblázat. A tej és tejtermékek fontosabb patogén mikroorganizmusai

Mikroorganizmus	Pasztörözés hatása	Eredete	Kritikus termék
<i>Salmonella</i> fajok	elpusztul	bélsár	nyers tej, sajt, tejpor
<i>Campylobacter jejuni</i>	elpusztul	háziállatok, bélsár	elégtelenül hőkezelt tej
<i>Staphylococcus aureus</i>	elpusztul	tőgy, ember	nyers tej, tejpor, sajt, fagylalt
<i>Listeria monocytogenes</i>	elpusztul	környezeti (szilázs)	nyers tej, sajt
<i>Yersinia enterocolitica</i>	elpusztul	környezeti	nyers tej, csokis tej
<i>Escherichia coli</i>	elpusztul	bélsár	elégtelenül hőkezelt tej, sajt
<i>Bacillus cereus</i>	spóra túléli	talaj, por	tej, fagylalt
<i>Clostridium perfringens</i>	spóra túléli	talaj, szennyvíz, bélsár	tejpor
<i>Clostridium botulinum</i>	spóra túléli	adalék és ségédanyagok	ömlesztett sajt, joghurt
<i>Str. zooepidemicus</i>	elpusztul	beteg állatok	nyers tej

A táblázatokból kiderül, milyen fontos a nyers tej pasztörözése. A higiénikus tejtermelés fontosságára irányítja ugyanakkor a figyelmet az a tény, hogy nem megfelelő körülmények mellett a tej olyan mikroorganizmusokkal szennyeződhet, amelyeket a technológia során pasztörözéssel nem lehet elpusztítani, így azok extrém esetben betegséget okozhatnak.

A tejelő állatok, rajtuk keresztül az ember egészségére veszélyes mikroszervezetek szinte valamennyi csíracsoportból kikerülnek, de ezek legáltalánosabban baktériumok és vírusok. Amíg századunk első felében a gümőkór és a fertőző elvetélés (brucellózis) volt a szarvasmarhák legáltalánosabb baktériumos betegsége, addig az utóbbi évtizedekben a tőgygyulladás (masztitisz) került az első helyre. Kezdetben a tehének masztitiszét dominánsan a Streptococcus-féleségek (*Str. agalactiae*, *Str. dysgalactiae*, *Str. uberis*) okozták, majd az antibiotikum-terápia általánossá válásával párhuzamosan kialakultak az antibiotikum-rezisztencia következményei is. Emellett kisebb arányban tőgygyulladást okoztak még a *Corynebacterium (C.) pyogenes*, egyes kóli-félék, gombák, sőt vírusok is. A felsorolt csírák szinte mindegyike humán-egészségügyi szempontból is veszélyes. A *Str. agalactiae* pl. csecsemőkorban szeptikémiát, meningitist stb. okozhat. Ismeretes, hogy a koaguláz-pozitív Staphylococcusok mintegy 10%-a termel a központi idegrendszert és bélrendszert megtámadó hőtűrő enterotoxinokat.

A korábban Magyarországon nagyon elterjedt szarvasmarha-gümőkór okozója, a *Mycobacterium (M.) bovis* egyben az emberi gümőkór mintegy 10%-át idézte elő. A szarvasmarha TBC gyakorlati kiirtása így humán-egészségügyi előnyt is hozott. A tejjel még számos patogén vagy feltételezetten patogén baktérium terjedhet, amelyek

a másik állaton túl az emberre jelenthetnek veszélyt. Ma már ugyan tejjárványok nincsenek, azonban szórványosan ma is bekövetkeznek ételfertőzések (szalmonellák, sigellák, kóliformok) révén tífuszos, dizentériás, hasmenéses megbetegedések, ill. Staphylococcusok, szalmonellák és más baktériumok okozta ételmérgezések.

A patogének másik csoportját a vírusok alkotják. Közülük a ragadós száj- és körömfájás vírusa a legjelentősebb, amely szarvasmarhajárvány esetén hatalmas gazdasági kárt okoz, és az embert is megbetegíti. Ugyancsak emberre is terjedhet a fertőző májgyulladás (hepatitisz), az agyhártyagyulladás (meningitisz) és a gyermekbénulás (paralízis, Heine–Medin-kór) vírusa. A tejbe számos fertőzési forrásból juthatnak csírák. Az eredendő forrás a tőgy. Régebben azt hitték, hogy a tőgyben lévő tej csíramentes. Ma már tudjuk, hogy az egészséges tőgyben lévő tejben általában $10\text{--}500/\text{cm}^3$ baktérium van, amelyen belül számuk egyedenként igen változó. A fertőzés a bimbócsatornán keresztül történik: a fejés után a tőgybimbó végén maradt tejcseppben a csírák gyorsan képesek elszaporodni és benőni a bimbócsatornába (baktériumdugó). A beteg (sérült, gyulladós) tőgyben a csíraszám több millió is lehet.

A tej nagyobb mértékben a tőgyön kívül fertőződik. A főbb fertőzési források az istálló, ill. fejőház levegője, takarmány, alom, bélsár, a fejő, az állat kültakarója, legyek és a tejjel érintkező fejőgép, szűrő, kanna, szivattyú, tejvezeték, hűtőtároló-tartály (tank) felületek. A levegő csíratartalma egyenes arányban van annak portartalmával. A zárt rendszerű fejésnél e veszély kisebb.

A takarmányok közül a poros, sáros, penészes takarmány és a rosszul erjedt szilázs (klosztrídiumok) potenciálisan nagy fertőzési forrás. Az alom, bélsár, vizelet és az állat kültakarója által létrejövő fertőzés nagysága talán megítélhető abból, hogy a bélsárban kimutattak 5 millió/g kóliform csírákat, és mellette patogéneket is. A legyek okozta fertőzés ugyancsak igen figyelemre méltó, miután egy légyről lemostak már 1,7 millió csírákat, köztük patogéneket. A felsoroltak ellenére a legtöbb mikroorganizmus a tejjel érintkező felületekről, tehát kontakt infekció útján kerül a tejbe. Ezért fűződik oly nagy érdek e felületek gondos tisztogatottságához.

3.1.5. A tej és tejtermékek romlását okozó fontosabb szennyező mikroorganizmusok

3.5. táblázat. Fontosabb romlást okozó mikroorganizmusok a tejben és tejtermékekben

<i>Mikroorganizmus</i>	<i>Romlást okozó faktor</i>	<i>Tejtermékben megjelenő hiba</i>
<i>Pseudomonas</i>	proteázok, lipázok	keserű, avas, tisztátalan, gyümölcs ízhiba, nyúlósodás
<i>Acetobacter</i>		pigmentképzés
<i>Flavobacter</i>		
<i>Alcaligenes</i>		
<i>Escherichia</i>	szaporodó	laktóz-fermentálás, korai puffadás

Mikroorganizmus	Romlást okozó faktor	Tejtermékben megjelenő hiba
<i>Enterobacter</i>	baktériumok	nyúlósodás, keserű, tisztátalan íz
<i>Citrobacter</i>		pigmentképzés
<i>Klebsiella</i>		
<i>Serratia</i>		
<i>B. cereus</i>	hőrezisztens	keserű íz, édes alvadás
<i>B. subtilis</i>	spórák	gázképződés, savtermelés, keserű íz
<i>B. coagulans</i>		késői puffadás
<i>B. stearothermophilus</i>		
<i>Cl. butyricum</i>		
<i>Cl. tyrobutyricum</i>		
<i>Cl. sporogenes</i>		
<i>Streptococcus</i>	szaporodó	savanyodás, késői puffadás
<i>Lactobacillus</i>	baktériumok	
<i>Leuconostoc</i>		
<i>Kluyveromyces</i>	szaporodó	gáztermelés, élesztős, gyümölcs, avas íz
<i>Geotrichum</i>	sejtek	látható növekedés, pigmentképzés, ammónia, gyümölcs
<i>Aspergillus</i>		szag és íz, toxin
<i>Penicillium</i>		
<i>Mucos</i>		
<i>Alternaria</i>		

Baktériumok

A számos faj közül a tejgazdaságban a következők a legfontosabbak.

A *tejsavbaktériumok* a tej legáltalánosabb csirái. Hasznosak, amikor színtenyészetek alkotóiként tejtermékeket állítanak velük elő, károsak, ha elszaporodva, megsavanyítják a nyers vagy pasztőrözött tejet. A tejcukorból főleg tejsavat, szén-dioxidot, egyesek acetoin és diacetil aromaanyagokat képeznek. Közülük három család törzsei érdemelnek figyelmet.

A *Streptococcusok* (*Str. lactis*, *Str. cremoris*, *Str. diacetylactis*, *Str. thermophilus*) gömb alakúak, a *Laktobacillusok* (*Lb. casei*, *Lb. acidophilus*, *Lb. lactis*, *Lb. helveticus*, *Lb. bulgaricus*) viszont pálcika alakúak, és nagy mennyiségű (1,8–2,0%) tejsavat képeznek a tejcukorból. Emellett a fermentálás és a sajtok érése során bontják a fehérjéket, főleg a kazeint. A *Leuconostoc-féleségek* (*Leuc. citrovorum*, *Leuc. dextranicum*) gömb alakúak és igen gyenge sav-, de erős aromatermelők.

Az enterobaktériumok és ezen belül különösen az *aerob gázképzők* a tej egyik legáltalánosabb szennyező csirái. Legfontosabb képviselőik az *Escherichia* (*E. coli*) az *Aerobacter* (*Ae.*), vagy *Klebsiella* (*Kl.*) *aerogenes* és az *Ae. cloaceae*. Pálcika alakúak (az *E. coli* még csillós és mozgó), és a tejcukorból főleg a vízben nem oldódó hidrogéngázt, kisebb részben metánt, tejsavat, ecetsavat stb. termelnek. Aerob voltak és hidrogéntermelésük révén a sajtok ún. korai puffadásának

okozói. Béllakók (szaporodási optimumuk ezért 35–37 °C), létük a tejben bélsár-szennyeződésre utal, ami – lévén a bélsárban gyakran patogének is – igen kritikus. Számuk a tejben a fejesi, tejszelési és -feldolgozási higiéniai színvonalat mutatja. Gramm-negatívak, pasztörözéskor elpusztulnak, a pasztörözött tejben való jelenlétük tehát a pasztörözés utáni reinfekcióra utal.

A *vajsavbaktériumok* a klosztrídium nemzetségből kerülnek ki, amelyek anaerobok, gázképzők. A *Clostridium (Cl.) butyricum* és a *Cl. tyrobutyricum* a tejcukorból főleg vajsavat és hidrogént képeznek. Anaerobok voltuk és hidrogén-termelésük révén a sajtok ún. késői puffadását okozzák. Fehérjebontó társaik, a *Cl. sporogenes*, a *Cl. putrefaciens* és a *Cl. lentoputrescens* pedig a sajtok ún. fehér-rothadásáért felelősek. A tejbe a rosszul erjedt szilázból, oda pedig a földből kerülnek. Spórások, spóráik igen hőellenállóak, a szokásos pasztörözéskor (100 °C alatt) nem pusztulnak el.

A tej másik legáltalánosabb szennyezői a *zsír- és fehérjebontó baktériumok*. Erősen fehérjebontók (rothasztók) az aerob spóratermelő *Bacillus (B.)* nemzetségből a *B. cereus*, a *B. subtilis* (szénabacillus) és a *B. coagulans*, a *Proteus (Pr.)* nemzetségből a *Pr. vulgaris*, a *Pseudomonas (Ps.)* nemzetségből a *Ps. putrefaciens*, jellegzetes zsírbontók pedig a *Ps. fluorescens* és a *Ps. fragi*. A pszeudomonászok szaporodási optimuma 20 °C, a bacillusoké 30 °C, míg a proteuszoké 37 °C. E csírák a porral és takarmánnyal (bacillusok), ill. a rosszul tisztogatott felületekről, mosogatóvíz-maradékból (pszeudomonászok és proteuszok) kerülnek a tejbe. A spórás bacillusok igen hőellenállóak, egyes változataik még az ultrapasztörözést (138–142 °C és 2–4 sec) is túlélnek, a pszeudomonászok és proteuszok a szokásos pasztörözésnél elpusztulnak.

Élesztő- (sarjadzó) gombák

A baktériumoknál jóval nagyobb, döntően egysejtű és részben spóraképző szervezetek: Egy részük (pl. *Kluyveromyces [K.] marxianus* és *K. lactis*, *Candida [C.] pseudotropicalis* és *C. kefyr*) hasznos, mint a kefir- és kumiszkultúra tagja. Ezek a tejcukorból főleg szén-dioxidot és etil-alkoholt képeznek. Az élesztők másik része (pl. *Torula [T.] sphaerica*, *C. krusei*, *C. lipolytica*, *Geotrichum [G.] candidum*) szennyező, a nedves felületekről kerülnek a tejbe, jól tűrik a savanyú közeget (3,5–4,0 pH) és a savanyú tejtermékek (aludttej, tejföl, túró) megromlását, felületi hártásodását, szag- és ízhibáit, a friss sajtok puffadását okozzák. Közülük a *C. lipolytica* még erős zsírbontó is. Pasztörözéskor általában elpusztulnak, a tejtermékekben való jelenlétük tehát reinfekció következménye.

Penész-(fonal)gombák

A mindenütt (talajban, porban, takarmányban, levegőben stb.) előforduló, általában soksejtű penészek, melynek egy része hasznos, többségük azonban káros. A

hasznosak közé tartozik a rokfort sajt kultúráját alkotó *Penicillium (P.) roqueforti*, a camembert sajt kultúráját kitevő *P. camemberti* és a *P. caseicolum*, vagy a bakteriális oltó termelésére használt *Mucor (M.) michei* és a *M. pusillus*. Károsak az ún. vadpenészek, így többek között a közönséges zöld- vagy kenyérpénész, a *P. glaucum*, avagy az aflatoxinok termelése révén májrákot okozó *Aspergillus (Asp.) flavus* és az *Asp. parasiticus*, valamint a sajtok felületén fekete foltokat okozó *Asp. niger*. A penészek szaporodási optimuma 20 °C körül van, és az élesztőkhöz hasonlóan kedvelik a nedves körülményeket. Pasztórozéskor elpusztulnak.

Vírusok

Az egysejtűeknél egyszerűbb képződmények, egyesek a fénymikroszkóppal éppen láthatók, mások viszont csak elektronmikroszkóppal észlelhetők. Amíg a többi mikroszervezet élettelen anyagokon képes szaporodni, addig a vírusok csak élő anyagokon (paraziták). A gazdaszervezetek szerint így megkülönböztünk baktérium-, növény- és állatvírusokat. Tejgazdasági szempontból az első és harmadik csoport érdemel figyelmet.

A *baktérium-vírusok*, vagy ismertebb nevükön a fágok amiatt károsak, hogy a kultúrák tejsavbaktérium törzseiben elszaporodva, feloldják a sejteket, meghiúsítják a savanyítást, ezen keresztül a gyártást. Már 50–60 °C-on elpusztulnak. Ennek ellenére képesek gyorsan elszaporodni a tejüzemekben. Még a legszigorúbb higiénia sem tud teljesen gátat vetni terjedésüknek. Az ellenük való védekezésre nagy specifikusságukat használjuk ki: a kultúrtörzsek 2–3 naponkénti változtatásával, az ún. kultúrarotációval lehetséges a termékek készítése fágveszélyeztetett üzemben is.

Probiotikumok, prebiotikumok, szinbiotikumok

Természetesen a tejben nem csak kórokozó vagy romlást előidéző mikroorganizmusok találhatóak, sőt sok termék gyártásához speciális, külön erre a célra összeállított tejjipari szintenyészeteket, ún. kultúrákat használunk. Ezek fontos tulajdonságai a tejcukorbontás, a gázképzés, a savképzés, a fehérje- és zsírbontás és a különböző aromaanyagok termelése. Ezen tulajdonságok a gyártás során a tejtermékek jellegét alakítják ki, és biztosítják élvezeti értéküket, sőt sokszor ezek biztosítják hosszú eltarthatóságukat is (pl. az alacsony pH miatt).

Kiemelkedően hasznos, jótékony hatásúak a „bélazonos”, az ember egészségéhez szükséges ún. probiotikumok. **Probiotikumoknak** nevezik mindazokat a humánbarát bélbaktériumokat, amelyek többféle jótékony hatással vannak a gazdaszervezet egészségi állapotára. **Prebiotikumoknak** hívják mindazokat a természetes tápanyagokat, amelyek jellemzően a probiotikumok kizárólagos tápanyagai, ennél fogva elősegítik azok elszaporodását, túlsúlyba kerülését. A **szinbiotikumok** a pro- és prebiotikumok együttesét jelentik, vagyis a két előnyös tényező hatása összegződik, nem egyszer szinergistává válik. Ebből eredően szinbiotik-

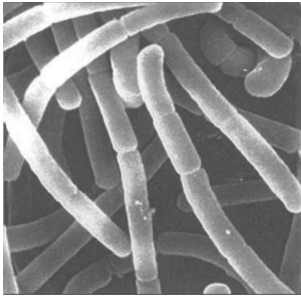
kusak pl. azok a tejtermékek, amelyek készítéséhez nemcsak probiotikumokat, hanem egy vagy több prebiotikumot is felhasználtak.

A probiotikumok szinte kivétel nélkül tejsavbaktériumok és bifidobaktériumok. A legismertebb probiotikus tejsavbaktérium-törzsek nagyrészt a *Lactobacillus* (*Lb.*), kisebb részben a *Streptococcus* (*Sc.*) nemzetséghez tartoznak (3.2. ábra). Mai ismereteink szerint minden tejsavbaktérium olyan anyagcseretermékeket (metabolitokat) termel, amelyek előnyösek az ember egészségére, de nem minden tejsavbaktérium-törzs probiotikus. A probiotikus tejsavbaktériumok alapvetően abban különböznek a közönséges tejsavbaktériumoktól, hogy egy részük (a régebbiek 2–30%-a, a maiak akár 80–85%-a is) túléli a gyomorban lévő sav, a vékonybélben pedig az epesavak és az emésztőenzimek pusztító hatását, és így élve jutnak el a vastagbélbe, ahol képesek elszaporodni és megtapadni a bélfalon. Ilyen előnyös tulajdonságokkal, pl. a mezofil tejsavbaktériumok (*Lactococcus* [*Lc.*] *lactis*, *Lc. cremoris*) nem, míg a joghurt hagyományos törzsei (*Sc. thermophilus* és *Lb. bulgaricus*) csak részben rendelkeznek. A joghurttörzsek egy kis része képes ugyanis élve eljutni a vastagbélbe, de ott nem kolonizálódnak, nem képesek megtapadni a bélfalon, és néhány hét után elpusztulnak vagy kiürülnek. A nomenklatura szerint tehát igazi „tranzitutasok”, hasznosságuk mégsem kérdőjelezhető meg, mivel elősegítik a probiotikumok adhézióját a bélfalra, és hozzájárulnak a rothasztó (putrefactive) csírák visszaszorításához. Probiotikus törzsekkel való kiegészítéssel viszont minden közönséges starter kultúra, ill. savanyú tejtermék – így a joghurt is – probiotikussá tehető.

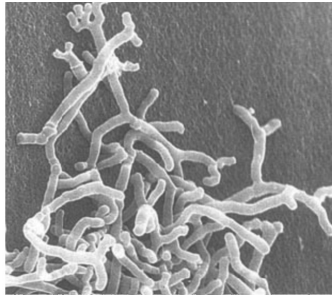
A prebiotikumok, korábbi nevükön a bifidus- vagy bifidogén-faktorok, 2–9 egyszerű cukorból (monoszacharidokból) felépülő oligoszacharidok. A szervezetben nem metabolizálódnak, emiatt érintetlenül (emésztetlenül) jutnak el a vastagbélbe. Valójában tehát diétás rostok, de vízben oldhatóságuk miatt közülük is a legkiválóbbak. A diétásrost-funkció mellett igazi hasznosságuk abban rejlik, hogy a probiotikumok kizárólagos táplálékai. Miután a vastagbélben már kevés az emészthető táplálékmaradvány, vagyis ott relatív táplálékhiány van, az elfogyasztott prebiotikum lehetőséget kínál a humánbarát probiotikumok elszaporodására.

A prebiotikumok természetes állapotban számos élelmiszerben előfordulnak: gazdag forrásai pl. a csicsóka- és a cikóriagyökér, de léteznek a vöröshagymában, a fokhagymában és a póréhagymában, az articsókában, zabpehelyben, búzában, banánban, tejben és az érett sajtokban. Az élelmezési gyakorlatban jellemzően az iparilag előállított tiszta készítményeket használják fel, amelyek lehetnek folyékony sűrítvények és porok, hatóanyag-koncentrációjuk pedig 40–95% között van. A természetes ipari koncentrátumok (aszerint, hogy milyen monoszacharidokból épülnek fel) lehetnek pl. galakto-, frukto-, malto- vagy xylo-oligoszacharidok. A világon már 1995-ben több mint 80 ezer tonna prebiotikumot állítottak elő, de a termelés ma már 200 ezer tonna körül van, jelezve e különleges élelixír világsikerét. A termelt mennyiség mintegy 40%-a galakto-oligoszacharid (pl. laktulóz), amelynek alapanyaga a tejcukor.

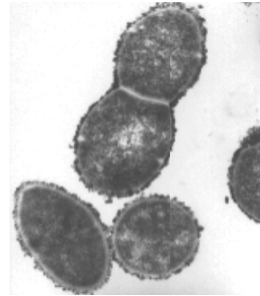
Orosz-ukrán származású tudósok már a 19. század végén és a 20. század elején megállapították, hogy a joghurt tejsavbaktériumai gátolják a káros rothasztó, toxintermelő bélbaktériumok tevékenységét, és ezzel hozzájárulnak egy egészségesebb életvitelhez, az élettartam meghosszabbításához.



Lactobacillus acidophilus



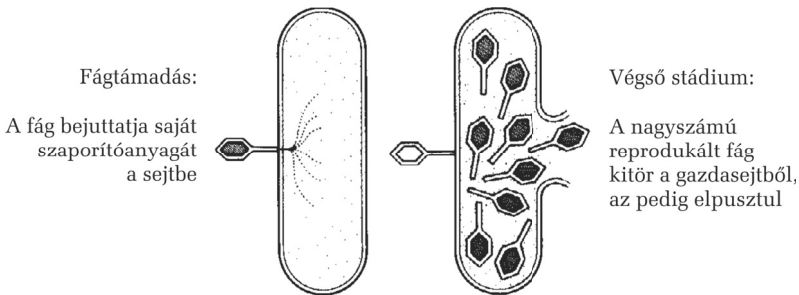
Bifidobacterium longum animalis



Streptococcus thermophilus

3.2. ábra. Probiotikumok mikroszkópi képe

A hasznos mikrobák legnagyobb ellenségei a **bakteriofágok**. A bakteriofágok a baktériumok vírusai. Sejtparaziták, szaporodásukhoz a gazdasejt riboszómáit, energiakészletét, vegyületeit használják fel. Sejten kívüli alakjuk korlátozott genetikai információtartalmú, önmagát megújítani képes, fehérje által burkolt nukleinsav, az élő anyag sajátos, a sejtnél egyszerűbb megjelenési formája. A tejpárban elsőként a cheddar sajtok gyártásakor a tejsavbaktérium-szintenyészet gátlását figyelték meg, és a hatást egyértelműen a bakteriofágok jelenlétének tudták be.



3.3. ábra. Fágtámadás

A fágok jelenléte tulajdonképpen ott okozhatja a legnagyobb problémát, ahol tejpári szintenyészetekkel, alvasztással készítenek termékeket, mert a fágok a kultúra baktériumainak viselkedését megváltoztatják. Az ellenük való védekezés a higiéniai követelmények maximális betartásán túl a kultúratorzsek rotációjával vagy ún. direkt kultúrák használatával lehet hatékonyabb.

A nyers tej a tőgyön kívül igen könnyen fertőződik. Elszállításáig olyan hatások érik a tejet, amelyek emelik csíraszámát. A csíraszám növekedéséhez, illetve eleve magasabb értékéhez ezen felül gyakran az állat egészségi állapota (betegsége) is hozzájárul, amely sokszor nehezen észlelhető, sőt az észlelt megbetegedést sem kezelik mindig megfelelően. Tehát az állat tartása, fejése és a tej további kezelése minden esetben növeli a csíraszámot, illetve a tejbe kerülő idegen anyagok mennyiségét. A tőgyből kikerülő tej csíraszámának, kívülről bekerülő baktériumokra visszavezethető növekedését **utófertőződésnek** nevezzük. Hogy ne csak a negatív hatásokról essen szó, a következőkben áttekintjük a tejiparban alkalmazott fontosabb mikroorganizmusok csoportjait és felhasználási területeit.

3.1.6. Tejipari szintenyészetek

Számos tejtermék előállításához, a megfelelő állomány- és érzékszervi tulajdonságok biztosításához szintenyészeteket, kultúrákat használnak. Ezek általában több mikrobafajt tartalmazó keverékek, amelyeket leggyakrabban liofilezással szárított formában forgalmaznak. A technológiai paraméterekkel a kultúrákban lévő mikrobák működését szabályozni lehet, így végezhetik el optimálisan, a különböző céllal bejutatott mikrobák a saját feladatukat (3.6. táblázat).

3.6. táblázat. *Tejipari szintenyészetek és felhasználási területük*

<i>Megnevezés</i>	<i>Alkotók</i>	<i>Felhasználás</i>
O-kultúrák	<i>Str. lactis</i> <i>Str. cremoris</i>	Cseddár, feta stb. zárt térsztájú sajtok, savanyított tejtermékek
L-kultúrák	<i>Leuc. cremoris</i> <i>Str. cremoris</i> <i>Str. lactis</i>	Savanyított tejtermékek, túró, lyuk nélküli vagy gyengén lyukazott sajtok
D-kultúrák	<i>Str. diacetilactis</i> <i>Str. cremoris</i> <i>Str. lactis</i>	Savanyított tejtermékek, savanyú tejszínvaj, sajtok
LD-kultúrák	<i>Leuc. cremoris</i> <i>Str. cremoris</i> <i>Str. lactis</i> <i>Str. diacetilactis</i>	Savanyított tejtermékek, savanyú tejszínvaj, kemény és félkemény sajtok
Kefír	<i>Streptococcusok</i> <i>Lactobacillusok</i>	Savanyított tejtermékek
Élesztők		
	<i>Str. thermophilus</i>	Joghurt, sajtfeleségek
	<i>Lb. bulgaricus</i>	Joghurt, sajtfeleségek
	<i>Lb. acidophilus</i>	Savanyított tejtermékek
	<i>Lb. casei</i>	Savanyított tejtermékek, sajt

	<i>Lb. helveticus</i>	Ementáli és olasz sajtípusok
	<i>Lb. lactis</i>	Ementáli és olasz sajtípusok
Joghurtkultúrák	<i>Str. thermophilus</i>	Joghurt, savanyított tejtermékek
	<i>Lb. bulgaricus</i>	
Sajtkultúrák	<i>Str. thermophilus</i>	Mozzarella, grana, provolone stb. sajtok
	<i>Lb. bulgaricus</i> stb.	
Bifidobaktérium	<i>B. bifidum</i>	Savanyított tejtermékek
	<i>B. longum</i>	
ABT kultúra	<i>Lb. acidophilus</i>	
	<i>Bifidobaktériumok</i>	Savanyított tejtermékek
	<i>Str. termophilus</i>	
Propionsav- bakt. kultúra	<i>Propioni</i> baktériumok	Ementáli típusú sajtok
Rokfort kultúra	<i>Pen. roqueforti</i> törzsek	Rokfort, danablue stb. penésszel érő sajtok
<i>Pen. candidum</i> kultúra	<i>Pen. candidum</i> törzsek	Brie, camembert stb. penésszel érő sajtok
<i>Geotrichum candidum</i>	<i>G. candidum</i> törzsek	Camembert stb. fehérpenésszel érő sajtok
<i>Brevibacterium</i> kultúra	<i>Br. linens</i> törzsek	Sajtok felületi kezeléséhez (pálpusztai)

3.2. Tejtermékek és élelmiszer-biztonság

A háziállatokban, így a tehenekben is különböző mikrobák okozta betegségek fordulnak elő. Gyakran probléma ezen betegségek pontos megállapítása (diagnózis), különösen akkor, ha az állatok csak hordozói a kórokozóknak anélkül, hogy ők maguk megbetegednének. Európában számos ilyen betegség fordul elő a következő fontosságú sorrendben: salmonellosis, toxoplasmosis, cysticercosis, trichinellosis, Q-láz, leptospirosis, listeriosis, sarcosporidiosis, tuberculosis, brucellosis, valamint bizonyos vírusos fertőzések. Ezek közül potenciálisan a tej és tejtermékek útján kerülhet sor a fogyasztók fertőződésére salmonellosis, Q-láz, leptospirosis, listeriosis, tuberculosis és egyes vírusok jelenlétében. A fertőzések eredménye lehet megbetegedés (pl. TBC) vagy mérgezés (élelmiszer-mérgezés).

Magyarországon a tej és tejtermékek élelmezésügyi megítélését alapvetően meghatározza, hogy a ritkán előforduló néhány esettől eltekintve, szarvasmarha-állományunk 1980-tól gümőkór-, 1985 óta pedig brucella-mentes. A korábbi évek helyzetét is nagymértékben befolyásolta, hogy fogyasztásra szinte kizárólag pasztörözött tej és tejtermék került. A gümőkór- és brucella-mentesség mellett előforduló néhány pozitív eset a tej- és tejtermékfogyasztás szempontjából agálytalan, különösen ha arra gondolunk, hogy a nyers tejet minősítő központi laboratóriumok napjainkban havonta háromszor minden, iparilag feldolgozásra kerülő nyers tejtételt ellenőriznek.

Magyarországi tejtermék-biztonsági vizsgálatok

Tőgygyulladásos beteg állatok, illetve ilyen irányú szűrővizsgálatok azt mutatják, hogy a kórokozók közül a *Staphylococcus aureus* viszonylag magas arányban, 15–30%-ban szerepel a tejben. Az ételmérgezések szempontjából számba jöhető egyéb fakultatív patogén baktériumok, mint a *S. aeruginosa*, *E. coli*, *Str. faecalis*, *Klebsiella* előfordulási aránya 1% vagy ez alatti értékű. A készítmények esetében fogyasztói tej és tejtermékek vizsgálatánál a *Staph. aureus* és az említett patogén baktériumok előfordulási aránya egyaránt 1–2% vagy ez alatti. A *Staph. aureus* arány csökkenésében a nyers tej hűtése, a pasztörözés és a tej és a tejtermék mikroflóra antagonisztikus hatása szerepelhet. A tej és tejtermékek tehát, a mai tejnyerési és feldolgozási technológiát figyelembe véve, nem közvetítik a nyers tej esetleges *Staph. aureus* fertőzöttségét a fogyasztó felé.

Más a helyzet a tej és tejtermékekből kimutatott *Coliform* baktériumok tekintetében. Ezek előfordulási aránya erősen változó, néha viszonylag magas, 10–20% közötti. A *Coliformokkal* kapcsolatos tej és tejtermékek kifogásolási aránya az egészségügy és állategészségügy terén éppen ezért szintén változó, többször 15–20% közötti érték is előfordul. Ezzel kapcsolatban figyelembe kell vennünk, hogy a *Coliformokkal* kapcsolatos probléma igen összetett. Kismértékben a termelői nyers tej szennyezettsége, nagyobb mértékben a pasztörözés utáni utófertőződés miatt alakulhat ki a kifogásolt *Coliform*-szám. Az utófertőződés problémáját támasztják alá a hatóságok tisztasági, tehát felületek, eszközök, berendezések vizsgálatáról közölt eredményei, amelyeknél a tejiparban a kifogásolás néha a 20–25%-os mértéket is eléri. Ez a magas érték felhívja a figyelmet a korszerű és alapos tisztítási, fertőtlenítési technológiák alkalmazásának fontosságára, hiszen a *Coliformok* a pasztörözés hatására elpusztulnak, a termékekbe kizárólag utófertőződés útján kerülhetnek.

4. fejezet

A frissen fejt tej elsődleges kezelése

A fejtés után azonnal el kell végezni néhány műveletet annak érdekében, hogy a tej minőségét legalább az elszállításig megőrizzük. *Elsődleges tejkezelésen* a tej szűrését és tisztítását értjük.

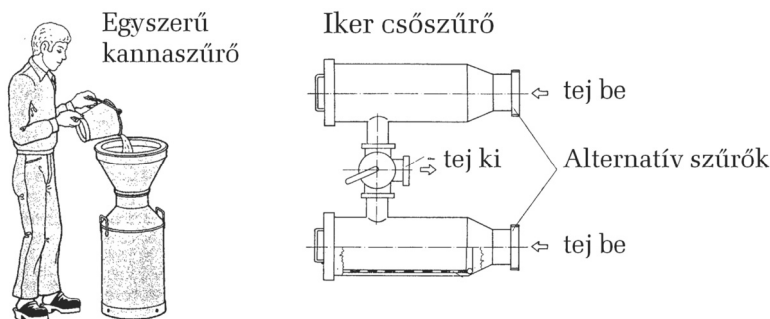
4.1. A tej tisztítása

A tej tisztítása a tej szűréséből, baktofugálásából, tisztítócentrifugálásából állhat. A tejszűrés a nagyobb méretű szennyeződések eltávolítását célozza.

Előnye: a látható szennyeződésektől a tej megtisztul, a szennyeződésekhez tapadt baktériumok egy része kikerül a tejből, a másik része közvetlenül a tejbe kerül. A szennyeződések szétaprózása miatt a szűréskor látszólagos csíraszám-növekedést tapasztalunk, ám az így hozzáférhetővé vált mikrobák a pasztőrözéskor könnyebben elpusztulnak.

Hátránya: ha a szűrést nem követi a pasztőrözés, a „szétszűrt” baktériumok gyorsabban előidézik a tej romlását. Mivel általában pasztőrözést is alkalmazunk a tej feldolgozásakor, a szűréskor tapasztalható látszólagos csíraszám-növekedés tulajdonképpen pozitív hatású. A szétszűrt, elaprózott szennyeződésekkel szabdá válnak mikrobák így hozzáférhetővé válnak a hőátadás számára, végső soron tehát a pasztőrözés hatásfoka javul.

Szűrőberendezések: sokféle kialakításúak és elvűek lehetnek, pl. kúpos tejszűrő, vattalemezes szűrő, perforált rozsdamentes lemezű iker-csőszűrő, tárcsás szűrő, tisztító centrifuga (4.1. ábra).



4.1. ábra. Szűrőkészülékek

Baktofugálás: A centrifugális erő hatására a dob falán egy kis tejjel együtt a szennyeződések és a baktériumok 90%-a kiválik. Ez a pasztörözésnél rosszabb hatásfokú csírátlantítás, de a nagyobb sűrűségű spórás baktériumok 99%-át eltávolítja a tejből, amelyek viszont a pasztörözéskor kevésbé pusztulnak el. Ezért a baktofugálást pasztörözéssel együtt alkalmazva nagyon jó hatásfokú csírátlantítást tudunk elérni. Főleg kemény sajtok késői puffadásának (*Clostridiumok*) megelőzésére használják. Hátránya, hogy némileg csökken a tej fehérjetartalma. A baktofuga speciális szeparátor, igen magas fordulatszámmal üzemel. A szeparátor tányérjainak palástján nincsenek lyukak, így nem történik zsírelválasztás. A gépben olyan nagy a centrifugális erőter, hogy az igen kisméretű baktériumspórák is ki tudnak választódni a dobiszapban.

Mikroszűrés: mikroorganizmusok vegetatív és spórás alakjainak eltávolítására alkalmazható a megfelelő pórusátmérő megválasztásával. Csak fölözött tej jöhet szóba, hiszen a zsírgolyócskák mérete nagyobb, mint a kiszűrendő szennyezőké. Figyelem, az eljárást ne keverjük össze az ultraszűréssel. A termelő- és gyűjtőhelyen általában az egyszerűbb és könnyen kivitelezhető szűrési megoldásokat, így a szűrővásznon keresztüli szűrést és az egyszerű csőszűrőket alkalmazzák, míg nagyüzemi körülmények között lehetséges a tisztítócentrifugák és a baktofugák beállítása is.

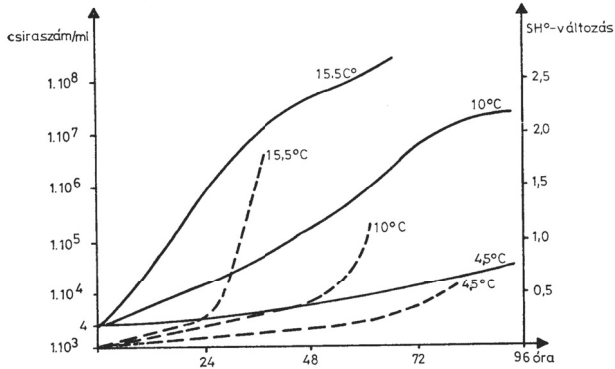
4.2. A tej hűtése

A tej fejtése után a jó higiéniai minőség biztosítása érdekében elkerülhetetlen a tej szakszerű, gyors lehűtése. Ennek hiánya a már tárgyalt baktericid fázis rövid idejéhez, kisebb tárolhatósági időhöz, végső soron a tej rossz mikrobiológiai állapotához vezet. A nyers tej hűtésére régen egyszerű kútvizes hűtést alkalmaztak. Ezzel az eljárással azonban csak igen lassan lehet lehűteni a tejet, ezért korántsem nevezhető korszerű hűtésnek. Bár napjainkban már fellelhetők a kisebb farmgazdaságokban is felhasználható cirkulációs jeges-vizes kannahűtők vagy a nagyobb méretű hűtő-tároló tartályok, ám megfelelően gyors hűtést általában csak a lemezes hűtőkkel lehet elérni. Alapvető követelmény, hogy a fejtés után **a tejet 1/2 óra alatt 5 °C-ra** vagy az alatti hőmérsékletre hűtsük (4.2. ábra). Bárhol is történjen a hűtés, utána a tejet hűtve kell tárolni az elszállításig.

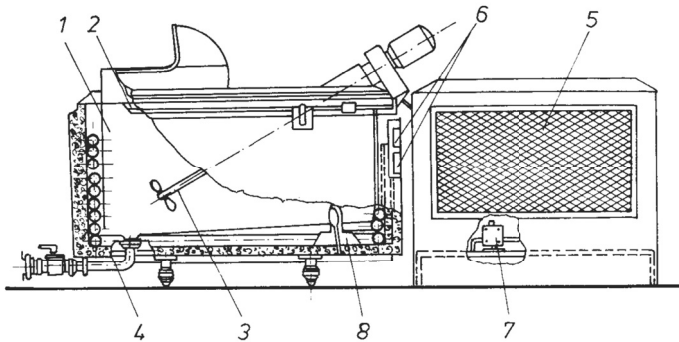
4.3. Tárolás

Tárolás alatt gondoskodni kell a tej minőségének megóvásáról. Tárolás közben a tej nem melegedhet fel, nem fölözödhet ki és nem szennyeződhet. Termelőhelyen, illetve tejgyűjtőkben: hűtő-tároló vagy szigetelt tároló tartályokban, üzemekben: silókban történik a tej tárolása (4.3., 4.4. ábra). A silók 20–150 000 li-

ter kapacitásúak, álló elrendezésűek. Az üzemeknek a gyártás biztonsága miatt minimum 1–1,5 napi mennyiséget kell tudni tárolni (tejpor üzemeknek többet).



4.2. ábra. A tej csíraszámának és savfokának változása a hőmérséklettől függően



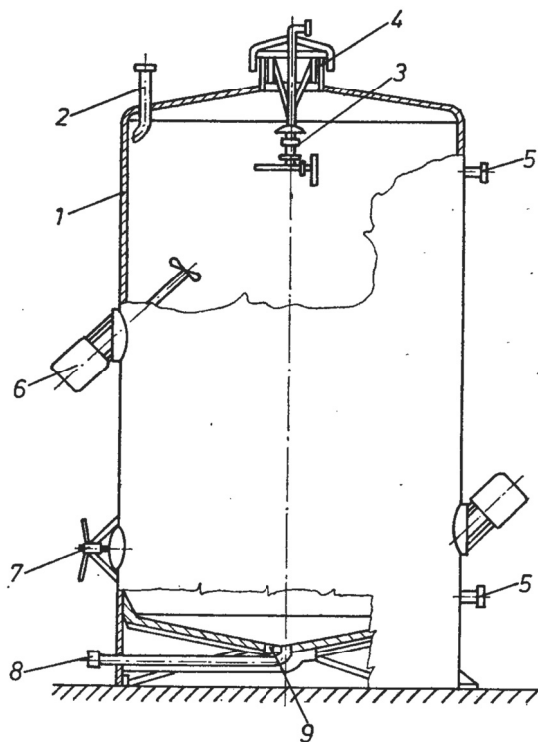
1. Tartály
2. Tartályszűrő
3. Keverő
4. Elpárologtató
5. Hűtőaggregát
6. Hőautomata
7. Vízautomata
8. Hőmérséklet-érzékelő

4.3. ábra. Hűtő-tároló tartály

A tárolás alatt gondoskodni kell arról, hogy a lehűtött tej hőmérséklete ne emelkedjen. Ez nem biztosítható abban az esetben, ha a reggeli és esti fejés is ugyanabba a tejhűtő-tároló tartályba kerül, mivel a friss fejből származó tej kissé felmelegíti a már lehűtött tejet. Ilyenkor a mikrobák gyors szaporodásnak indulnak. Ezt az elavult technikát, módszert lehetőség szerint tehát kerülni kell. Ugyancsak fontos, hogy a tárolás alatt a tejet lassú mozgásban tartsuk. Ezzel lehet ugyanis elkerülni a felfölzödést, zsírkiválást. A tejtároló tartályokon ezért keverőket kell elhelyezni, amelyek gondoskodnak a tej egyenletes keveréséről. Amennyiben a tartályban történik a hűtés is, a keverés természetesen javítja a hőátadást, így gyorsítja a hűtést. A tárolás szabályai elveiben megegyeznek a ter-

70 ■ 4. A frissen fejt tej elsődleges kezelése

melőhelyen és a feldolgozóüzemben, azaz el kell érni, hogy a tárolás alatt a tej mikrobiológiai, fizikokémiai állapota ne romoljon.



1. Szigetelt fal
2. Töltőcső
3. Tisztító szórófej
4. Lélegeztető
5. Szintérzékelő
6. Keverő
7. Búvónyílás
8. Ürítőnyílás
9. Hőmérséklet-
érzékelő

4.4. ábra. Tejtároló siló

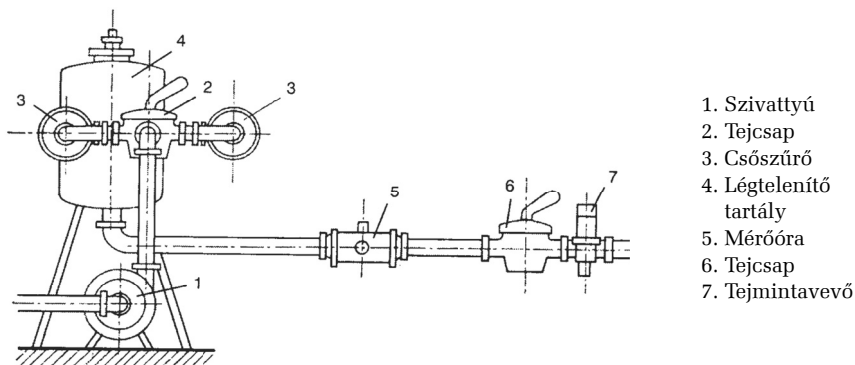
A tej átvétele, minősítése

5.1. Mennyiségi átvétel

Általában térfogat szerint történik, gyűjtőcsarnokokban, tejházakban, tejüzemekben egyaránt. Eszközei: úszós tejmérő (bilaktométer), kannás átvétel, **tartálykalibráció, tejmérő óra**. A termelőhelyi, illetve gyűjtőcsarnoki munka legalapvetőbb és a tej minőségét döntően befolyásoló lépései a tej fejése, szűrése és gyors hűtése. Az ún. gyűjtőcsarnokokban a kistermelők által termelt kis mennyiségű tejtételeket veszik át, azokat szűrik, hűtik, és elszállításig hűtve tárolják. A feldolgozóüzemek a tartálygépjárművön beérkező, különböző termelőktől felvásárolt tejet nagy tételben veszik át. Amennyiben alapvetően jó a nyers tej minősége, úgy a legkritikusabb paraméter a későbbiekben a tej hőmérséklete, ezért megismételjük: a cél az kell legyen, hogy a frissen fejt, vagy jelen esetben az átvett tejet minél előbb, ideális esetben azonnal hűtsük le 5 °C alá. Az üzemi tárolás jellemző berendezései a silók.

A silók és a nagyobb egységű tárolás előnyei:

- a tej lassabban melegszik fel,
- egyöntetű minőségű tejet kapunk, egalizálhatjuk a különböző minőségű tejtételeket, azonos minőségű tej kerül felhasználásra.



5.1. ábra. Átvételi vonal

Az üzemi zárt átvételi vonal részei: szivattyú, légtelenítő tartály, szűrő, mérőóra, visszacsapó szelep, mintavevő hely (esetleg átlagmintavevő automatika), lemezes hűtő, tárolótartály (siló) (5.1. ábra).

5.2. Minőségi átvétel

A felvásárolt tej termelői árát befolyásolja a tej beltartalma (zsír, fehérje, zsírmentes szárazanyag, vizezettség, gátlóanyag-tartalom) és higiéniai tulajdonságai. Az ár általában 3,6%-os zsírtartalmú, min. 8,5% zsírmentes szárazanyagú (esetleg 3,2–3,25% fehérjetartalmú) tejjel vonatkozik. Az e feletti vagy ez alatti zsír (fehérje) százalékot átszámítják kg-ra, és a szerződésben megkötött árhoz hozzáadják vagy levonják. Ha a tejben idegen vizet találnak, a százalékos mennyiségnek megfelelően árlevonást alkalmazhatnak. A mai korszerű átvételi rendszerekben a tej higiéniai állapota határozza meg döntően a tej minőségét. Erről a következő fejezetben szólunk részletesebben.

6. fejezet

A nyers tej minősítése

6.1. Az EU nyers tejjel szemben támasztott követelményei

A tejtermeléssel kapcsolatban az EU-irányelv elvárja, hogy a fejés után azonnal tiszta helyiségbe kerüljön a tej, a termelőhelyen hűtőberendezés szükséges. Amennyiben a tej elszállítása a fejestől számított 2 óra után történik, legalább 8 °C-ra (napi tejszállítás esetén), ennél nagyobb gyűjtési intervallumnál pedig legalább 6 °C-ra kell hűteni.

Ismerni kell a termelői nyers tej fagyáspontját (a nyerstejvívezés kizárására), mikrobaszámát, szomatikus sejtszámát és gátlóanyag-tartalmát. A tehéntej fagyáspontja nem lehet több, mint -0,520 °C, sűrűsége 20 °C-on minimum 1028 g/l legyen (a teljes tejé), fehérjetartalma minimum 28 g/l (összes nitrogén x 6,38), zsírtmentes szárazanyag-tartalma pedig minimum 8,5% legyen.

Az EU-irányelv szerint nem dolgozható fel élelmiszerré az olyan nyers tehéntej, amelynek összes élőcsíraszama nagyobb, mint 100 000/cm³ (2 hónap mértani átlaga, minimum 2 mintavétel/hónap) és szomatikus sejtszáma nagyobb, mint 400 000/cm³ (3 hónap mértani átlaga, minimum 1 mintavétel havonta).

Magyarországon a termelői tej EU-jogszabályokkal harmonizáló, minőségi követelményeit az élelmiszerekről szóló 2003. évi LXXXII. Törvény, A Magyar Élelmiszerkönyv 2.51/01 fejezete, az 1/2003 FVM ESZSCM közös rendelet, a kis-termelőkre vonatkozó speciális előírásokat pedig a 14/2006. (II. 16.) FVM-EüM-ICSSZEM együttes rendelet tartalmazza (6.1. A; B; C táblázat).

6.1. (A, B, C) táblázat. *A nyers tejjel szemben támasztott követelmények*
A: Fizikai és kémiai követelmények (SR 2418/2008)

<i>Jellemző</i>	<i>Követelmény</i>
A tejjelkötőrészek mennyisége ^(a)	A természetes összetételnek megfelelő legyen
Fehérjetartalom, legalább % (m/m) ^(b)	3,2
Sűrűség 20 °C-on, legalább, g/cm ³	1,029
Fagyáspont, °C ^(c)	-0,515 – -0,520 vagy ennél alacsonyabb hőmérséklet
Zsírtartalom, legalább % (m/m)	3,2
Zsírtmentes szárazanyag, legalább %	8,5

(a) A természetes eredetet szükség esetén hivatalos mintavétellel és laboratóriumi vizsgálattal kell ellenőrizni. (b) A tej összes nitrogéntartalma [TN, % (m/m)] szorozva 6,38-cal. (c) A fagyáspontot szükség esetén hivatalos mintavétellel és laboratóriumi vizsgálattal kell ellenőrizni.

B: Higiéniai és mikrobiológiai követelmények (SR 853/2004)

<i>Jellemző</i>	<i>Termelői nyers tehéntej közvetlen fogyasztásra</i>	<i>Termelői nyers tehéntej ipari feldolgozásra*</i>
Mikrobaszám, cfu/cm ^{3(a)}	≤ 50.000	≤ 100.000
Szomatikus sejt szám, sejt/cm ^{3(a)}	≤ 400.000	≤ 400.000
Gátlóanyag ^(b)	Nem mutatható ki.	Nem mutatható ki.
<i>Staphylococcus aureus</i> -szám, bakt./cm ^{3(c,d)}	n=5, c=2, m=100, M=500	n=5, c=2, m=500, M=2000
<i>Salmonella ssp.</i> , bakt./cm ³	n=5, 25 g-ban negatív	–
Egyéb kórokozó mikroorganizmusok és/vagy toxinjaik	Nem mutathatók ki a fogyasztó egészségét veszélyeztető mennyiségben.	–

(a) A hatályos rendelet szerint számított mértani átlag alapján, havonta legalább 3 vizsgálattal.

(b) Az élelmezés-egészségügyi határértékeket a vonatkozó jogszabályok tartalmazzák.

(c) A vizsgálatot azokból a nyerstehéntej-tételekből kell elvégezni, amelyekből hőkezelés nélkül állítanak elő tejalapú terméket.

(d) n: A mintát alkotó elemi minták száma.

m: Mikrobaszám-küszöbérték. Az eredmény akkor megfelelő, ha a mikrobaszám egyetlen mintában sem több, mint „m”.

M: A mikrobaszám maximális értéke. Az eredmény akkor nem megfelelő, ha a mintaegységben a mikrobaszám „M” vagy több.

c: Azon mintaegységek száma, amelyekben a mikrobaszám „m” és „M” között lehet. A minta akkor elfogadható, ha a többi mintaegység mikrobaszáma ≤ „m”-mel.

C: Érzékszervi követelmények (SR 2418/2008)

Külső:	fehér vagy sárgásfehér színű, egynemű, látható elváltozásoktól mentes, a felfölözödött zsírréteg keveréssel eloszlatható
Szag:	jellegetes, idegen szagoktól mentes
Íz:	jellegetes, enyhén édeskés, telt, idegen ízekből mentes

Egyes jellemzőket értelemszerűen a termelőhelyen vagy a tejgyűjtőcsarnokban vizsgálnak (pl. a tej mennyisége, hőmérséklete, savfoka stb.). A beérkező alapanyagot a tejüzemekben minden esetben – a feldolgozhatóság szempontjából – vizsgálni, illetve minősíteni kell. Az érvényben lévő rendeletek szerint „a feldolgozásra és forgalomba hozatalra szánt termelői tejet a termelő gazdaságban vagy a tejgyűjtőben vett egyedi mintából havonta legalább három alkalommal a kijelölt nyerstej-minősítő laboratóriumban kell minősíteni” (41/1997./V.28. FM. rendelet).

A tej vizsgálatát akkreditált nyers tejminősítő laboratóriumok végezhetik. A nyers tejminősítő laboratóriumokban a szabványban előírt minőségi jellemzőkre vizsgálják meg a tejet, a nemzetközi előírásoknak megfelelő vizsgálati módszerekkel. A laboratóriumokban folyó szakmai munkát az erre a célra kijelölt intézmény rendszeresen ellenőrzi. A laboratórium a főfelügyelet irányításával szervezi a termelő nyers tej mintavételét, a 16/1992. (V.26.) FM–NM együttes rendeletben előírtak szerint, termelőnként és havonta legalább három alkalommal (dekádonként).

A mintavétel részletes szakmai követelményeit az MSZ ISO 707 Tej és tejtermékek mintavételi módszerei című szabvány írja elő.

A mintavétel időpontja titkos, arról a tejüzem illetékes vezetőjén kívül más a laboratóriumtól információt nem kaphat. A tárgyható mintavételi időpontjait a laboratórium – véletlenszerű elosztást alkalmazva – köteles a tárgyható megelőző hónap 25-ig a tejüzem illetékes vezetőjének, saját kezű felbontásra címzett borítékban megküldeni. A laboratórium csererendszerben biztosítja a mintavételekhez szükséges, konzerválószerrel ellátott mintásedényeket, garantálja annak sterilitását, előírja és ellenőrzi az edények tárolásának módját és időtartamát. A laboratórium a mintavételek lebonyolításához – szükség esetén – szaktanácsot ad. Ellenőrzi a mintajelölést és a mintavételi jegyzőkönyv tartalmát és formáját. Gondoskodik a megvett és a mintagyűjtő centrumokban összegyűjtött minták beszállításáról. A mintavételt és mintaszállítást a laboratórium köteles úgy megszervezni és lebonyolítani, hogy a minták a mintavételtől számítva 30 órán belül feldolgozásra kerüljenek. 30 órán túl a minta nem dolgozható fel, ill. az ilyen minta vizsgálati eredménye a minősítés alapjául nem szolgálhat. Rendkívüli esetben a szomatikus sejtszám és a beltartalom vizsgálata a mintavételtől számított 30 órán túl is történhet, amennyiben káliumbikromátos tartósítószer (0,1%) is használunk a rutin eljárásban alkalmazott tartósítószerrel együtt.

A laboratórium a minta feldolgozása előtt köteles ellenőrizni a mintavétel időpontját, a minta sértetlenségét, a mintát kísérő jegyzőkönyv szabályszerűségét, a minta állapotát (pH és/vagy SH°, hőmérséklet) és minden olyan körülményt, amely a minta valóságát érintheti. Köteles a minta feldolgozását megtagadni vagy a vizsgálati eredményt visszatartani, ha olyan körülményt észlel, amely a mintavételt vagy a minta valóságát megkérdőjelezi. Ilyen esetben új mintavételt és vizsgálatot kell elrendelni. A mintát minden nap egytől kezdődő, ún. **laboratóriumi sorszámmal ellátva** kell feldolgozni. A mintákat vonalkóddal vagy kódszámmal ellátva számítógép identifikálja.

Minőségi átvétel az üzemben: Az üzemi átvételnél is fontos a tej bizonyos jellemzőinek vizsgálata, amellyel egyrészt a belső elszámolást, másrészt a nemkívánatos minőségű tej kiszűrését, válogatását teszik lehetővé, el lehet dönteni, hogy a beérkezett tej milyen termék gyártásának alapanyag-minőségi igényeit elégíti ki, így bizonyos minőség szerinti osztályozás, gyűjtés valósulhat meg (*pl. jó alvadási késég – kefir; joghurt; jó hőállóság – féltartós tej*).

A gyakorlatban a feldolgozók az alábbi vizsgálatokkal minősítik a beérkező nyers tejet. A nagyobb feldolgozók általában az elegytej pontos beltartalmi értékeit is vizsgálják műszeresen, hogy e fontos adatok azonnal a feldolgozás rendelkezésére álljanak.

Hőmérséklet: 5 °C alatt a tej nem igényel hűtést átvételkor.

Savfok (SH°): 6,0–7,2 SH° között.

– 6,0 SH° alatt vizezésre, tőgygyulladásra, mosószermaradványra gyanús.

– 7,2 SH° felett savanyodásnak indult tej (tejsavbaktériumok elszaporodása miatt).

– 8–9 SH°-ig csökkentett hőfokon pasztörözhető, főlözhető, a kinyert tejszín SH°-a plazmacserével és szódadikarbónával csökkenthető.

– 10–12 SH°-nál már alacsony pasztörözési hőmérsékleten is kicsapódhat a tej.

Sűrűség: 29,0–33,0 Ld°, de minimum 8,5% zsírmentes szárazanyag legyen.

$$\text{Számítással: zsírmentes szárazanyag} = \frac{\text{zsír}\%}{5} + \frac{\text{Ld}^\circ}{4} + 0,25$$

A magasabb sűrűségű tejet célszerű sajtjélék és túró gyártására felhasználni, ha nincs meg a zsírmentes szárazanyag 8,5%-a, akkor sovány tejjel kell vagy lehet pótolni.

Zsír tartalom: A tej zsírtartalmát a belső elszámoláshoz és a zsírbeállítás miatt feltétlenül szükséges ismerni.

Fizikai tisztaság: Fontos és egyszerű jellemzője a tejhigiénének. A tejben lévő szennyező részecskék igen sok mikroorganizmust tartalmazhatnak, amelyek a nyers tej gyors romlását okozhatják. A gyakorlatban legalább egyszer mindig megsűrítik a tejet a feldolgozás előtt is. Vizsgálható még:

White-side próba: tőgygyulladás kimutatására használják, *savanyított tejtermékek, sajtok tejét célszerű vizsgálni.*

Alkoholpróba: a tejfehérjék hőállóságát vizsgáljuk vele, *ultrapasztörözéskor, sűrített tej, tejjel gyártásakor kell vizsgálni.*

Delvotest-próba, Chalm-teszt: gyors módszer a gátlóanyag-tartalom vizsgálatára.

A tapasztalatok azt jelzik, hogy a nagyobb termelőhelyeken általában nincs alapvető probléma a tej minőségével. A kistermelők által termelt tej minősége azonban még napjainkban is igen sokszor gyenge, esetleg osztályon kívüli minőségű. Ennek oka leginkább a magas csíraszám. Sajnos ha ilyen tejtétel kerül átvételre a gyűjtőcsarnokban, akkor a gyűjtött elegy tej minősége sínlyi meg a rossz egyedi minőséget. Költséges, ám végrehajtható a már a gyűjtőhálózatban elvégzett higiéniai gyorsminősítés, amelyhez többféle gyors teszt áll a termelők, gyűjtők rendelkezésére. Ezekkel a tesztekkel kiszűrhetők a notórius „rossz tej”-termelők és velük szemben a közösség vagy a gyűjtő üzemeltetője valamilyen formában felléphet. Továbbiakban részletesebben bemutatjuk a tej higiéniai minősítésében szerepet játszó jellemzőket.

6.2. Csíraszám (SR EN ISO 4833:2003)

A csíraszám és annak összetétele alapvetően meghatározza a tej és tejtermékek feldolgozhatóságát és eltarthatóságát. A mikroorganizmusokról az előző fejezetekben részletesebben szóltunk.

6.3. Szomatikus sejtszám (SR EN ISO 13366–1:2008)

A tejből található szomatikus sejtek részben a tehén tőgyéből, illetve a vérből a tejbe kerülő elhalt sejtek, sejtes elemek. Szomatikus sejteket az egészséges tőgyű tehén tejében is találunk. A tehén szervezetében fellépő kóros folyamatok (betegségek), különösen tőgygyulladás esetén a mikrobatartalom mellett megnő a tej sejttartalma, és a sejtképe minőségileg is megváltozik. Ezért a sejtkép jól tájékoztat a tőgy immunbiológiai állapotáról, esetleges betegségről, és ezen keresztül a tej higiéniai minőségéről, illetve további feldolgozhatóságáról.

A túlságosan magas sejtszám ($500\ 000\ \text{db}/\text{cm}^3$ felett) a nem megfelelő tőgyhigiénéért, leggyakrabban tőgygyulladásra utal. Ugyanakkor sajnos technológiai problémákat is okoz, ami egyrészt a megváltozott tejösszetétel eredménye (szekrécióhibás tej), másrészt a nagyobb hőérzékenység, a felborult sóegyensúly (pl. magas kloridtartalom), rossz alvadási képesség és a kedvezőtlen érzékszervi elváltozások jellemzik. A tej sejtes elemeit a következők szerint csoportosíthatjuk:

- limfociták,
- leukociták,
- mononukleáris sejtek,
- magtöredékek és sejttörmelékek,
- speciális sejtek és sejtfarmák.

A tej sejttartalmának mintegy 30%-át a **leukociták** teszik ki. Tőgygyulladás esetén számuk akár három nagyságrenddel is emelkedhet, és arányuk elérheti a 95%-ot is. Legfontosabb szerepük a fagocitózis (bekebelezés).

A **limfociták** a szervezet immunrendszerében, a betegségre adott válaszban játszanak nagyon fontos szerepet. A mononukleáris sejtek nagyobbik része élő sejt, amelyek makrofágoknak (falósejteknek) tekinthetők. Több makrofág egyesüléséből jönnek létre az óriás sejtek, melyek a tej monocita-makrofág rendszer részét képezik.

A **magtöredékek és a sejttörmelékek** eredete nehezen tisztázható. Mind a frissfejős, mind az öregfejős tehének tejében nagyobb számban fordulnak elő, de ugyanezt tapasztaljuk gyógyult vagy idült tőgygyulladások esetében is. A tej sejtszáma a tőgygyulladásokon mint legfontosabb tőgybetegségeken kívül különböző környezeti és élettani tényezők hatására is változhat. Az egyedi eltéréseken kívül igen gyakran egy állat négy tőgynegyede között is jelentős különbségek vannak a szomatikus sejttartalommal illetően. Az emelkedett sejttartalmú tej a feldolgozás során gyakran okoz veszteségeket. A veszteségek abból adódnak, hogy a tej – a megváltozott összetétel miatt (6.2. táblázat) – az egyes technológiai műveletek során nem a megszokott módon viselkedik.

6.2. táblázat. A tej összetételének megváltozása tőgygyulladás esetén

Összetevők	Normál tej (%)	Tőgygyulladássalos tej (%)	Értéke a normál tejhez képest (%)
Zsír	3,5	3,2	91
Zsírmentes szárazanyag	8,9	8,8	99
Laktóz	4,9	4,4	90
Össz. fehérje	3,61	3,56	99
Össz. kazein	2,8	2,3	82
Savófehérje	0,8	1,3	162
Szérumalbumin	0,02	0,07	350
Nátrium	0,057	0,105	184
Klorid	0,091	0,147	161
Foszfát	0,173	0,157	91
Kalcium	0,12	0,04	33

A fentiek alapján nem nehéz belátni a szomatikus sejtartalomnak a gazdagsággal való összefüggését. Külföldi vizsgálatok alapján pl. Cheddár sajtoknál a szomatikus sejtszám 240 000-ról 640 000-re emelkedése esetén mintegy 0,3%-os kitermelés-csökkenést állapítottak meg (9,74%-ról 9,43%-ra).

6.4. Tejidegen gátlóanyag-tartalom

Itt említjük meg a tejipari szintenyészetek használatát veszélyeztethető nem természetes eredetű anyagokat. Nem természetes alkotói a tejnek, és a technológiai gondokon túl humán-egészségügyi problémát is okozhatnak. Jellemzően a takarmányon lévő növényvédő- és gyomirtó szerek, a beteg állatok kezelésére használt gyógyszerek (antibiotikumok), a tejnyerés és -kezelés során alkalmazott tisztító- és fertőtlenítőszeresek, illetve ezek maradványai közül kerülnek ki. Érdekes jelenség, hogy a tesztek során gátlóanyag pozitív minősítést okozhat a főcstej is.

A tejjel érintkező felületek tisztogatására, fertőtlenítésére használt oldatokból származó vegyszermaradékok akkor kerülhetnek a tejbe, ha a tisztogatási technológia során nem fordítottak kellő figyelmet ezeknek a kis mennyiségben is nagy gátló hatással bíró vegyszereknek a tejvezetékekből, gépekből stb. alapos öblítéssel történő eltávolítására. Nem mindenki látja be az ilyen vegyszermaradványok negatív hatásait, pedig főleg a fertőtlenítőszereket éppen azért alkalmazzuk, hogy a káros mikroorganizmusok elpusztításával megakadályozzuk a tej utófertőződését. Mivel a fertőtlenítőszeresek nem mikrobaspecifikusak, ezért a károsak mellett elpusztítják a számunkra hasznos mikroorganizmusokat is. Ráadásul ha nagyobb mennyiségű fertőtlenítőszer kerül a tejbe, annak természetes érzékszervi következményei is lesznek. **Jegyezzük meg, hogy a tisztítószerekkel, fertőtlenítőszeresekkel történő szennyezés kizárólag emberi mulasztásokra vezethető vissza.**

A tejidegen gátlóanyagok ugyancsak fontos csoportja a tehének gyógykezelése során alkalmazott antibiotikumok és antibiotikum-tartalmú gyógyszerek, amelyek a vérárammal vagy a tőgyről kerülhetnek a tejbe. Amennyiben ilyen anyagok kerülnek a tejbe, egyrészt technológiai problémákat okoznak, másrészt a fogyasztó számára közvetlenül is veszélyeket hordozhatnak, így pl. mérgezést, esetleg allergiás reakciókat okozhatnak. A gátlóanyagok feldolgozással kapcsolatos problémái szintén ott látványosak, ahol tejipari szintenyészeteket alkalmazunk, vagy az alvasztás valamilyen formájával állítjuk elő a terméket.

Az egyes tejipari kultúrákat alkotó törzsek, azok variánsai, sőt fenotípusaik antibiotikum-érzékenysége igen eltérő lehet. A tejbe belekerülhet annyi antibiotikum, hogy az már a tej **savanyodását késlelteti**, és az alvadási idő meghosszabbodása akadályozza a termelést. A keletkező **alvadék lágy** és hajlamos lesz a **nagyfokú szinerézisre**, túró- és sajtgyártáskor jelentős lesz az **alvadékpórlás**, a **zsír- és fehérjevesztés**, a savanyú tej- és tejszínkészítmények fizikai tulajdonságai romlanak. **Érzékszervi elváltozások** is jelentkeznek, üres, aromátlan íz és szag lesz megfigyelhető. A **sajtérésben nehézségek** jelentkeznek, és az érlelt sajt pH-ja is kedvezőtlen lesz. Az antibiotikum-maradványok a sajtok **tárolhatósági idejét** is lerövidíthetik, továbbá a sajtok **lyukazottsága** is zavart, gyér lehet, és a fehérjebomlás gátolt. Gyakori a keserű íz megjelenése, és a **sajtok színe** is eltérhet a normálistól. A tejipari szintenyészetek mikroorganizmusai morfológiailag is megváltoznak a penicillin jelenlétében. A nemkívánatos mikroorganizmusok, mint pl. a *coliformok* vagy egyes *Streptococcusok*, *Mikrococcusok* és a *Staphylococcusok*, amelyek szerzett vagy öröklött rezisztenciával rendelkeznek, az eredeti kultúrát túlnövik, és a terméket élvezhetetlenné, esetleg veszélyessé is tehetik, teszik.

Annak érdekében, hogy a tej erjedésgátló tejidegen anyagot ne tartalmazzon, a **fertőtlenítést, tisztogatást mindig gondosan kell elvégezni**, az **antibiotikummal** kezelt tehének tejt a kezelés befejezése után csak az előírt hosszúságú, a gyógyszer kiürülését biztosító **várakozási idő** után szabad forgalomba hozni. A tejben jelen lévő gátlóanyagok még megengedett élelmezés-egészségügyi határértéke legfeljebb 0,003 I.E. penicillin/cm³, ami a kimutathatóság határértéke.

7. fejezet

A tejfeldolgozás fontosabb műveletei

7.1. Fölözés

Fölözés fogalma: A tejnek tejszínre és sovány tejre való szétválasztása.

7.1.1. A fölözés elméleti alapjai

A magára hagyott tej egy idő után magától feladja zsírtartalmának jelentős részét. Ez **a természetes vagy spontán felfölöződés**. Ipari méretben nem alkalmazható ilyen lassú szétválasztás (~0,4 cm/óra), ezért a fölözőgépekben a centrifugális erőt használjuk a folyamat (negatív ülepedés) gyorsítására. A korszerű fölözőkben a felfölöződés sebessége kb. 5–7000-szeresére nő (0,3–0,5 cm/sec!). A tej felfölöződése a tejszír és a tejlazma (a tej zsírmentes része) közötti sűrűségkülönbségen alapszik. A tejszír sűrűsége 15 °C-on átlagosan 0,94 g/cm³, ezzel szemben a plazma sűrűsége mintegy 1,035 g/cm³. Ez a sűrűségkülönbség teszi lehetővé a tej zsíros részének (a tejszínnek) a plazmarésztől való elkülönítését. Emellett az elkülönülési sebességet és mértékét még a következő tényezők befolyásolják:

- a zsírgolyócskák mérete,
- a zsírgolyócskák halmazképződése és
- a tej viszkozitása.

A zsírgolyócskák mérete. A zsír a tejben lipid-fehérje burokkal körülvett golyócskák alakjában van. A zsírgolyócskák nagysága viszonylag széles határok, 1–20 mikrométer között változik. A hazai tejek zsírgolyócskáinak átmérője átlagosan 2–4 mikrométer. Minél több az átlagosnál nagyobb zsírgolyócskák aránya, annál gyorsabb és tökéletesebb az elkülönülés. A gyakorlatban a fölözés során általában az 1 mikronnál nagyobb zsírgolyócskák különíthetők el a plazmából. A sovány tejben mindig marad kis mennyiségű zsír, ezért a sovány tej zsírtartalma a legjobb fölözéssel sem csökken 0,005–0,01% alá.

A zsírgolyócskák halmazképződése. A gyakorlati tapasztalatok szerint a tej gyorsabban fölöződik fel, mint ahogy a zsírgolyócskák átlagos átmérőjét alapul véve kiszámítható. Ennek az a magyarázata, hogy a tejben lévő zsírgolyócskák egy része halmazokba tömörül, és ezek a halmazok úgy viselkednek, mintha nagy zsírgolyócskák lennének. Hőkezelés hatására, 61 °C hőmérséklet felett a zsírgolyócskahalmazok szétesnek. Ezért is fölözhető nehezebben a hőkezelt tej. A szivattyúzás, rázás ugyancsak szétaprózza a zsírgolyócskahalmazokat, így szintén romlik a tej fölözhetősége.

82 ■ 7. A tejfeldolgozás fontosabb műveletei

A *viszkozitás*. A tej viszkozitása nagyobb, mint a vízé, mértéke a hőmérséklettől függ. A hőmérséklet emelkedésével a viszkozitás csökken, és a felfölöződés sebessége nő. A viszkozitás csökkentése végett a fölözéshez a tejet fel kell melegíteni. Tekintve, hogy 61 °C hőmérséklet felett egyrészt a zsírgolyócskahalmazok szétbomlanak, másrészt a viszkozitás már kisebb mértékben csökken, a tejet általában 40–50 °C közötti hőmérsékletre melegítjük fel. A fölözési hőmérséklet megválasztásakor még egy tényezőt: a *tejszír és a plazma sűrűségkülönbségét* is számításba kell venni. Ez a sűrűségkülönbség ugyancsak függ a hőmérséklettől. A zsír sűrűsége a hőmérséklet emelkedésével nagyobb mértékben csökken, mint a plazmáé. A viszkozitás és a sűrűségkülönbség optimuma 40–50 °C hőmérséklet között van, ami szintén a gyakorlatban alkalmazott fölözési hőmérsékletet indokolja. Ekkor optimális ugyanis a *centrifugális ülepedés*, azaz a tejszír és plazma elkülönülése. A magasabb hőmérsékletre melegítés nem javítja, sőt rontja a fölözhetőséget, ugyanis a zsírgolyócskák membránfehérjei a magas hőmérséklet hatására denaturalódnak, ezáltal folyékony zsírfrakció kerül a plazmába, ami ott elaprózódva nem fölözhető. A felfölöződés sebessége a centrifugában az alábbi képlettel számolható:

$$\nu = \frac{d^2 (\rho_{zsír} - \rho_{plazma})}{18\eta} r\omega^2$$

ahol:

- d = a zsírgolyócska átmérője (m),
- ρ = a fázisok sűrűsége (kg/m³),
- η = viszkozitás (Pa·s),
- ω = szögsebesség (rad/s).

A centrifugákat jól jellemzi az ún. jelzőszám, amelyet felhasználhatunk centrifugális térben történő ülepedési sebesség kiszámításához.

$$\frac{m \cdot r \cdot \omega^2}{m \cdot g} = \frac{r \cdot \omega^2}{g} = j \quad (\omega = 2 \pi n)$$

ahol:

- j = jelzőszám,
- m = tömeg (kg)
- r = a tányérsorozat sugara (m),
- g = gravitációs gyorsulás (9,81 g/s²),
- n = fordulatszám (s⁻¹).

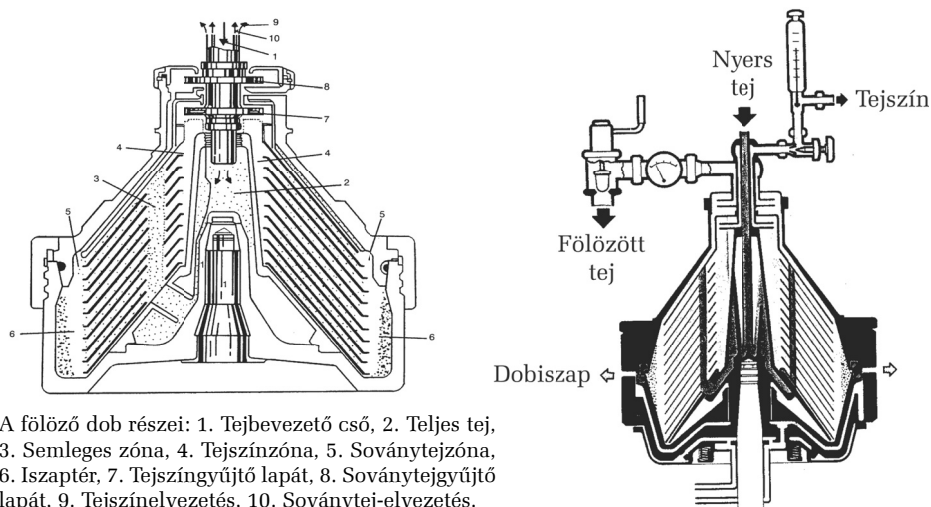
Ebből egyszerűsítve:

$$v_{centrifugális} = j \cdot v_{természetes\ ülepedés}$$

ahol: az első képletből $v_{természetes\ ülepedés} = \frac{d^2 \cdot g \cdot (\rho_{plazma} - \rho_{zsír})}{18\eta}$

7.1.2. A fölözés gyakorlata

A tej üzemi fölözésére általában 5000–20 000 liter/h teljesítményű, tányéros fölözőgépet használnak. A fölözőgép technológiailag legfontosabb része a dob, ahol a tejszín és a sovány tej elkülönülése megy végbe (7.1. ábra). A forgó dobban a nagyobb sűrűségű plazmarész (a sovány tej) elválik a kisebb sűrűségű résztől, a tejszíntől, a sovány tej a dob külső része, a tejszín a dob tengelye felé áramlik. A legnagyobb sűrűségű részecskék (szennyrészecskék, sejtes elemek) pedig a dob falára rakódnak, ez alkotja a dobiszapot. A fölözés a gépben folyamatosan megy végbe. Az ipari méretű fölözők általában 5–10–15–20 000 liter átfolyás/óra teljesítményűek.



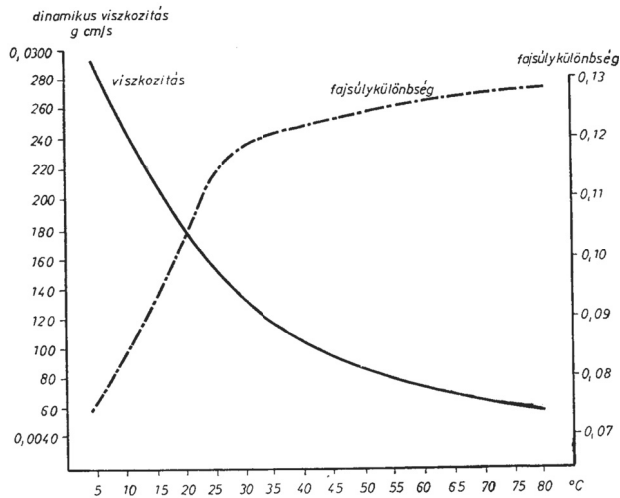
A fölöző dob részei: 1. Tejbevezető cső, 2. Teljes tej, 3. Semleges zóna, 4. Tejszínzóna, 5. Soványtejzóna, 6. Iszapter, 7. Tejszíngyűjtő lapát, 8. Soványtejgyűjtő lapát, 9. Tejszínelvezetés, 10. Soványtej-elvezetés.

7.1. ábra. Fölözőgép

A fölözéshez a tejet elő kell melegíteni. A melegítés hatását a tej sűrűségének és viszkozitásának alakulására a 7.2. ábra mutatja. Előmelegítésre a lemezpasztőr berendezést használjuk: a fölözőgépet a pasztőr első és második hőcserélője közé iktatjuk be. Az első hőcserélőből – ahol a tej általában 35–45 °C hőmérsékletre melegszik fel – a tejet a fölözőgépbe vezetjük, majd a fölözött vagy a kívánt zsírtartalmú tejet a fölözőgép kivezető nyomásával visszavezetjük a pasztőr második hőcserélő szakaszába.

Fölözéshez hibátlan, nem savanyú tejet kell használni. Egyrészt azért, mert a tejszín és a sovány tej is savanyú vagy savanykás lesz, másrészt azért, mert a nagyobb savfokú tejben már finompelyhes kicsapódások lehetnek, amelyek a fölözőgéptányérok között vagy az iszapteret eltömhetik, és így a további fölözés lehetetlenné válik. A tejszín zsírtartalma a tejszín-sovány tej arányának módosítá-

sával szabályozható. Nyitott rendszerű fölözőgépeken általában a tejszínkivezető nyílás szűkítésével vagy bővítésével (a tejszín-csavarral) lehet a tejszín-sovány tej arányát és ezzel a tejszín zsírtartalmát változtatni. A zárt kivezetésű gépeken üzemelés közben – a tejszínszelep szabályozásával – lehet a tejszín zsírtartalmát változtatni. A tejszínvezetékbe általában beiktatják a távozó tejszín mennyiségét jelző műszert (közvetlen leolvasású rotamétert), amely liter/óra kalibrálású, és a leolvasott érték alapján lehet a tejszín zsírtartalmát számítással beállítani. A tejszín zsírtartalmát a felhasználási célnak megfelelően, a fölözéskor állítjuk be. A fölözőgépekkel 10–60% zsírtartalmú tejszín nyerhető.



7.2. ábra. A tej sűrűségének és viszkozitásának változása melegítés hatására

A *dobiszap* vagy *centrifugaiszap* szürkés színű, nyálkás, gumyszerű anyag. Mennyisége a tej 0,01–0,2%-a. Főleg fehérjeszerű anyagokból, kisebb részben zsírból, egyéb szerves anyagokból és ásványi anyagokból áll. Mivel a dobiszapban rengeteg a baktérium, főleg patogén mikrobák, a dobiszapot megfelelő előkezelés után meg kell semmisíteni. Egy gramm dobiszap egyébként mintegy 300–400 millió db csírárt tartalmaz.

A fölözés legfontosabb fogalmai:

A fölözés élessége: a fölözés élességén azt értjük, hogy a sovány tejben mennyi zsír marad vissza. A fölözés élessége függ a fölözőgép konstrukciójától és műszaki állapotától, a zsírgolyócskák méretétől és a tej felfölöződő képességétől, a tej viszkozitásától. A teljesen zárt fölözőgépekkel 0,005% soványtej-zsírtartalom érhető el.

A fölözés foka: a fölözési fok azt mutatja meg, hogy a fölözésre került tej zsírájának hány százaléka ment át a tejszínbe. Ez az érték gyakorlatilag a fölözés élességének ellentettje.

A *fölözési százalék*: a fölözési százalék azt fejezi ki, hogy 100 liter tejből mennyi tejszín kaptunk százalékban kifejezve, vagyis a tejszín-savanyú tej arányát adja meg (7.1. táblázat). A fölözési százalék a fölözőgépeken a tejszín-savanyúval szabályozható, és általában 12–13% között mozog, ha a tejszín zsírtartalma 28–30%.

Speciális szeparátorok az ún. tisztító centrifugák, amelyek a tej tisztítására, baktófogák esetén pedig a mikroorganizmusok, elsősorban a baktériumspórák eltávolítására szolgálnak.

7.1. táblázat. *Fölözési arány és a tejszín zsírtartalma közötti összefüggés*

<i>Fölözési százalék</i>	<i>arány</i>	<i>A tejszín zsírtartalma %, ha a teljes tej zsírtartalma pl. 3,70%</i>
9	1 : 10	40,5
10	1 : 9	36,4
11	1 : 8	33,1
12	1 : 7,5	30,3
13	1 : 6,7	28,0
14	1 : 6,1	26,0
15	1 : 5,7	24,3
16	1 : 5,3	22,8
17	1 : 4,9	21,4
18	1 : 4,6	20,2
19	1 : 4,3	19,2
20	1 : 4	18,2

Egyes fölözőkben speciális keverőszeleppel, csappal lehetőség van a tejszín egy részének visszavezetésére a fölözött tejbe. Ezzel be tudjuk állítani a gépből kilépő tej kívánt zsírtartalmát. Ebben az esetben a gyártás ideje lerövidülhet, hiszen a megfelelő zsírtartalmú köztes termékek összevételét és a tartályban történő utólagos összekeverést nem kell elvégezni. A legkorszerűbb gépeken a szükséges tejszínmennyiség visszakeverését automatika irányítja az előre megadott kívánt tejszírtartalomnak megfelelően, amelyet folyamatosan mérnek. A fölözőgépekkel tehát a következő műveletek elvégzése lehetséges:

- *fölözés*, amikor nincs tejszín-visszavezetés,
- *fölözés*, amikor a tejszín egy részének visszavezetésével folytonos *zsírbeállítás* is végzünk,

- *tisztítás*, amikor az összes keletkező tejszín visszavezetjük a fölözött tejbe.

A tejszín zsírtartalmát annak felhasználását figyelembe véve állítjuk be, így pl. habtejszín gyártásához 30%-ra, hagyományos vajgyártáskor édes tejszínvajhoz 35–40%-ra, savanyú tejszínvajhoz 28–30%-ra, folytonos vajgyártáshoz 40–50%-ra, homogénezéses túrógyártáshoz 25–30%-ra stb.

7.2. Hőkezelés

Az Európai Unióban rendelet írja elő az ipari feldolgozásra kerülő nyers tej hőkezelését. Ennek célja az élelmiszer-biztonság garantálása, azaz hogy a tejtermékekbe ne kerülhessen a nyers tejből semmilyen kórokozó mikroba. Hangsúlyozni kell azonban, hogy ez nem azt jelenti, hogy a nyers tejben vannak kórokozók, amennyiben azonban mégis lennének, úgy azokat garantáltan el kell pusztítani. Ennek legegyszerűbb módja a tej esetében a hőkezelés. A hőkezelés hatására bekövetkező változásokat a 7.2. táblázat mutatja.

A 92/46. sz. EU direktíva (mód.: 94/71.) megfogalmazása szerint a tej hőkezelése: „a nyers tej és tejalapú termékek előállítására szolgáló üzemi tej negatív foszfatáz-reakciót eredményező hevítése”. Tejtermékek gyártására csak a legalább 71,7 °C-on 15 sec-ig, vagy ezzel egyenértékű hőkezeléssel kezelt tej használható fel!

7.2. táblázat. Hőkezelés hatására bekövetkező változások a tejben

<i>Alkotórész</i>	<i>Hő indukálta változás</i>
Emulziós fázis	
Zsír	Laktonok, metilketonok és más illékony anyagok képződése. Hidrolízises bomlás.
Zsírgolyómembrán	Membránfehérje (euglobulin) denaturáció.
Kolloid fehérjefázis	
Kazein	Részleges hidrolízis, glükomakropeptid leválása megkezdődik a κ -kazeinről. Foszfortartalom csökkenése (defoszforizáció). Molekulaaggregáció, vagy az aggregátumok szétesése.
Savófehérjék	Denaturáció és aggregáció, immunglobulinok inaktiválódása, Aktív SH-csoportok képződése (aggregáció β -kazeinnel és más savófehérje-molekulákkal, főtt íz), α -laktalbumin- β -laktoglobulin kölcsönhatás.
Aminosavak	Bomlás izovegyületekké. Aminosav-tejcukor kölcsönhatás (Maillard-reakció, barnulás), lizintartalom csökkenése. Aminosav-aminosav kölcsönhatás, pl. lizinoalanin-képződés.
Oldatfázis	
Vitaminok	Vízoldható vitaminok bomlása.
Ásványi anyagok	Oldhatatlan Ca-foszfát képződés, Ca, P, Mg új egyensúlya a kolloid- és az oldatfázis között.
Enzimek	Eltérő mértékű inaktiváció.
Gázok	Az oldott oxigén, nitrogén és szén-dioxid mennyisége csökken.

A legtöbb esetben a tej feldolgozása során gyakorlatilag minden egyes liter tejet hőkezelünk (7.3. táblázat). Ezt elsősorban humán-egészségügyi szempontok (mikroorganizmusok elpusztítása), illetve előírások indokolják, de biztonságo-

sabb gyártást, sőt némely esetben a termék jellegének, érzékszervi tulajdonságainak kialakítását is célozza. Nyilvánvaló előnyei mellett azonban hátrányai is vannak a tej hőkezelésének, melyekről még szót ejtünk.

7.2.1. A tej hőkezelésének elméleti alapjai

A pasztörözés 100 °C alatti hőkezelés, melynek célja: a kórokozó baktériumok teljes, egyéb baktériumok minél nagyobb mértékű elpusztítása úgy, hogy a tej eredeti jellege lehetőség szerint megmaradjon. A tejipari gyakorlatban a pasztörözés különböző formáit (UHT is!) és némely terméknel a sterilizést alkalmazzák.

7.3. táblázat. A tejiparban alkalmazott hőkezelési eljárások

Hőkezelési eljárás	Hőmérséklet (°C)	Hőntartási idő (s)	Alkalmazási példa
Kíméletes pasztörözés	62–65	1200–1800	Egyes sajtok
Gyors pasztörözés	72–76	15–40	Sajtfélék, fogyasztói tej
Pillanatpasztörözés	85–95	1–5	Tej, tejszín, savanyú készítmények, túrótej, desszertek
Ultrapasztörözés	136–150	2–8	Féltartós, tartós tej és ízesített tejkészítmények, habtejszín
Sterilizés	110–120	1200–2400	Kávetejszín, sűrített tej

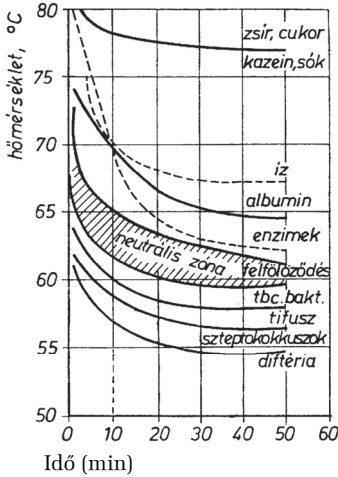
Természetesen a közöltektől eltérő hőmérsékletű és hőntartású hőkezelést is alkalmaznak a céltól és terméktől függően, pl. fagylaltkeveréknél 75–80 °C 30–40 s hőntartással, vagy az ömlesztett sajtoknál 80–120 °C, akár 4–15 perces hőntartással.

A MÉ megfogalmazása szerint: a **termizálás** 57–68 °C közötti hőmérsékleten, legalább 15 másodperces hőntartással végzett kíméletes hőkezelés, amely után a tejben a foszfatázpróba még pozitív. **Ez az eljárás azonban nem felel meg** a negatív foszfatáz reakciót adó hőkezelési előírásnak, így ipari méretekben nem, vagy csak speciális esetekben alkalmazható (pl. termizált nyers tejből történő sajtgyártás esetén). Amíg a gyorspasztörözés pozitív peroxidáz és negatív foszfatáz reakciót, addig a magas hőmérsékletű hőkezelés egyaránt negatív foszfatáz és peroxidáz reakciót kell hogy adjon.

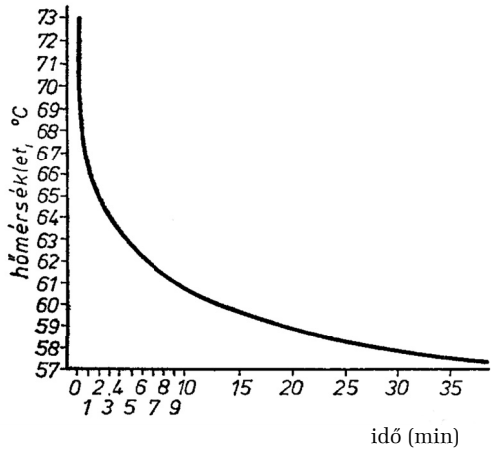
A tejipari szaknyelv alkalmazza továbbá a kíméletes (tartós) pasztörözés (62–65 °C, 1800 s) és a pillanatpasztörözés (85–95 °C, 1–5 s) fogalmakat. A tartós pasztörözés pozitív, míg a pillanatpasztörözés negatív peroxidáz reakciót mutat. A hőkezelés módja, az alkalmazott hőmérséklet és időtartam különböző mértékben befolyásolja a csírapusztulást és a tej tulajdonságait (7.3. ábra).

A különböző mikroorganizmus-fajok hővel szembeni érzékenysége igen különböző. Általában minél nagyobb a baktérium optimális és maximális szaporodási hőmérséklete, annál nagyobb a hőrezisztenciája. A spórák baktériumok elpusztításához sokkal nagyobb hődózis szükséges, mint a vegetatív sejtekéhez.

A hőkezelés során az egyik legfontosabb cél a patogén mikroorganizmusok elpusztítása. A patogén, nem spórás baktériumok között a *Mycobacterium tuberculosis* a leghőállóbb, ezért általában a hőkezelési eljárások kialakítására olyan hőmérsékletet és annak megfelelő hőtartási időt választottak, hogy ez a mikroba biztosan elpusztuljon. Ebben az esetben ugyanis a többi patogén, nem spórás baktérium is elpusztul (7.4. ábra).



7.3. ábra. A hőkezelés hatása



7.4. ábra. A *Mycobacterium tuberculosis* hőpusztulása

Adott hőmérsékleten, meghatározott ideig folytatott hőkezelés hatásosságát a következő fontosabb tényezők befolyásolják:

A mikrobák hőrezisztenciája és előélete. A legtöbb mikroba hőérzékenysége annál nagyobb, minél kisebb hőmérsékletű közegben szaporodott el. Ezen kívül a fiatal, legintenzívebb szaporodási fázisban lévő sejtek általában hőérzékenyebbek, mint a megállapodási szakaszban lévőek.

A tej összetétele, illetve szennytartalma. Nagyobb szárazanyag-tartalmú közegben a mikroorganizmusok kevésbé hőérzékenyek. Az ellenálló képességet a nagyobb zsírtartalom, a hevítéskor kiváló kazeinpelyhek és a szennyrészecskék egyaránt fokozzák.

A hőkezelésre kerülő tej mikrobataralma. A pasztörözés hatásfoka nem éri el a 100%-ot, a tejben lévő termotoleráns mikrobák egy része életben marad, így a maradék mikroflóra aránya a hőtűrók irányában tolódik el.

A hőkezelés hatása a tejalkotórészecskékre. A minél tökéletesebb csírapusztítás mellett arra is törekedni kell, hogy a tej eredeti jellege és tulajdonságai ne változzanak számottevő mértékben. A hőkezelési eljárást mindig a készítő termék figyelembevételével kell megválasztani. A különböző eljárásokkal kapcsolatban

fontos kiemelni, hogy a valódi pasztörözések nem okoznak teljes csírapusztulást, így mindig marad túlélő és a termék romlását okozó mikroorganizmus a tejben. A szokásos pasztörözési eljárások hatásfoka 99,0–99,9% (a hatásfok tehát a csírapusztulás mértéke). Az ultrapasztörözés és sterilizálás (UHT) ún. „kereskedelmi sterilitást” eredményez (szinte 100%-os hatásfok), azaz az esetleg életben maradt mikrobák a fogyaszthatósági határidőn belül nem tudnak olyan mértékben elszaporodni, hogy bármilyen elváltozást okozzanak a termékben, annak fogyaszthatóságában az eltarthatósági időn belül.

7.2.2. A hőkezelés gyakorlata

A tejipari gyakorlatban a hőkezelésre alkalmazott berendezések leggyakrabban a lemezpasztörök (lemezes hőcserélők), de a konzistensebb anyagokhoz és az UHT hőkezelőkben sokszor használnak csöves hőcserélőket, és hűtés vagy melegítés céljépeken is történik (pl. sajt-kád, ömlesztőkutter stb.), ahol egészen más hőátadási viszonyok uralkodnak. A tej hőkezelése legtöbbször lényegében abból áll, hogy speciális acéllemezen keresztül érintkeztetik a terméket és a hőátadó közeget, amelyek általában ellenáramban haladnak. A hő átadását segíti a jó hővezető anyag, a kis réstávolság, a nagy sebesség és a kialakuló turbulens áramlás.

A lemezes pasztörben a tej zárt rendszerben hőkezelhető, és valamennyi szükséges hűtési és hevítési művelet egy készülékben történik (7.5; 7.6. ábra). A lemezes hőcserélő legfontosabb eleme a *munkalemez*. A korszerű hőcserélő lemezek 1–1,5 mm vastag rozsdamentes acélból készülnek préseléssel. A hőátadás és a megfelelő áramlás céljából a lemezek különböző módon bordázottak vagy hullámosak, és kialakításuk olyan, hogy összeszerelés után egyenletes, 1,5–6 mm áramlási rés legyen köztük. A munkalemezek egymás közötti, valamint a csatlakozó-, illetve zárlemezek közötti tömör, de rugalmas zárását speciális hőálló gumitömítés teszi lehetővé.

A tipikus elrendezésű, komplett lemezpasztör egységei a következők:

- előtétartály úszós szintszabályozóval és tejszivattyúval,
- lemezes készülék: hőcserélő, hevítő, előhűtő, mélyhűtő lemezcsoportokkal, hőntartóval,
- hevítőközeg-előállító berendezés: gőzadagolóval, forróvíz-szivattyúval,
- vezérlőberendezés: mennyiségátároló, mérő- és automatikaegységek, nyomólevegő-ellátó berendezéssel.

A lemezekből lemezcsoportokat alakítanak ki, amelyek meghatározott hőmérséklet elérését szolgálják. Az így kialakított szakaszok jól elkülöníthetők és külön nevük van. **Előmelegítő (regeneratív), hevítő, hőntartó, hűtő és mélyhűtő szakaszokat** neveznek meg általában. Fontos, hogy az egyes szakaszokban az előre tervezett hőmérsékleteket fokozatosan, megfelelő ütemben kell elérni. Ugyancsak fontos, hogy a hőátadó közeg (forró víz vagy gőz) és a tej hőmérséklet-különbsége ne legyen túl nagy. Ellenkező esetben a hirtelen hőterheléstől a tej károsodást szenved (barnulás, ráégés). A kíméletes, de gyors melegítést segíti,

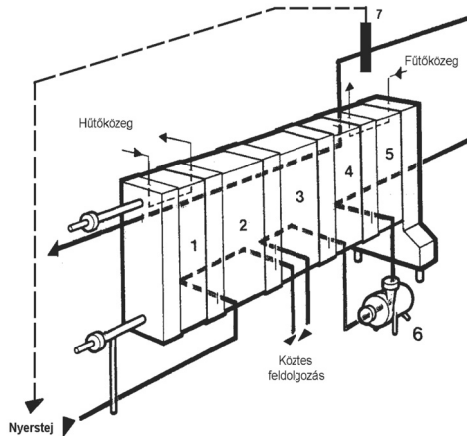
90 ■ 7. A tejfeldolgozás fontosabb műveletei

hogy az azonos idő alatt átáramlott forró víz mennyisége 2–3-szorosa a tejének. Ugyanez igaz a hidegoldali hőátadásra is. A jól végrehajtott hőkezelésnek azonban gazdaságosnak is kell lennie. Ezt segíti:

- a gyors hőcsere,
- a folyamat zárt rendszere,
- az üzem nagyobb mérete (fajlagosan olcsóbb lehet a gőzelőállítás),
- a fűtő- és hűtőkör közegei szigetelt, zárt rendszerben cirkulálnak,
- hulladék hő hasznosítása megoldott (az előmelegítő szakaszokban a tej adja át hőtartalmát a tejnek).

Fontos betartani az üzemeltetés szabályait is, mert a hiányosságokból származó meghibásodás javítása költséges, és sokszor hosszú leállással jár.

<i>A lemezasztórók előnyei</i>	<i>A lemezasztórók hátrányai</i>
nagy hőátadó felület	rossz tömíthetőség
energiatakarékos	kicsi nyomásállóság
jól automatizálható	csak alacsony viszkozitási termékre
biztonságos hőkezelés	használható nagy teljesítménnyel
jó kezelhetőség, tisztíthatóság	
nagy teljesítmény	



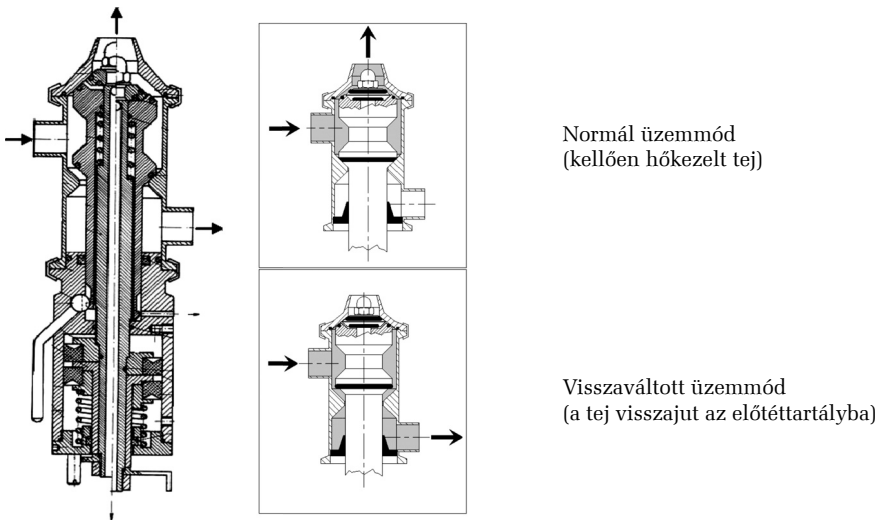
1. Hűtő szakasz
2. I. Előmelegítő szakasz
3. II. Előmelegítő szakasz
4. Hőntartó szakasz
5. Hevítő szakasz
6. Rásegítő szivattyú
7. Irányváltó szelep

7.5. ábra. A pasztőr felépítése, áramlási utak

A leginkább alkalmazott pasztőrözés a következő fázisokat, illetve műveleteket foglalja magába. A pasztőrözendő tej az úszószabályozós előtétartályból a hozzákapcsolt centrifugál szivattyú nyomására az első hőcserélőbe kerül. Itt a lemezek másik oldalán a már pasztőrözött tejtől 40–42 °C-ra melegszik fel. Az első hőcserélőből a tejet a fölözőgéphez vagy a tisztítócentrifugába vezetjük, majd a második hőcserélőbe visszavezetve a tej 50–55 °C-ra tovább melegszik. A hevítő szakaszban a tej forróvíz-fűtéssel eléri a kívánt 71–75 °C pasztőrözési hőmérsékletet. A hőntartó

szakaszban a tej pasztörözési hőmérsékleten marad, majd a második és az első hőcserélőben kb. 30–35 °C hőmérsékletre előhűl. A vízhűtő, majd a mélyhűtő szakaszon átvezetve a tárolási hőmérsékletre, általában 3–5 °C-ra lehűtve hagyja el a tejt a berendezést. Pillanathevítes (magas hőmérsékletű hőkezelés) pasztörözéskor a hevítő szakasz utáni hőntartás elmarad, és a tej közvetlenül a második hőcserélőbe kerül vissza. A gyakorlatban a vízszükséglet csökkentése céljából alkalmazzák azt a megoldást is, hogy a vízhűtő szakaszban hűtővíz helyett pasztörözésre kerülő hideg tejet vezetnek, és ezzel végzik a tej előhűtését. A mélyhűtő szakaszban a hűtésre ma már elsősorban hűtött édesvizet használnak, korábban korróziómentes hűtőfolyadékot alkalmaztak. Ez utóbbi hátránya, hogy igen költséges, emellett fennáll a tej lefagyásának veszélye is. Pasztörözéskor – mivel az előírt hőmérsékletet szűk határok között kell tartani – igen fontos a hőmérséklet automatikus szabályozása, továbbá a valamilyen okból (pl. gőzkimaradásból) nem kellő hőmérsékletre felhevített tej pasztörözött tejjel való összekeveredésének megakadályozása. Ha ezt nem akadályozzuk meg, úgy a nem jól hőkezelt tej utófertőzést okoz a pasztőr visszatérő szakaszaiban, és a termék mikrobiológiai szempontból nem lesz megfelelő (vagy csökken az eltarthatósági idő). Erre a célra szolgál az automatikus átváltószelep.

A nyers tej hőkezelésére vonatkozó, érvényben lévő szigorú előírásokat a Magyar Élelmiszerkönyv, a 92/46 EKG, a 92/380/EWG irányelv és az 1/2003. (I.8.) FVM–ESzCsM rendelet tartalmazza. Az előírások szerint olyan hőkezelő berendezéseket lehet alkalmazni, amelyek biztonságos hőkezelést garantálnak, azaz a hőkezeletlen vagy nem kellően hőkezelt tej nem kerülhet be a regeneratív (visszatérő) pasztőr szakaszokba. Ezt a feladatot látja el a biztonsági irányváltó szelep, melynek korszerű verzióját mutatjuk be a 7.6. ábrán.



7.6. ábra. Kétüléses szivárgásellenőrzött biztonsági irányváltó szelep

Pasztörözéskor a tej mikroorganizmusai nem pusztulnak el teljes számban. A csírapusztulás mértékét a *pasztörözés hatásfokával* fejezzük ki. Ez azt mutatja, hogy a nyers tejben talált mikrobák hány százaléka pusztult el pasztörözéskor. A gyakorlatban a pasztörözési hatásfok általában 99,5–99,9%. A három hőkezelési eljárás közül a legjobb hatásfokot a magas hőmérsékletű hőkezeléssel (pillanathevítéssel) kapjuk (99,99%). Mivel 100%-os pasztörözési hatásfok nem érhető el, a pasztörözés eredményessége szempontjából nem közömbös a nyers tej csíraszámára. Ezért arra kell törekedni, hogy a pasztörözésre kerülő tej mikrobataralma minél kisebb legyen. A pasztörözés hatásfokát mikrobiológiai, kolloid és technológiai tényezők befolyásolják.

Mivel a lemezes hőcserélőkben a tej vékony rétegben áramlik, minden olyan körülményt ki kell küszöbölni, amely a tej fehérjéinek és ásványi sóinak a kicsapódását elősegítheti. Ebből a szempontból a legfontosabb a tej savfoka. Savanyú vagy savanykás tej pasztörözésekor a lemezekre rásülések, kicsapódások rakódhatnak le, amelyek a hőátadást rontják. Nagyobb savfokon a kicsapódott (kitúrósodott) fehérjék el is zárhatják a tej útját, és az üzembiztos csak az egész rendszer teljes tisztításával szüntethető meg. A tej apró, pelyhes kicsapódásai is rásülést idézhetnek elő. Ez akkor léphet fel, ha a kis savfokú édes tejhez savanykás tejet kevertek, de ez az elegy tej savfokában még nem mutatkozik. Az ilyen dekomponálódott fehérjereszecskeket tartalmazó tej hőállósága csökken. Pasztörözésre általában 7,4–7,6 SH°-nál magasabb savfokú tejet felhasználni nem célszerű.

A pasztörözés megkezdése után gondoskodni kell a leállás nélküli üzemeltetésről. Az előírtnál kisebb teljesítménnyel való pasztörözés vagy időközi leállások miatt a lemezek között pangó tej megnöveli a kicsapódás veszélyét, és rontja a hőátadás hatásfokát. A pasztör tejjel érintkező felületeinek egyrészt bakteriológiai értelemben tisztának, másrészt a megfelelő hőátadás végett tejkőlerakódásoktól mentesnek kell lennie. A tejmaradékokat – amelyek baktériumgócokat képezhetnek – és a tejkövet tisztításkor tökéletesen el kell távolítani. A pasztörberendezéseket ezért az adott berendezésre előírt hőmérsékleti és nyomásviszonyok között savas-lúgos kezeléssel kell tisztítani, majd alaposan át kell öblíteni.

A pasztörözés megkezdése előtt az összeszerelt pasztört és a tejvezetéseket forró vízzel át kell öblíteni. Ennek célja részben az egész vezetérendszer csírántanítása, részben pedig átmelegítése és a tömítettség ellenőrzése. Átöblítés után a beáramló tejjel nyomtatjuk ki a rendszerből a vizet. A tejet az átváltószelepen át cirkuláltatjuk a berendezésben az előírt pasztörözési hőmérséklet eléréséig, majd megkezdjük a tulajdonképpeni pasztörözést. A pasztörözés során ügyelni kell arra, hogy levegő (hab) ne kerüljön a rendszerbe, mert az rásülést idéz elő. Az efféle hiba a gyakorlatban általában a szivattyú tömítetlenségéből származik. Mindig olyan hőkezelési eljárást válasszunk, amely a tej felhasználási céljának leginkább megfelel. A kívánt pasztörözési módszert döntően azok a változások határozzák meg, melyek a hevítés során mennek végbe a tejben.

7.3. A tej hűtése

A nyers és a pasztörözött tejben, valamint a tejtermékekben is mindig található mikroorganizmusok, amelyek életműködésük során fizikai és kémiai változásokat idéznek elő, illetve a tárolhatóságot és a minőséget csökkenthetik. A baktériumműködés gátlására az egyik legrégebbi módszer a hűtés, amellyel a baktériumok életműködését – az alkalmazott hőmérséklettől függően – lelassítjuk vagy gyakorlatilag le is állíthatjuk. A pasztörözött tej, valamint a tejtermékek készítésének folyamatában, a megfelelő technológiai fázisban ugyancsak általánosan alkalmazzuk a hűtést, mint a nyers tej elsődleges kezelésénél, illetve feldolgozásig való eltárolása során, hiszen ezek a szakaszok mind a *hűtlánc* „láncszemei”. Célunk a hűtéssel a termék tárolhatóságának növelése. A nyers tej hűtésekor – mivel mindig vegyes mikroflóra van jelen – elsősorban a termofil és a mezofil mikroorganizmusok működése gátolható. Számolni kell tehát azzal, hogy a hideget kedvelő mikroorganizmusok száma viszonylag megnövekszik. A pasztörözés utáni hűtéssel az el nem pusztult mikrobák szaporodását és a pasztörözés utáni fertőzéssel esetleg bekerült mikrobák szaporodását is gátoljuk. A hőkezelés utáni gyors hűtés emellett javítja a pasztörözés határfokát is, mivel a pasztörözéskor el nem pusztult, de kevésbé ellenálló baktériumok egy része a gyors hőmérséklet-változás hatására elpusztul (sokkhatás).

Feldolgozáskor általában lemezes hűtőket használnak, a pasztörözésnél leírtakhoz hasonlóan (pl. az átvételi vonalban). Igen fontos művelet, akár a nyersanyagról, akár a késztermékről van szó. A nyers tej hűtéséről már szóltunk, a késztermékekkel kapcsolatban nem nehéz belátni, hogy az eltarthatóságot a gyors lehűtés és az alacsony tárolási hőmérséklet kedvezően befolyásolja (mikroorganizmusok szaporodása lassul). A lemezes pasztörökön korszerű hűtőfolyadék (jeges vizes) hűtő van felszerelve véghűtőként (mélyhűtő szakasz), amelyvel biztosítani tudjuk a tej 10 °C alá hűtését. A 0 °C alá hűthető speciális hűtőfolyadékok használatának veszélye, hogy lemezlyukadás vagy a tömítés szakadása esetén a folyadék a tejbe kerülhet. Természetesen ez a gyártásközi ellenőrzéskor vagy azonnal kiderül (tömítetlenség), de mindenképpen termék- és anyagi veszteséget okoz. Ezért a pasztöröket, más gépekhez hasonlóan, a karbantartási terv szerinti időközönként mindenképpen szétszereléssel is ellenőrzik.

A tej hűtésére üzemi viszonyok között általánosan lemezes hűtőket használunk. A hűtőberendezések – a speciális hűtési esetektől eltekintve – a lemezpasztör tartozékai. A pasztörözés utáni hűtést a gyakorlatban két fokozatban végezzük:

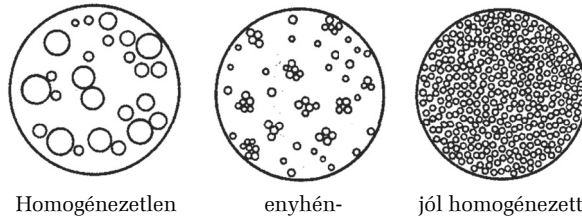
- az előhűtés kútvízzel vagy hideg tejjel,
- mélyhűtés fagyálló hűtőfolyadékkal vagy hűtött edesvízzel.

A lemezpasztörben a pasztörözött tej az I. hőcserélő szakasz után kerül az előhűtő szakaszba, ahol olyan hőmérsékletre hűthető, amely a hűtőközeg hőmérsékleténél csak 2–3 °C-kal magasabb. Mélyhűtéssel érjük el a tej végleges hűtési hőmérsékletét. Mivel 2–4 °C hőmérsékletet kell kialakítani, 0–1 °C-os vagy ennél hidegebb hűtőközeg szükséges.

7.4. Homogénezés

7.4.1. A homogénezés elméleti alapjai

Kolloidkémiai szempontból a tejemulzió stabilizálása, amely során a kisebb diszperzitásfokú (kevesebb, de nagyobb részecske) emulzióból nagyobb diszperzitásfokú emulzió képződik. A diszperzitásfok növekedését az emulzió szűk résen, nagy nyomáson történő átpréselésével érjük el. Az elsődleges cél a tej esetében elsősorban a zsírgolyócskák aprózása (7.7. ábra), amellyel a felfölzödzést tudjuk megakadályozni.



7.7. ábra. A homogénezés hatása a tejben lévő zsírgolyócskákra

Fogalma, célja egyszerűen tehát: a tej, tejszín zsírgolyócskáinak fizikai úton történő elaprózása. Alkalmazásakor a 65 °C-ra előmelegített tejet vagy tejszínt szivattyúval a homogénező fejbe vezetjük, ahol a homogénező szelepen beállított kis résen keresztül kilép. A gépben uralkodó nyomás 40–250 bar. A nagy nyomás és a fellépő aprítóerők hatására a zsírgolyócskák széttörnek, a kifolyt vajolajból zsírcseppek keletkeznek, majd újra kialakul az új zsírgolyócskák fehérje és a vízburka. Az aprítás konkrét okaként több hatást is megjelölnek (7.4. táblázat).

7.4. táblázat. A homogénezéskor fellépő aprítóerők

<i>Elgondolás</i>	<i>Az érvényesülés feltétele</i>
Direkt aprítás	a rés nagysága kisebb, mint a zsírgolyócska átmérője
Összenyomást követő robbanás	a zsírgolyócska összenyomható
A gyorsulás különbsége	sebességkülönbség lép fel az eltérő nagyságú zsírgolyók, illetve a plazma és a zsírgolyók között
Erózió	a zsírgolyócska törékeny
Ütközés	a zsírgolyócskák egymáshoz, illetve a homogénező alkatrészeihez ütköznek
Nyírás	az eltérő viszkozitás és a képlékenység ($h_{zsír}/h_{plazma} < 4$)
Keverései áramlás	nagy áramlási sebesség, turbulencia
Vibráció	elég idő legyen a rezgés kialakulásához
Turbulencia-örvény	az örvény mérete » zsírgolyócska mérete
Kavitáció	a parciális nyomás nagyobb legyen a homogénezési nyomásnál

Az elméletek közül az első öt nem meggyőzően bizonyított, így a legvalószínűbb a nyírőerők és a turbulencia hatására bekövetkező aprítás, amit segíthet a kavitáció. E hatásokat az váltja ki, hogy a felmelegített tejben lévő zsírgolyócskák egy nagynyomású térből szűk csatornán keresztül haladva (itt felgyorsulva és deformálódva) átkerülnek egy kisnyomású térbe, ahol a turbulencia és a nyírőerők hatására elaprózódnak.

Az új, stabilabb emulzió kialakulásának döntő momentuma (az aprózódáson túl), hogy a megnövekedett zsírgolyócska felülethez legyen elegendő membránanyag, illetve felületaktív anyag. Mivel a tej nem tartalmazza elegendő mennyiségben a zsírgolyócskák eredeti membránanyagait (pl. lecitin, euglobulin), ezért a zsírgolyócskák savófehérjéket, illetve kazeint adszorbeálnak, ezzel kialakítva az új burkot. Ha az aprítás és a zsírtartalom nagyobb egy meghatározott mértéknél, előfordulhat, hogy a zsírgolyócskák közelében nincs elegendő membránanyag az önálló burok kialakításához, ilyenkor a zsírgolyócskák közös burkot is kialakíthatnak, tehát halmazok jönnek létre.

A halmazok nem járulnak hozzá az emulzió stabilizálásához, ezért az aprítás mértékét a termék jellegének megfelelően kell kialakítani, azaz a homogénezési nyomást a kívánt átmérő és a zsírtartalom figyelembevételével kell megállapítani.

A homogénézés mint eljárás előnyei	Hátrányai
megszűnik a felfölöződés	tej nem fölözhető
a savas alvadék szilárdsága nő, csökken	nő a tej lipáz aktivitása
az alvadék savóeresztése	az édes alvadék víztartóvá, nehezen
a termék íze teltebb lesz (kb. 0,5%-kal érezhető zsírosabbnak)	„száríthatóvá” válik
javul az emészthetőség	
simább állomány	

7.4.2. A homogénézés gyakorlata

A homogénézés alkalmazása:

Részhomogénézés elegendő pl. (csak a zsíros fázis homogénézése), ha a teltebb íz kialakítása a cél. *Teljes homogénézésre* van szükség, ha a savanyú alvadék szilárdítása, a savókiválás csökkentése a cél, ekkor a teljes anyagmennyiséget homogénézni kell. A homogénézési nyomás általában tejszínnél 60–150, tejnél, zsíros terméknél 150–200 bar. A homogénézési nyomás konkrét értékét úgy kell megválasztani, hogy a megfelelő zsírgolyócska-átmérő mellett halmazképződés ne jelentkezzen. (Ha a zsírgolyócska környezetében nincs elegendő membránképző anyag, halmazok jönnek létre, amelyek ellentétesek lehetnek a kitűzött céllal, néha azonban épp ez a cél.)

Zsírgolyócska-átmérő meghatározása centrifugálásos módszerrel: A homogénezett mintához vizet, illetve fehérjeoldó reagenst adunk, és a zsírtartalmat 3%-ra állítjuk be. Speciális centrifugacsőben kipörgetjük a mintát, majd a cső alsó és felső mintarétegéből külön-külön meghatározzuk a zsírtartalmat.

96 ■ 7. A tejfeldolgozás fontosabb műveletei

Átlagos zsírgolyócska-átmérő: $\bar{d} = \frac{z - 0,11}{2,37}$ $z = \frac{z_f}{z_a}$

ahol:
 \bar{d} = zsírgolyócska átlagos átmérője (μm),
 z_f = a felső réteg zsírtartalma (%),
 z_a = az alsó réteg zsírtartalma (%).

Halmazképződési mutató: $k = \frac{z_1}{z_2}$

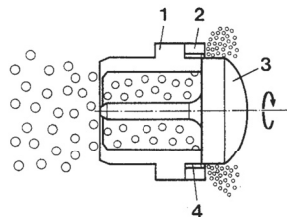
ahol:
 z_1 = vizes hígítással kapott érték,
 z_2 = fehérjeoldóval kapott érték.

A 7.5. táblázat a fogyasztói tej és néhány tejtermék halmazképződési mutatóit tartalmazza.

7.5. táblázat. Tájékoztató halmazképződési mutató értékek

Termék	Halmazképződési mutató (k)
Fogyasztói tej hosszú tárolással	<1,26
Tartós kávétejszín	
első homogénezés	1,3–1,5 kisméretű halmazok
második homogénezés	<1,23 ($d_2 = d_1$)
Tartós habtejszín	1,5–2,0 ($d = 0,8 \mu\text{m}$)
Tejföl	2,0–2,5

A tejjparban általánosan a dugattyús homogénező gépek terjedtek el. A homogénező tulajdonképpen többdugattyús szivattyú, amelybe a homogénezendő folyadékot (tejet, tejszínt) közös szívótérből 3–5 váltva működő dugattyú a szűk nyílású nyomószelepeken (homogénezőfejen vagy -szelepen) át közös kivezető csőbe nyomja, miközben megtörténik a zsírgolyócskák felaprítása.



1. szelepház
2. homogénező gyűrű
3. szeleptest
4. ütköző gyűrű

7.8. ábra. A homogénező szelep metszete, elvi működése

A homogénező legfontosabb része a *homogénező szelep* (7.8. ábra). A szelep furatán át a dugattyú a folyadékot a szabályozható előfeszítésű rugóval megtámasztott szeleptányérnak nyomja, amely a nyomás hatására megemelkedik, és a keletkezett szűk résen a folyadék megnövekedett sebességgel áramlik át, miközben az áramlási irány változása ütközéseket is előidéz. Az áramlás sebesség-nö-

vekedés és az ütközések váltják ki a homogénezési hatást. A kívánt homogénezési nyomást, illetve nyomáskülönbséget a gyakorlatban különféle szeleptípusokkal, kétfokozatú homogénezőfejjel oldják meg.

A homogénezési nyomáshatárok a gyakorlatban 100–250 bar között vannak. Az ultrapasztörözéskor alkalmazott homogénező gépekkel szemben – a szokásos tejipari igényeken felül – további követelményeket támasztanak. Általában olyan kétfokozatú homogénezőket használnak, amelyek alkalmasak nagy nyomások (300 bar) előállítására. Lényeges, hogy a gép stabil üzemi jellemzőkkel rendelkezzen, ne veszélyeztesse az ultrapasztöröző vonal helyes működését. A korszerű típusokat olyan automatikus nyomásszabályozóval látták el, amely az állandó homogénezési nyomást és a visszaváltás, tisztítás idején a szelep tehermentesítését szolgálja. A közvetlenül a csomagológépet ellátó ultrapasztöröző vonal bizonyos határok között képes alkalmazkodni a csomagológép teljesítményéhez.

A homogénezésre kerülő termék szerint kétféle eljárást különböztetünk meg: a teljes homogénezést és a részhomogénezést. A teljes homogénezéskor az egész tej- vagy alapanyag-mennyiséget, a részhomogénezéskor csak a szükséges zsírtartalmú tejszint homogénezzük, majd ezt keverjük a zsírmentes anyaghoz a kívánt zsírtartalom beállítása céljából.

7.5. A zsírtartalom beállítása

A frissfogyasztású termékek előkezelési műveletei közé tartozik a tej zsírbeállítása, a standardizálás. A zsírtartalom beállításának Magyarországon még általánosan alkalmazott, hagyományos, módja a *szakaszos zsírbeállítás*. Ennek alkalmazásakor a beállításra szánt köztes termékeket (földrött tej, ill. tejszín, vagy teljes tej) – igény szerint – megfelelő úrtartalmú tankba vezetik, meghatározzák a zsírtartalmakat, majd az eredménytől függően kívánt zsírtartalomhoz szükséges arányban egy keverőtartályban összemérik és összekeverik azokat. A szakaszos módszer nagy előnye egyszerűsége és viszonylagos olcsósága, de számos hátránya is van. Mindenekelőtt megfelelő kezelő (manipulációs) tankokat igényel, amelyekben hosszabb keverés után sem mindig érhető el a tejszír egyenletes elosztása. Pontatlanul mérhetők az összekeverésre szánt folyadékmennyiségek is. Ezek miatt többszöri zsírtartalomvizsgálat válik szükségessé, de ennek ellenére előfordulhatnak nagyobb eltérések (0,05–0,5%). Szakaszos volta és időigénye nem felel meg a nagyüzemi munka- és üzemszervezés követelményeinek. A felsorolt hátrányok miatt többféle *folytonos módszer* alakult ki. Ezek megoldási módjaik és színvonaluk szerint lehetnek kézi szabályozású, félautomata vagy teljesen automatizált eljárások.

A *kézi szabályozású* berendezés lényegében a zsírbeállító szerelvényvel ellátott földröttgépéből áll. A kívánt összetételű alapanyag beállításához ismerni kell a földrött tej és a tejszín zsírtartalmát, a keverési arányt ennek alapján állapítjuk meg számítással. A földröttgépről lejövő sovány tej mennyisége (és általában

zsírtartalma) konstans, amihez a kívánt mennyiségű tejszínt gépi úton keverjük úgy, hogy áramlási mennyiségét kézi szabályozású fojtószeleppel állítjuk be. A pontosságot mennyiségmérővel ellenőrizzük.

A *félautomata* berendezések használatakor már csak az alapanyagok zsírtartalmát kell ismerni. Ezek értékeit, valamint a kívánt zsírtartalmat a vezérlőasztalon betáplálják. Ezt követően a berendezés automatikusan szabályozza az alkotórészek arányát, és elvégzi összekeverésüket.

Az *automata* berendezéseknél csupán a kívánt zsírtartalmat kell a vezérlőasztalon a készülékbe táplálni. A műveletet a gép azután automatikusan végrehajtja, függetlenül az anyagok zsírtartalmának ingadozásától és áramlási viszonyaitól, azaz azokat folyamatosan figyelembe véve. A keverési arány szabályozását a berendezés az egyes anyagok vagy a keverék zsírtartalmának folytonos mérése alapján végzi.

7.6. A tejtermékek ízesítése, stabilizálása

7.6.1. Ízesítés

A termékbe kerülő élelmiszer-adalékok egyik legfontosabb csoportját alkotják az ízesítőanyagok. Ezek közül leggyakoribbak a répacukor, cukorszörpök, kakaópor, gyümölcsszörpök, steril darabos gyümölcsök, gyümölcsvelők (pulpok), citromsav. Mivel ezek az élelmiszer-jellegű adalékanyagokhoz tartoznak, így a tejtermékekben élelmezés-egészségügyi engedély nélkül felhasználhatók. Mindenképpen vigyázni kell azonban ezek felhasználása során a sterilitásukra (különösen abban az esetben, ha az adalékanyag jellegénél fogva újabb hőkezelésre nincs mód), nehogy a termékben utófertőzést okozzanak.

Az ízesítés tulajdonképpeni legfontosabb kellékei az *aromaanyagok*. A tulajdonképpeni (komplett) aromák, aromakészítmények összetett és koncentrált, iparilag gyártott adalékanyagok. Lényeges tulajdonságuk a szag és az íz. A már ízesített tejtermékek vagy a tejtermékbe kerülő élelmiszer-jellegű ízesítő adalék ízének a standardizálására használatosak. Ritkán önmagukban is alkalmazzák őket ízesítésre. Az aromákat a következők szerint csoportosítják:

- *Természetes aromák*: a növényi vagy állati anyagokból, vagy a kifejezett ízű élelmiszerekből fizikai eljárással kinyert aromák.

- *Természetazonos aromák*: a természetessel megegyező összetételű egyszerű aromák keverékei, amelyeket kémiai úton izolálnak a természetes anyagokból, vagy szintetikus úton állítanak elő.

- *Mesterséges aromák*: kémiai úton előállított anyagok, amelyek a természetes aromákban nem fordulnak elő. Minden aroma, amely egy vagy több ilyen anyagot tartalmaz, mesterségesnek számít. Ezek azonban tejtermékek ízesítésére nem használhatók.

7.6.2. Adalékanyagok bedolgozása

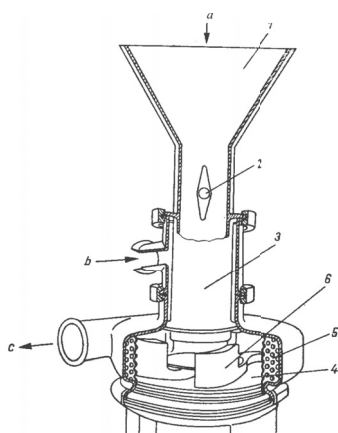
Az egyes adalékanyagokat tulajdonságaiktól függően más-más módon és a gyártástechnológia különböző szakaszaiban viszik be. Bevitelükre általában három módszert alkalmaznak. Ezek: az *oldás*, a *feltárás* és a *bekeverés*.

Oldás: A vízben oldható adalékanyagokat általában apró részletekben adjuk az előmelegített (40–45 °C-os) tejhez, és intenzív keveréssel segítjük elő az oldást. Így visszük be a cukrot, a kávéport, a gyümölcscsszörpöt stb. Általában a végső összetételnél töményebb oldatot készítünk, majd ezt megfelelő arányban hígítjuk tejjel. Az oldási művelet céljára intenzív keverést biztosító, fűthető-hűthető technológiai tankok alkalmasak.

Feltárás: A vízben rosszul vagy csak részben oldódó, továbbá a szuszpen-dálható anyagokat fizikai feltárással visszük be a tejbe, tejszínbe. A kakaóport pl. cukorral és kevés langyos tejjel intenzív keverés közben péppé dolgozzuk el, és ezután adjuk a tejhez. A fizikai feltárást végezhetjük szakaszosan, fűthető keve-rőedényekben vagy folytonos működésű berendezésekben. Általában így visszük be a különböző állományjavító anyagokat is.

Bekeverés: A darabos ízesítőanyagokat (pl. gyümölcsök) legtöbbször a kész-termékbe visszük be egyszerű bekeveréssel (7.9. ábra). Általános gyakorlat, hogy az adalékanyagokat a tejbe, tejszínbe a pasztőrözés előtt viszik be. Az adalék-anyagok egy része (cukor, kakaópor stb.) ugyanis tartalmazhat mikroorganizmu-sokat, és így ezektől fertőződhet a termék.

Az ízesítőanyagok is általában teltebb, teljesebb ízű terméket adnak, ha a bevitel után pasztőrözzük a félkész terméket. Sok esetben előnyös, ha az adalék-anyag bevitel után a félkész terméket először homogénezik, majd pasztőrözik. A pasztőrözés után csak azokat az adalékanyagokat viszik be a félkész termékekbe, amelyek hővel vagy intenzív mechanikai behatással szemben érzékenyek.



1. Tölcsér
2. Pillangós adagoló
3. Diffúzorcső
4. Keverőkamra
5. Szűrőrács
6. Járókerék
- a. Adalékanyag
- b. Tejbevezetés
- c. Keverékkivezetés

7.9. ábra. Pipe in pipe bekeverőegység

Ilyenek pl. az illékony aromák, egyes színezőanyagok vagy például a darabos gyümölcsök. Pasztőrözés után azonban csak olyan adalékanyagok vihetők be, amelyek jellegüknél fogva csíramentesek (pl. aromák), illetve amelyeket megfelelő módon csírátlanítottak. A vitaminokat is pasztőrözés után célszerű a termékbe keverni.

7.6.3. Stabilizálás

A zselírozó-, dúsítóanyagok, valamint stabilizátorok fogalmi meghatározása: Általában szerves hidrofil anyagok. Víztartalmú élelmiszerekben – pl. tejtermékekben, gyümölcskészítményekben – viszkózus oldatokat vagy szuszpenziókat, illetve formatartó géleket képeznek. Ha a diszperz rendszerekre stabilizálóan is hatnak, úgy stabilizáló anyagokról beszélünk. Bedolgozásuk eredményessége a bekeverés módjától, az alkalmazott hőmérséklettől és/vagy a megfelelő pihentetési időtől is függ.

Zselírozó-, dúsító- és stabilizáló anyagok

Guargumi (guarán): a guar magjából nyert szárazföldi növényi gumi. Fehér, sárgásfehér színű por. Kiemelkedő tulajdonsága, hogy hideg vízben is viszonylag gyorsan feltáródik, és nagy viszkozitású kolloid diszperziót képez.

Szentjánoskenyérmag-liszt. A szentjánoskenyérfa magjából nyert szárazföldi növényi gumi. Majdnem fehér színű. Semleges ízű, porszerű termék. A szentjánoskenyérmag-liszt alapú készítményt pl. a gyümölcsjoghurthoz használják.

Az alginsav és származékai. A barna algából előállított tengeri növényi gumik. Fehér vagy sárgásfehér színű, íz és szag nélküli porok. Az alginsavszármazékok jól összeférnek a fehérjékkel, szénhidrátokkal és emulgeált zsírokkal.

Karragén. Különböző vörösalga-származékokból nyert tengeri növényi gumi. Fehér, sárgásfehér színű por. Különleges tulajdonsága, hogy reakcióba lép a tejben lévő kazeinnel. Így igen kis töménységben is olyan viszkozitásnövekedés következik be, amely csekély mértékű ugyan, de mégis elegendő a kakaópor tartós szuszpendálásához.

Keményítő. Főleg kukoricából, burgonyából, búzából állítják elő. A keményítő hideg vízben alig, meleg vízben viszont jól oldódik. Ha a tömény oldatot lehűtjük, úgy kocsonyásan megduzzad. Ezt a tulajdonságot használják fel pl. a tejpudingok készítésénél.

Pektin. A pektint főleg gyümölcsből állítják elő. Segítségével jó minőségű géleket lehet képezni kevés cukor hozzáadásával, vagy akár cukor nélkül is.

Zselatin. Állati eredetű anyag. Hideg vízben megduzzad, 5–10-szeres mennyiségű vizet képes felvenni. 40 °C fölött rövid idő alatt oldódik. Visszahűtve 35 °C alatt kocsonyásodni kezd. A gél kb. 12–18 óra múlva éri el állandó szilárdságát. Legjellemzőbb tulajdonsága a gél szilárdsága.

Összetett készítmények. A kereskedelmi forgalomban levő zselírozók, dúsítók és stabilizátorok nagyobb részt összetett készítmények. Ezek az előbbieken felsorolt alapanyagokon kívül még számos más anyagot is tartalmazhatnak.

7.7. Töltés, csomagolás

7.7.1. Hosszú eltarthatósági időt biztosító eljárások

A melegen való letöltés. A világon mindenütt a friss tejtermékek eltarthatósági idejének növelésére törekednek. Mivel a tejtermékek biológiai stabilitását tartósítószerrel tilos növelni, ezért általában valamennyi országban a hőkezeléses tartósítás valamely módszeréhez folyamodnak. A friss tejtermékekre nézve ma a legelterjedtebb a melegen való letöltés, valamint az utópasztörözés.

A melegen való letöltéskor a terméket nem hűtik le a pasztörözési hőmérsékletről, és közvetlenül – általában 65–70 °C-on – adagolják. A melegen való letöltés a hőérzékeny vegetatív csírákkal való utólagos fertőződés elkerülését célozza. A termékek fizikai szerkezetének, állományának védelme, az esetleges ízeltváltozások megakadályozása, továbbá a csírapusztulás határfokának növelése végett kívánatos a csomagolt termékeket gyorsan 10 °C alá hűteni. A melegen való letöltéssel az eltarthatóság csak szerény mértékben növelhető, a megkívánt hatás inkább a termék 10 °C alatti tárolása során jelentkezik.

Aszeptikus töltés és csomagolás. Az ultrapasztörözött termékek tárolhatóságának alapvető feltétele az aszeptikus körülmények közötti csomagolás. Mivel a hosszú tárolás alatt a steril termékekben fizikai és kémiai változások is bekövetkezhetnek, ennek elkerülésére a csomagolásnak fényt és oxigént át nem eresztőnek kell lennie. A csomagolóanyagoknak továbbá olyannak kell lennie, hogy abból alkotórészek (íz és szagot adó anyagok) ne oldódhassanak ki. Az ultrapasztörözött termékek aszeptikus csomagolására alkalmas eljárások három fő csoportba sorolhatók:

- aszeptikus tasakcsomagolás,
- aszeptikus műanyag palackos (flakonos vagy poharas) csomagolás,
- papíralapú, többrétegű fóliás csomagolás.

Európában leginkább a papíralapú, több rétegű aszeptikus csomagolóeszközök terjedtek el. Ilyen pl. a hétrétegű (polietilén-papír) kombinált fólia. Az aszeptikus töltő-csomagoló berendezést, amellet, hogy steril levegős túlnyomáson üzemeltetik, a többi gyártórésztől elkülönített helyiségben kell elhelyezni, hogy a környezeti levegő fertőzésveszélyét kiküszöböljék.

7.7.2. A friss fogyasztású tejtermékek csomagolása

A friss fogyasztású termékek csomagolásában – rendeltetésüket tekintve – két nagy csoportot: a nagyfogyasztói és a fogyasztói csomagolást különböztetjük meg. A csomagolás több célt szolgál. Elsősorban védi a terméket a külső hatásokkal szemben, ezen kívül megkönnyíti a szállítást, raktározást és eladást. A csomagoláson a vonatkozó előírásoknak megfelelően fel kell tüntetni a termék nevét, előírt jellemzőit, továbbá a fogyaszthatósági, illetve minőség-megőrzési időt és a tárolási hőmérsékletet.

Nagyfogyasztói csomagolás: a nagyfogyasztói csomagolások használatának célja a vendéglátóipar, a kórházak és egyéb intézmények ellátása. A folyékony termékek hagyományos csomagolására Magyarországon többnyire a 25 literes tejeskannát használják, külföldön és ma már Magyarországon is azonban nem alakított egyutas nagyfogyasztói csomagolásokat is használnak erre a célra. Ezek vagy előre gyártott, vagy a töltő-záró gépen hegesztett 5–20 literes űrtartalmú műanyag zsákok. Zárásukról hegesztéssel, beépített csappal vagy pattintózárral gondoskodnak. A kannás nagyfogyasztói csomagolás olcsó, viszont a kanna kinyitása után nagy az utófertőzés veszélye. A kannákat vagy fejtőpisztollyal, vagy mérőórás adagolókészülékkel töltik meg. A fejtőpisztolyos töltés gyors és egyszerű, de hátránya, hogy a töltéskor a tejet nem lehet mérni, s emiatt pontatlan. A megtöltött kannák fedelét tömítőpapírral látják el, lezárják, majd címkézve leplombálják.

Fogyasztói csomagolások: a friss fogyasztású termékek fogyasztói csomagolására Magyarországon leginkább a tasakcsomagolást (0,5 és 1 literes egységekben) és a műanyag poharas csomagolást (0,1, 0,2 literes fóliazárású poharak) használják. A fogyasztói tejfeleségek csomagolására külföldön általában üvegcsomagolást, továbbá az alakított rétegelt kartondobozos csomagolást (Tetra-Pack, Tetrabrik, Purepack, Zupack) és a műanyag flakonos csomagolást használják, de világviszonylatban egyre inkább uralkodóvá válik a kartondobozos csomagolás. A Magyarországon még alkalmazott tasakcsomagolás előnye valamennyi egyéb csomagolási móddal szemben, hogy olcsó, hátránya viszont, hogy könnyen sérül és nem alakított, és belőle közvetlenül fogyasztani körülményes. A poharak a töltő-záró géptől függően előre gyártottak, vagy a töltő-záró géppel egybeépített mélyhúzó-formázó egységben fóliatekeresből gyártják. A mélyhúzó egységgel kombinált gépek előnye, hogy a terméket így gyakorlatilag steril poharakba töltik és zárják, továbbá hogy elmarad az előre gyártott poharak csomagolása, szállítása és raktározása. A fogyasztói csomagolások közül az üvegcsomagolást többutas, az egyéb felsorolt csomagolásokat pedig egyutas csomagolásnak is nevezik. Az üvegcsomagolás, amely az utóbbi évtizedekben Anglia, Hollandia és Belgium kivételével visszaszorult, ma ismét kezd terjedni, elsősorban környezetvédelmi szempontok miatt (pl. Németországban). A nagyvárosok háztartási szemetete napjainkban ugyanis már olyan nagy százalékban tartalmaz nem elrottható anyagokat, hogy a szemet megsemmisítése egyre problematikusabb és költségesebb. A jövő útja feltehetően a hagyományos csomagolóanyagokhoz való visszatérés, megkeresve annak lehetőségét, hogyan lehet a kétféle csomagolás előnyét egybeépíteni. Ezzel együtt azonban a fejlett országokban törvény írja elő a csomagolóeszközök újrafeldolgozását (recycling).

Gyűjtőcsomagolás: a különböző gyűjtőcsomagolások feladata, hogy a termék könnyen mozgatható, raktározható és szállítható legyen. A friss fogyasztású termékek gyűjtőcsomagolására leggyakrabban a műanyag rekeszeket, ládákat használják. Ezek úgynevezett visszatérő gyűjtőcsomagolások. E csomagolásmód a legolcsóbb, hátránya viszont a visszatérő anyagok szállítása és mosása, amely

a gépesítéstől függően kisebb vagy nagyobb költséggel terheli az előállítás költségét. A korszerűbb gyűjtőcsomagolást a nem visszatérő, egyutas kartonrekeszek jelentik, amelyeket már Magyarországon is használnak a joghurthaboknál, a gyümölcsrel rétegezett túrókrémeknél, valamint egyéb desszert jellegű termékek esetében. E csomagolási mód csak viszonylag drága, mivel itt elmarad a visszaszállítás és üzemi tisztogatás költségtényezője.

7.8. Speciális tejjipari műveletek

A következőkben néhány olyan műveletről szólunk röviden, amelyeket nem minden, de egyre több tejtermék gyártásakor alkalmaznak. A műveletekről teljesebb képet szerezhet az olvasó a konkrét termék gyártását leíró részekben közölt információkkal.

7.8.1. Alvasztás

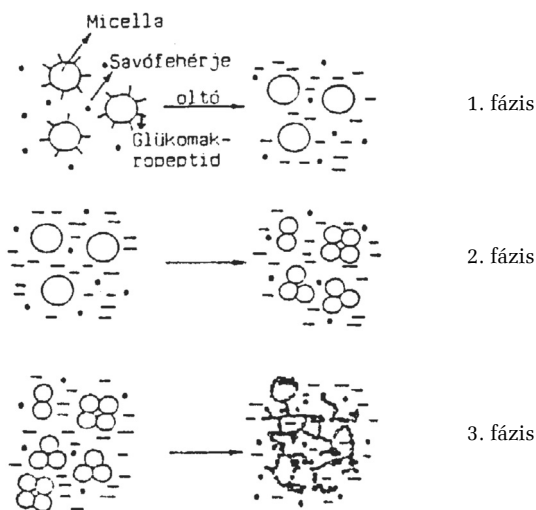
A tej alvadása tulajdonképpen szol-gél átalakulás, amelyet a kazeinmicellák töltésvesztése révén kialakuló destabilizáció idéz elő. A tej normális pH-értékén a kazeinmicellák kifelé negatív töltéssel bírnak. A töltés mennyisége, illetve a töltés erőssége azonban az oldat H^+ és OH^- ion koncentrációjától függ, mivel a kazeinfehérjék amfoter tulajdonságúak. Így a kazeinmicellák „semleges” pH-tartományban (5,0 fölött) kifelé negatív töltésűek, „savas” tartományban (4,5 alatt) kifelé pozitív töltésűek, míg 4,5–5,0 pH között semlegesek. Ez utóbbi pH-értéket, azaz ahol a negatív és pozitív töltések kiegyenlítik egymást és a molekula kifelé semleges, *ionelektromos* vagy *izoelektromos* pontnak nevezzük. A kazeinmicellák tehát alapesetben kifelé negatívak, és így a tej emulziójában viszonylag stabilak. Ezt a stabilitást a pH csökkenése és oltóenzim alkalmazása tudja megbontani, ezzel a tej savas vagy oltós, más szóval, „édes” alvadását okozva.

Savas alvadás. A tej pH-jának csökkenését a mikroorganizmusok által a tejcukorból képzett tejsav, egyes esetekben a külön adagolt sav váltja ki (pl. savkazein gyártásakor). A pH csökkenésével megkezdődik a kazeinmicellák töltésvesztése és a destabilizáció, egyes részecskék a köztük fennálló potenciálgát erejét leküzdve összekapcsolódnak. A potenciálgát fokozatos csökkenésével egyre több részecskéből álló kazein-aggregátumok keletkeznek, miközben az egyes aminosavak által ionosan kötött Ca szabadul fel, tehát nincs szükség a Ca-ionokra az alvadáshoz. Az aggregátumokból előbb lineáris láncok alakulnak ki, majd 5,0 körüli pH-n a molekulák közötti másodlagos kötőerők kialakítják a gél szerkezetet, ami magába zárja a szérumot.

A savas alvadás folyamatában és a végső gél szerkezet kialakulásában a hőmérsékletnek van még fontos szerepe. Minél alacsonyabb a hőmérséklet (és ezáltal a rendszer belső energiája), annál nagyobb a valószínűsége a lineáris micella-

láncok kialakulásának és fordítva, magasabb hőmérsékleten a háromdimenziójú, térben elágazó micella-aggregátumok kialakulása a valószínűbb. Ennek gyakorlati következménye, hogy alacsonyabb hőmérsékletű alvasztással (lineáris láncokkal) homogénebb, savókötebb, magasabb hőmérsékletű alvasztással pedig savóeresztőbb savanyú alvadékat lehet előállítani.

Oltós alvadás. Az oltós alvadás az oltó (rennin, kimozin) okozta destabilizáció miatt jön létre, három jól elkülöníthető szakaszban (7.10. ábra). Az első fázisban az oltó a stabilitásért felelős κ -kazeinről lehasít egy nitrogénmentes, ún. *glükó-makropeptidet*, miközben a maradékból *para- κ -kazein* jön létre. A kazein-micellák tehát destabilizálódnak. A második fázisban a szérumban lévő Ca-ionok összekötik a reakcióképes *para- κ -kazein* molekulákat és rajtuk keresztül a kazein-micellákat, így több micellából álló aggregátumok képződnek. A harmadik, ám leggyorsabb fázisban a micella-aggregátumokból kialakul a térhálószerű gél-szerkezet. Az alvadás előrehaladtával párhuzamosan nő az alvadék Ca-tartalma.



7.10. ábra. Az oltós alvadás folyamata

A másik lényeges különbség a savas alvadással szemben, hogy az NPN (nem-fehérje nitrogén) lehasítását követően (amely folyamat időigénye elsősorban az oltóenzim koncentrációjától függ) a gél-szerkezet gyorsan alakul ki.

Az alvadási folyamat elkerülhetetlen velejárója a szinerézis jelensége, ami tulajdonképpen az alvadék öregedésének folyamata. A kialakult gél-szerkezetben lévő molekulák közötti kötőerő az idő múlásával egyre erősebb lesz, ezért azok egyre közelebb kerülnek egymáshoz. Ennek természetesen az a következménye, hogy a micella-aggregátumok közötti térből szérum (víz, savó) préselődik ki. A jelenség mindig fellép, függetlenül attól, hogy az alvadást mi idézte elő. A kazein-

micella fonalak rövidülését, tehát az alvadék zsugorodását és így a szérum eltávolítását gyorsítani lehet a felület növelésével (az alvadék aprítása), melegítéssel savanyítással és préseléssel. A felsorolt módszerek a mechanikailag kötött és a hidrátburokvíz egy részének eltávolítását segítik elő. A kémiaileg kötött víz a szokásos élelmiszer-ipari technológiai eljárásokkal nem távolítható el.

A gyártások során az alvasztás körülményeit és az azt követő műveleteket tehát az elérni kívánt célok (a termék kívánt tulajdonságai) határozzák meg. *A savanyú készítményeknél a savókiválás elkerülése, míg a túró és sajtalvadék esetében ellenkezőleg, lehetőleg sok (legendő) savó eltávolítása a cél.*

Az édes és savanyú alvadék nemcsak szerkezetében, Ca-tartalmában, de egyéb tulajdonságokban is eltér egymástól. A savanyú alvadék egy idő után a savó tetején gyűl össze, míg az édes alvadékaprítás után gyorsan leülepszik és össze is tapad, ami a sajtgyártás során gondot okozhat. Az alvasztásról szólunk még a konkrét alkalmazásoknál, pl. a sajtgyártásnál.

7.8.2. Ömlesztés

Az ömlesztett sajtok gyártásakor az ömlesztési folyamat alatt először az eredeti gélállapotú sajtszerkezet megbontását végezzük, majd az ömlesztés után a gyártás végső fázisában (hűtés) ismét gélállapot alakul ki, de kissé más szerkezetben. Az új szerkezetet döntően az alapanyagok, az ömlesztéshez használt „ömlesztősók” és az alkalmazott gyártási paraméterek határozzák meg.

Az ömlesztéskor kolloidkémiailag szempontból arról van szó, hogy az ömlesztés első szakaszában a sajtszerkezetet kialakító kazeinlánc a hőmérséklet hatására megduzzad, és megkezdődik a kazein hidratációja. A második szakaszban a hidratáció folytatódásával a kazeinlánc elszakadozik, és kialakul a „szol” szerkezet, amelyben a diszperz részek a kisebb-nagyobb szétszakadt és hidratált kazeinmicellák lesznek. A harmadik fázisban döntő szerep jut az ömlesztősóknak, ugyanis azok szakítják a Ca-hidakat, hozzákapcsolódnak a kazeinhez, miáltal új hidrátburok, majd a hűtés végére a micellák összekötésével egy új gél szerkezet alakul ki. Az új gél szerkezet viszkozitását, állományát a már említett tényezők jelentősen befolyásolják.

A kazeingél hidratációja már a sajt érése során megkezdődött, hiszen vízzeloldható aminovegyületek keletkeztek. Az érés során azonban mindig jelentős mértékben marad oldhatatlan kalcium- κ -kazein, ami az ömlesztés során hidratálódik, azaz vízben oldhatóvá válik. A gélállapotú sajtból sajtszol lesz, ami az alkalmazott magas hőmérséklet, de még inkább az ömlesztősó hatására alakul ki. Ha nem használnánk ömlesztősót, a hő hatására szollá alakult sajt nem tud újra gél szerkezetet felvenni, a fehérje elválik a szérumtól, azaz kicsapódik. Ezt a kicsapódást is az ömlesztősó akadályozza meg úgy, hogy szakítja a kalcium-hidakat, majd a kazeinrészecskékhez kapcsolódva újra összekapcsolja azokat (így azok újra töltéssel fognak rendelkezni), végső soron tehát a hidratálódás után

együtt alakítja ki a kazeinnel az új gélstruktúrát. Az érés során már elkezdődik tehát a gél-szol átalakulás, ezért az ömlesztett sajt szerkezetét leginkább a sajt érettsége befolyásolja. Fiatalt, éretlen sajtból (hosszú szerkezet) ezért elsősorban vágható állományú ömlesztett sajtot készítünk, míg érett sajtból (rövid szerkezet) elsősorban kenhető terméket.

Az ömlesztős fajta úgy befolyásolja a szerkezetet, hogy minél kisebb molekulatömegű sót használunk, annál inkább előidézzük a szol kialakulását, a hidratációt, ezzel kenhetőbb állományt kapunk és fordítva, ha nagy molekulatömegű sót alkalmazunk, az eredmény vágható állomány lesz. A kívánt állományra egyedi ömlesztős-keverék kidolgozása szükséges, hiszen foszfátokból is számos különböző funkciós tulajdonságú alapanyag létezik. Orto- és polifoszfátok a Na-ortofoszfát, Na-piro-, tri- és tertafoszfát, míg a metafoszfátok közé tartozik a tri-, tetra- és izo-metafoszfát.

Az ömlesztési idő befolyásolja a krémesítést. Egyszerűen fogalmazva arról van szó, hogy a krémesítés előrehaladtával az *ömlesztett sajt* szerkezete rövidül, tehát hosszabb idő használatával kenhetőbb állományt idézünk elő. A megmunkálás intenzitása hasonlóan módosítja az állományt. Vagyis intenzív munkával kenhetőbb, míg kíméletesebb megmunkálással vághatóbb állomány kialakítása a cél. Előömlesztett sajt és víz hozzáadása segíti a krémesítést, tehát kenhetőbb sajtot eredményez.

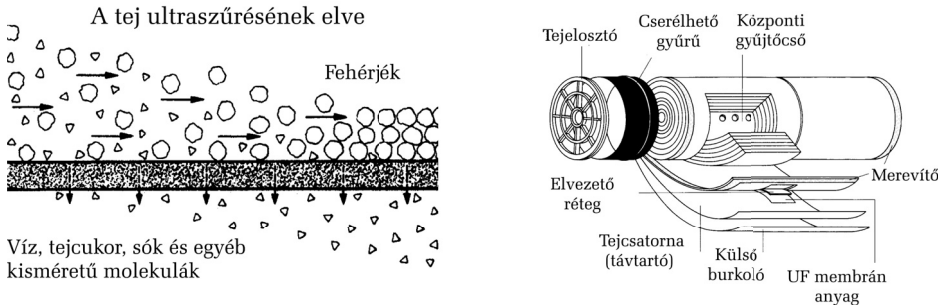
A gyártás során az utolsó állományt befolyásoló tényező a megömlesztett forró sajt visszahűtésének sebessége. A hűtési sebesség a szol-gél átalakulás időigényének ténye miatt befolyásolhatja az állományt. Ha gyorsan hűtjük le az ömlesztett sajtot, akkor inkább a szol szerkezet marad meg, tehát kenhető állományt érünk el, és fordítva, ha kellő időt hagyunk a gélstruktúra visszaalakulására lassú hűtéssel, úgy erősebb kötések keletkeznek, tehát inkább vágható állományt kapunk.

7.8.3. Ultraszűrés (UF)

Az ultraszűrés speciális membrántechnikai eljárás, melynek során szelektív elválasztás válik lehetővé, elsősorban a folyadékot alkotó alkotórészek molekulatömegének eltérő nagysága alapján. Az elválasztás alapja tehát a molekulatömegek nagyságrendbeli eltérése, illetve a membrán jellemző pórusátmérője, sokszor azonban másodlagos hatások is érvényesülnek (pl. töltéskülönbség).

A membránt általában polimerizálható műanyagokból készítik, amelyek meghatározott méretű és viszonylag homogén méreteloszlású „lyukakat” tartalmaznak. Felépítésében a membrán lehet aszimmetrikus és vegyes membrán. Az aszimmetrikus membrán kémiaiilag azonos anyagból készül, amely fizikailag eltérő szerkezetű a két oldalán, a felületi vékony film a hatékony szűrőréteg, amelyet megtámaszt a vastagabb, de a szűrés szempontjából inaktív alsó réteg. A vegyes membrán az előbbivel azonos funkciójú, de kémiaiilag eltérő két anyagból készül. A tejipari ultraszűrő membránok 10 000–30 000 Dalton „vágási élessé-

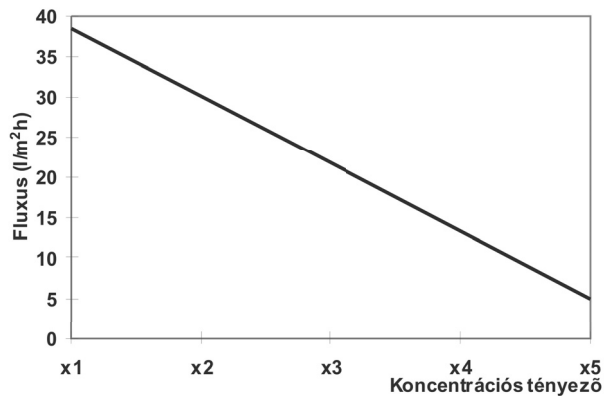
gűek”, azaz az ennél a molekulatömegnél nagyobb molekulákat 95%-ban visszatartják, a kisebbeket pedig átengedik. Így a tej esetében áthalad a víz, a tejcukor, az oldatban lévő ásványi anyagok egy része és némi fehérjetörredék, míg visszatartódnak elsősorban a fehérjék (kazein és savófehérjék), természetesen a többi alkotóval keveredve. A visszatartott frakciót koncentrátumnak (retentát), míg a membránon áthaladt frakciót permeátumnak nevezzük (7.11. ábra).



7.11. ábra. A tej ultraszűrésének elve

A műveletnek ott van igazán nagy jelentősége, ahol nagy szárazanyag-tartalmú, elsősorban nagy fehérjetartalmú termék gyártásáról van szó. A savófehérjék visszatartásával és az egyéb komponensekben történő szegényítéssel igen magas fehérjearányú köztes alapanyag, sűrítmény állítható elő. További felhasználás során a sajtfélénél kiemelkedően jó kitermelés, illetve fehérjekoncentrátumoknál igen magas fehérjetartalom érhető el a késztermékben. Az ultraszűrés, mint sűrítési, koncentrálnálási eljárás, lényegében abban különbözik a bepárlástól, hogy az UF esetén a késztermék (koncentrátum) alkotórészeinek aránya eltér a kiindulási alapanyagétól, hiszen nem csak a víz távozik a rendszerből.

A membránok, ill. az ultraszűrés teljesítményét a fluxus jelzi, ami a permeátum térfogatárama 1 m^2 membránfelületre vonatkoztatva ($\text{liter}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$). A fluxus szoros összefüggésben van egy újabb jellemzővel, a koncentrációs tényezővel, amely tulajdonképpen a szűréssel elérhető térfogatcsökkenést fejezi ki. Számszakilag a betáplált kezdeti térfogat és a végső sűrítmény-térfogat aránya. A fluxus csökkenése figyelhető meg a koncentrációs tényező növekedésével párhuzamosan. Ennek az az oka, hogy minél inkább csökken a térfogat, annál közelebb kerülnek egymáshoz a visszatartott molekulák, amelyek gátolják a permeátum eltávozását a membránon keresztül. Ez a folyamat vezet a koncentráció polarizációhoz, ami a visszatartott molekulák membránfelülethez közeli nagymértékű koncentrációja. Ez végső soron nemkívánatos jelenség, mert olyan mértékűvé is válhat, hogy a berendezés ésszerű üzemelését (túl kis fluxus) megakadályozhatja. A fluxus függ a szűrendő anyag összetételétől, az áramlási sebességtől és a membránfelület nagyságától. A 7.12. ábrán a koncentrációs tényező és a fluxus közötti összefüggés látható.



7.12. ábra. A fluxus és a koncentrációs tényező kapcsolata

Az ultraszűrést a tejiparban hatékonyan és jól alkalmazzák pl. krémfehérsajt és porított fehérjekonzentrátumok előállításánál. Félkemény sajtok gyártásánál magyarországi kutatások szerint nem vált be teljes mértékben, de történtek kísérletek étkezési túró gyártására is. A három leginkább alkalmazott vízelvonási művelet közül (bepárlás, porlasztva szárítás, ultraszűrés) a legkisebb üzemeltetési költséggel az ultraszűrés jár, ezt követi a bepárlás, majd a porlasztva szárítás. Ugyanakkor a membránok igen sérülékenyek, ezért a hirtelen nyomásingadozásoktól és a mechanikai szennyeződésektől óvni kell azokat. Amennyiben ugyanis a membránfelület bárhol kilyukad, a fehérje-visszatartás csökken, súlyos esetben megszűnik. Nagy teljesítményhez, azaz nagy fluxushoz (térfogatáramhoz l/m²·h) nagy membránfelület szükséges. Ezt úgy érik el az ultraszűrőkben, hogy az egyes modulokat különböző kapcsolásokban összekötik, és az egy modulban lévő szűrőfelületet is növelik, például spirálcső-elrendezéssel.

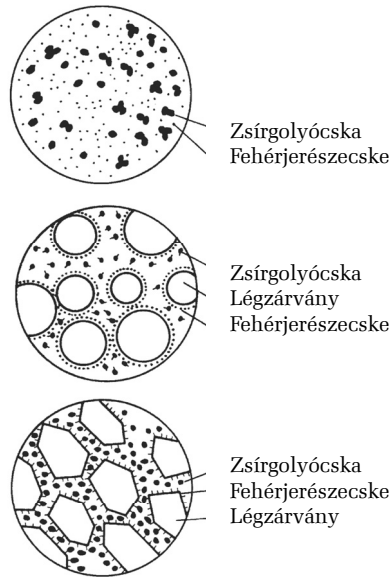
A membrán teljesítményét tulajdonképpen a fluxussal (permeát-fluxussal) lehet lemérni, amelyet a gyakorlatban a túl alacsony és túl magas hőmérséklet és a koncentráció-polarizáció csökkenti. A koncentráció-polarizáció jelensége egyszerűsítve azt jelenti, hogy a „sűrítés” előrehaladtával a membrán felületéhez legközelebbi anyagrétegben olyan mértékben megnő, koncentráliódik a visszatartott molekulák mennyisége, ami már gátolja a kis molekulák átáramlását is, tehát a permeátum fluxusa (térfogatárama) csökken. Ezért nem lehet gazdaságosan a tejet tetszőlegesen magas szárazanyag-tartalomig ultraszűrni. A határt a kb. 25% szárazanyag jelenti. A szárazanyag-tartalom növekedésével egy időben a rendszerben nő a hőmérséklet és a tej viszkozitása is, amely jelenségek szintén bizonyos határt szabnak a koncentrálás mértékére vonatkozóan. A jó minőségű membránok széles pH-tartományban (1–14) kb. 50 °C hőmérsékletig és hosszú ideig működtethetők.

Az ultraszűrés a tejiparban a szárazanyag-alkotók, elsősorban természetesen a fehérjék, a koncentrátumba történő magas átviteli aránya miatt kiemelkedő

gazdaságosságú eljárás. Az ultraszűrés során saját vizsgálataink szerint a fehérjék átviteli aránya a koncentrátumba 94,5%. Az ultraszűrt koncentrátumból gyártott krémfehérsajt esetében a sűrített üsttej összes szárazanyag-tartalmának 66,6%-a, a zsírtartalom 93,65%-a, míg a fehérjetartalom 100%-a ment át a sajtba.

7.8.4. Habosítás

A habosítás műveletét a tejiparban egyre gyakrabban alkalmazzák, elsősorban a desszertjellegű készítmények nagyobb volumenű gyártása miatt. Jellemző művelete a vaj, a tejszínhab, a túróhabok, a fagyaltok gyártásának. Kolloidkémiai szempontból arról van szó, hogy a tejből, tejszínből olyan diszperziót alakítunk ki, amelyben a legnagyobb részecskék a rendszerbe juttatott gázbuborékok. A gázrészecskék bejuttatása történhet mechanikai munkával (habverés), vagy nagy nyomású gáz (levegő, vagy N_2) adagolásával. A gázbekeveréskor tapasztalt érdekes jelenség, hogy először a bejuttatott gázrészecskék gömb alakúak, majd deformálódnak (poliéderez szerkezet). Ezután a folyadék-gáz határfelületen feloldul a zsírfázis, és mivel az érlelés során a zsírgolyócskák felületére szabad zsír jutott, ez a zsírgolyócskákat mintegy összeragasztva, viszonylag merev falat alkotva stabilizálja a kialakult habszerkezetet.



A hab kialakulását és a szilárdságot elősegíti az alacsony habosítási hőmérséklet, a kissé savanyú pH és a magas szárazanyag-, ill. zsírtartalom. Habverésnél igen fontos, hogy a habképzést megfelelő időben, majdnem a maximális szilárdságnál hagyjuk abba. Ezután ugyanis hirtelen csökken a habszilárdság,

nő a léeresztés, és a hab össze is eshet. Ebből a szempontból biztonságosabb a nagynyomású gázzal történő habosítás, amelynél a hab akkor jön létre, amikor a folyadék-gáz keverék elhagyja a nagynyomású, de kisméretű keverőtartályt, és hirtelen kilép a kisebb nyomású légterbe. A fagylaltok habosításánál nemcsak habosítás, hanem fagyasztás is történik. A habképzést és a szilárdságot habképző és habstabilizáló adalékanyagokkal segíthetjük. A tej alkotói közül a savófehérjék önmagukban is igen jó habképző tulajdonságúak.

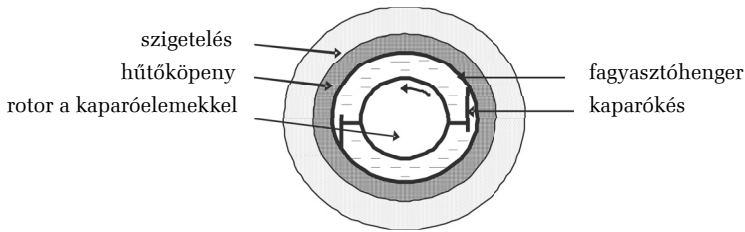
A gyártott habot a habszilárdsággal, a habtérfogattal, a bekevert levegő (gáz) térfogatnövelő hatásával (overrun), a léeresztéssel és a lé zsírtartalmával minősíthetjük. A fagylaltoknál mint haboknál még fontos a cseppenési idő, ami szintén összefüggésben van a habtulajdonságokkal. Mivel a habok képzése a tejtermékeknel elsősorban a zsírhoz kötődik, fontos tudnunk, hogy jó habot csak érlelt (lásd vajgyártás) tejszínből lehet gyártani.

7.8.5. Fagylaltok fagyasztása

A fagyasztás a fagylaltok gyártásának a tejipari műveletek között eddig még nem tárgyalt kritikus művelete. A gyártás során más, már eddig tárgyalt műveleteket is alkalmazunk, de a fagylalt szerkezetének, állományának és nem utolsósorban élvezhetőségének kialakításában döntő a fagyasztás és habosítás. Régebben a kikapari körülmények közötti fagylaltanyag-készítésének is az volt a lényege, hogy miközben a fagyasztótartály külsejét jéggel vagy más módon hűtötték, a masszát állandóan keverték. Ezzel a belső felületen keletkező fagyott réteget folytonosan bekeverték a massa belsejébe, miközben a keverés természetesen levegő bejuttatásával is járt. A fagyasztás során ügyelni kell arra is, hogy túlzott mértékű mechanikai munkát ne végezzünk, mert az túlzott kiköpülődéshez, deumulgálódáshoz vezethet, ami rontja a fagylalt szerkezetét, stabilitását.

A korszerű ipari fagyasztókban is erről van szó, de a nagyobb teljesítmény mellett a korszerűbb technikai megoldások állományában mindenképpen jobb minőségű fagylaltot eredményeznek. Az iparban folytonos rendszerű fagyasztó-habosító gépeket, az ún. „freezer”-eket használják. Ezekben szabályozni lehet a habosítás mértékét, a fagyasztás sebességét és így a kialakuló jégkristályok méretét, amely igen fontos az élvezhetőség és a hidegérzet szempontjából. A freezer legfontosabb része a fagyasztóhenger, ami tulajdonképpen egy kapart felületű hőcserélő (7.13. ábra).

A fenti megoldással gyors fagyasztás érhető el, megfelelő méretű jégkristályok képződnek (10–50 μm), és a habosítás mértéke is jól beállítható. Az így fagyasztott fagylalt sűrű krémszerű állományú, laza, levegős szerkezetű, és a kilépés hőmérsékletén (-4 – -9 °C) nem kelt túl hideg érzetet.



7.13. ábra. A fagyasztóhenger keresztmetszete

7.8.6. Utóhőkezelés, stabilizálás

Az utóhőkezelést számos termék gyártásánál alkalmazzák elsősorban az utófermentáció hatásának megszüntetésére, az eltarthatósági idő növelésére. Mivel az utóhőkezelés természetesen kolloidális változásokat okozna a termékben, ezért elkerülhetetlen a stabilizálás, azaz az eredeti termékszerkezet minimális változásának elérése. Az utóhőkezelés elsősorban a savanyú készítmények gyártásában alkalmazott művelet (68–75 °C), míg a stabilizálás több célú lehet (hőstabilizálás, állománystabilizálás, üledékképződés megakadályozása stb.).

A savanyú alvadékban egymáshoz kapcsolódott kazeinfehérjék az utóhőkezelés hatására előbb lényegesen közelebb kerülnek egymáshoz, majd a fehérje kicsapódik, ami a gélszerkezet felbomlásához, a fázisok szétválásához vezethet. A változás irreverzibilis. A kazeinfehérje kicsapódásának pontos hőmérséklet-tartománya a következő fontosabb tényezőktől függ:

Az alapanyag tej hőkezelése során közölt hőmennyiségtől. Magasabb hőmérsékletű hőkezelésnél a kicsapódott savófehérjék részt vesznek a savanyú alvadék kialakításában, és így mintegy stabilizálják a kazeinfehérjéket, mivel növelik az elektromos töltésüket és fokozzák a hidratációt.

A fermentálási hőmérséklettől. A magasabb alvasztási hőmérséklet kedvező hatása valószínűleg abból áll, hogy a kazeinrészecskék alvadéskori összekapcsolódásakor nem lineáris, hanem bizonyos mértékig háromdimenziós térháló alakul ki, amely hőstabilabb.

A kultúra-nyálkaanyag termelőképességétől. A poliszacharid szerkezetű nyálkák a kazeinmicellák körül védőréteget képeznek, amely bizonyos mértékig véd a hőkezeléstől.

A kazeinfehérjék savanyú alvadékban való kicsapódása stabilizátor alkalmazása nélkül, az alkalmazott gyártási eljárástól függően kb. 55–75 °C közötti hőmérsékleten következik be. A hőstabilitás biztosítására megfelelő makromolekulákat, hidrokolloidokat alkalmaznak. A hővédő hatás alapfeltétele, hogy a rendszerbe juttatott hidrokolloid a fehérje kicsapódási hőmérsékleténél alacsonyabb hőmérsékleten már kellően „feloldódjon”, feltáródjon. Mivel a konkrét termék fehérjének és a hidrokolloid a termék által is befolyásolt kicsapódási, illetve feltáródási hőmérséklete előre nem állapítható meg pontosan, ezért min-

den esetben gyártási kísérletekkel, a konkrét termékre kell kiválasztani a megfelelő stabilizátort.

7.8.7. Reemulgeálás

A reemulgeálás tulajdonképpen emulzióképzés, amely a tejipari gyakorlatban azt jelenti, hogy a folytonos fázist képviselő zsírt (pl. vaj) a kolloid méretű fehérjéket tartalmazó tejl plazmában (pl. fölözött tej) diszpergáljuk, bedolgozzuk. Lényegében arról van szó, hogy a keveréssel, majd homogénezéssel golyócskáká diszpergált zsír a felületén felületaktív anyagokat, fehérjéket kötnek meg. Ezzel a zsírgolyócska újra fehérjemembránt kap, amely egyúttal biztosítja, hogy diszpergált fázisként legyen jelen a rendszerben. Az újonnan kialakult membrán azonban nem egyezik meg az eredeti, vagy akár a homogénezett zsírgolyócskák membránjával, azoktól eltérő.

A leglényegesebb különbség, hogy míg előbbiek eredeti membránanyagokat (is) nagyobb mennyiségben tartalmaznak (foszfolipidek, lipoproteinek, fehérjemolekulák), addig a reemulgeált zsírgolyócskák membránja döntően kazeinből épül fel. Ennek gyakorlati következménye, hogy a halmazképződés valószínűsége megnő, és esetleg zsiriz alakulhat ki. Ennek elkerülésére a reemulgeálást célszerű úgy végezni, hogy természetes emulgenseket nagyobb mértékben tartalmazó fázisban, jellemzően édes íróban végzik a reemulgeálást 70–72 °C-on 40–80 bar nyomáson homogénezéssel max. 12% zsírtartalomig, a zsírgolyócskák eredeti méretére (kb. 3–4 μm), majd fölözés után a zsíros fázist tejjel keverve homogénezik a szokásos módon (pl. tejfölhöz 100–150 bar).

A reemulgeálás ugyan munkaigényes, de jól alkalmazható vajból pl. teljes tej visszaállítására, és különösen előnyös lehet azért, hogy hosszú ideig tárolt vajtételék így biztonságosan feldolgozhatók. A hosszan tárolt vaj általában oxidációra hajlamos, ez a reemulgeálás után az ún. zsírízben jelentkezhet. Ezt a hibát csökkenthetjük, ha az oxidáció mértékétől függően friss tejszínnel 1:1 vagy 1:2 arányban keverve végezzük a reemulgeálást, a fölözés elmarad, és a kívánt magasabb zsírtartalmat friss tejszín használatával állítjuk be.

7.9. A tejipari szintenyészetek gyártástechnológiai jellemzői

7.9.1. A szintenyészetek meghatározása és jelentősége

A tejipari technológiában a sajt, a vaj, a savanyú tejkészítmények stb. gyártásához különböző, egy vagy több mikroorganizmus-fajból álló szintenyészeteket használunk. A tejtermék ízét, állományát és több egyéb jellemzőjét nagyrészt ezek, a gyártás során a pasztörözött tejhez vagy tejszínhez adott szintenyésze-

tek (kultúrák) alakítják ki. A szintenyészetek használata viszonylag új keletű. A 19. század utolsó évtizedében Dániában *Storch*, az USA-ban *Conn* kutatásai mutattak rá a tiszta kultúrák használatának jelentőségére. Általános elterjedésük századunk 30-as éveinek közepére tehető. (A tejipari szintenyészetek vázlatos gyártástechnológiáját a 7.14. ábra mutatja.)

A kultúrák használata kettős jelentőségű. Lehetővé, sőt szükségessé teszük egyrészt a savanyításra, érlelésre szánt alapanyag pasztörözését, ami egészségügyi, termelésbiztonsági szempontból nagy jelentőségű, másrészt a szintenyészet megválasztásával tudatosan beavatkozhatunk pl. a sajterés bonyolult folyamatába, de ugyanígy irányíthatjuk a savanyú tejtermékek, a vaj és egyéb tejtermékek ízének, aromájának kialakulását.

<i>Anyagok</i>	<i>Művelet</i>	<i>Paraméterek</i>
Nyers tej	Tisztítás, főzés	
	↓	
	Hőkezelés	90–95 °C 10–15 perc
	↓	
Szintenyészet	Hűtés	fermentálási hőmérsékletre
	↓	
	Beoltás	
	↓	
	Fermentálás	4,5–4,6 pH-ig
	↓	
	Hűtés	10 °C alá
↓		
	Hidegérlelés	8–12 óra
	↓	
	Felhasználás	

7.14. ábra. A tejipari szintenyészetek gyártástechnológiája

Napjainkban egyre inkább terjed az ún. „direkt kultúrák” (pl. DVS) használata, amelyeket általában por formában szállítanak, és minden előzetes művelet nélkül közvetlenül, a beoltandó termékbe szórva használnak. Ugyanilyen fontoságú az üzemi gyakorlatban a klasszikus, termékszerű kultúrák előállítás, mely során többszöri átoltással előbb liternyi, majd 10 és 100–1000 liternyi kultúrát, savanyítót készítenek a fent közölt technológiával. Így, elsősorban mennyiségük szerint, megkülönböztetünk „anyakultúrát, köztes- és tömegkultúrát”.

7.9.2. A színtenyészetek csoportosítása

A tejjárban használatos színtenyészeteket a mikroorganizmusok rendszertani besorolása alapján négy nagy csoportra oszthatjuk fel. A tejsavbaktérium-tenyészeteket a sajthoz, vajhoz, a túróhoz és a savanyú tejtermékekhez, a propionsav-baktérium-tenyészeteket a kemény sajtokhoz, a rúzstenyészetet egyes sajtféleségekhez, míg a nemespenész-tenyészeteket pl. a roquefort és a camembert sajthoz használjuk.

Tejsavbaktérium-tenyészetek (savanyítók)

A tejjárban használatos színtenyészetek közül a savanyítók használata a legszélesebb körű. Feladatuk a tejtermék ízének, állományának, színének kialakítása savtermelés, fehérjebontás, esetleg kismértékű zsírbontás és aromaanyagok képzése révén. A tejjárban jelenleg ötféle savanyítót: vaj-, sajt-, joghurt-, filant- és kefir kultúrát használunk.

Vajkultúra: Savanyított tejtermékek, sajt, túró, vaj készítéséhez használjuk. A terméktől függően a vajkultúrával szemben más és más követelményeket támasztunk. A savanyú tejtermékekhez, a vaj és túró készítéséhez alkalmazott kultúrától élénk savtermelést, jó diacetil- és CO₂-termelőképeséget kívánunk, viszont nemkívánatos az intenzív fehérjebontás. A sajtok készítésére alkalmazott vajkultúrának jó savtermelőnek, fehérjebontónak és CO₂-termelőnek kell lennie. A vajkultúrát homofermentatív (savtermelő) és heterofermentatív (aromatermelő) tejsavbaktériumok egytörzstenyészeiből keveréssel állítják elő. A tejipari üzemek általában a következő mikroorganizmusokból álló változatot használják:

- *Streptococcus lactis*,
- *Streptococcus cremoris*,
- *Leuconostoc citrovorum*,
- *Leuconostoc dextranicum*,
- (*Streptococcus diacetylactis*).

A *Streptococcusok* fő feladata a savtermelés, illetve a sajterés során a fehérjebontás. Ebbe a nemzetségbe tartozó baktériumok a *Str. diacetylactis* kivételével homofermentatívnak fogadhatók el. A heterofermentatívok feladata a diacetil mint fő aromakomponens és más aromaanyagok termelése. A *Str. diacetylactis* intenzív CO₂-termelő is. A vajkultúra mikroorganizmusai enzimrendszerükkel átalakítják a tej eredeti anyagát. A két legfontosabb ilyen jellegű folyamat a tejsavas erjedés és az aromaképzés. A vajkultúrában tenyésztett baktériumok élettevékenysége nem elszigetelt, hanem szorosan összefüggő, komplex folyamat. A vajkultúra tenyésztése során rendkívül fontos az előírt tenyésztési hőmérséklet pontos betartása. A *Streptococcusok* optimális szaporodási hőmérséklete 28–30 °C, míg a *Leuconostoc-törzseké* 21–24 °C. Az állandó arány megteremtéséhez a vajkultúrákat 20–25 °C közötti hőmérsékleten kell tenyésztetni.

Joghurtkultúra: A kultúrát a joghurt, a joghurt-aludttej, az ízesített joghurt és az egyes juhsajtféleségek gyártásához használják. Mikroorganizmusai szimbió-

zisban élnek, a két fajt már a kultúrakészítő laboratóriumokban is együtt tenyésztik. A joghurtkultúra mikrobái a következők:

- *Streptococcus thermophilus*,
- *Lactobacillus bulgaricus*.

A jó minőségű joghurtkultúrában a coccus-pálca arány 1:1, esetleg 2:1. A joghurtkultúra 42–46 °C-on való tenyésztése során rendkívül fontos, hogy a kívánatos 4,5–4,6 pH elérése után a tenyészetet minél gyorsabban +5 °C körüli hőmérsékletre hűtsük. Ellenkező esetben a tenyészet túlsavanyodik, a coccus-pálca arány a pálcák javára növekszik. A hűtés ebben az esetben azonban nem csak a savanyodás meggátlását szolgálja, ezen az alacsony hőmérsékleten alakulnak ki a joghurt jellegzetes aromaanyagai is, amelyeknek fő alkotórésze az acetaldehid.

Filantkultúra: A kultúra a *Streptococcus thermophilus*nak egy nyálkát termelő, a tejet nyúlósító variánsából álló kultúraféleség, amelyet joghurthabokhoz, gyümölcsjoghurthoz és egyéb savanyú tejtermékekhez használnak az állomány stabilizálása céljából. Optimális szaporodási hőmérséklete 20–22 °C.

Kefirkultúra: Ez a kultúra négy baktériumfajból és egy élesztőből áll, amelyek egy gombán, az úgynevezett kefirgombán élnek szimbiózisban. Mikrobái a következők:

- *Streptococcus lactis*,
- *Streptococcus cremoris*,
- *Lactobacillus casei*,
- *Lactobacillus caucasicus*,
- *Torula kefir*.

A kefir gyártására használják. A tejsavas erjedés mellett alkoholos erjedés és emellett jelentős mennyiségű CO₂-termelés is lezajlik. A kultúra optimális tenyésztési hőfoka 18–22 °C.

Sajtkultúrák

A sajtkultúrát kemény sajtok készítéséhez használják. A vajkultúrához hasonlóan több baktériumfajból álló szintenyészet, e fajok együttes tenyésztése azonban nehezebb, mint a vajkultúrában. Az MK jelű kéttörzsös savanyítót ugyancsak kemény sajtokhoz használják. A sajtkultúra baktériumai a következők:

- *Streptococcus thermophilus*,
- *Lactobacillus helveticus*,
- *Lactobacillus casei*.

Az MK savanyító:

- *Streptococcus thermophilus* és
- *Lactobacillus lactis* (szimbiózisban élő 1:1 arányú tenyészet).

A sajtkultúra és az MK savanyító baktériumaival szemben elsőrendű követelményként támasztjuk, hogy a kemény sajtok készítésekor a magas utómelegítési hőmérsékleten is működjenek és erélyes tejcukorbontók legyenek. A sajtok érése során viszont követelmény az intenzív fehérjebontás.

Propionsavbaktérium-tenyészet: A kultúra a *Propionibacterium shermanii*, esetleg a *Propionibacterium freudenreichii* tiszta tenyésze. A tejjparban a kemény sajtok (főként ementáli) lyukacsozottságának kialakításában, valamint aromaanyagainak képzésében van szerepe.

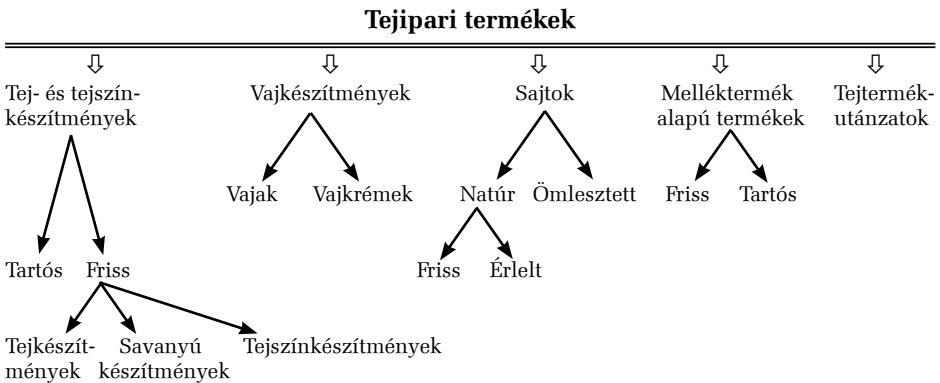
Rúzsstenyészet: A rúzs-kultúra a *Brevibacterium linens* tiszta tenyésze. A kultúrát egyes lágy és félkemény sajtok (limburgi, Moson megyei csemege stb.) készítésére használják fel. A kultúra (neve onnan ered, hogy a sajtok felületén sárgás-vöröses bevonatot képez) intenzív fehérjebontás révén alakítja ki a sajtok végső jellegzetes szagát és aromáját.

Nemespenész-tenyészetek: Ide tartozik a roquefort és a camembert kultúra.

- *Penicillium roqueforti* (roquefort típusú sajtok, pl. márványsajt gyártásához),
- *Penicillium camemberti* (a camembert sajtok gyártásához) használják.

A tejtermékek csoportosítása

A tejtermékek repertoárjának részletes, teljes csoportosítására nem térünk ki, csupán a termékek legnagyobb csoportjait és érdekességként a fehérje-zsír arány szerinti besorolást közöljük (7.15. ábra; 7.5. táblázat). Ahol szükséges, ott a tankönyv ezután következő fejezeteiben, a megfelelő helyeken térünk ki a termékcsoportok további felosztására.

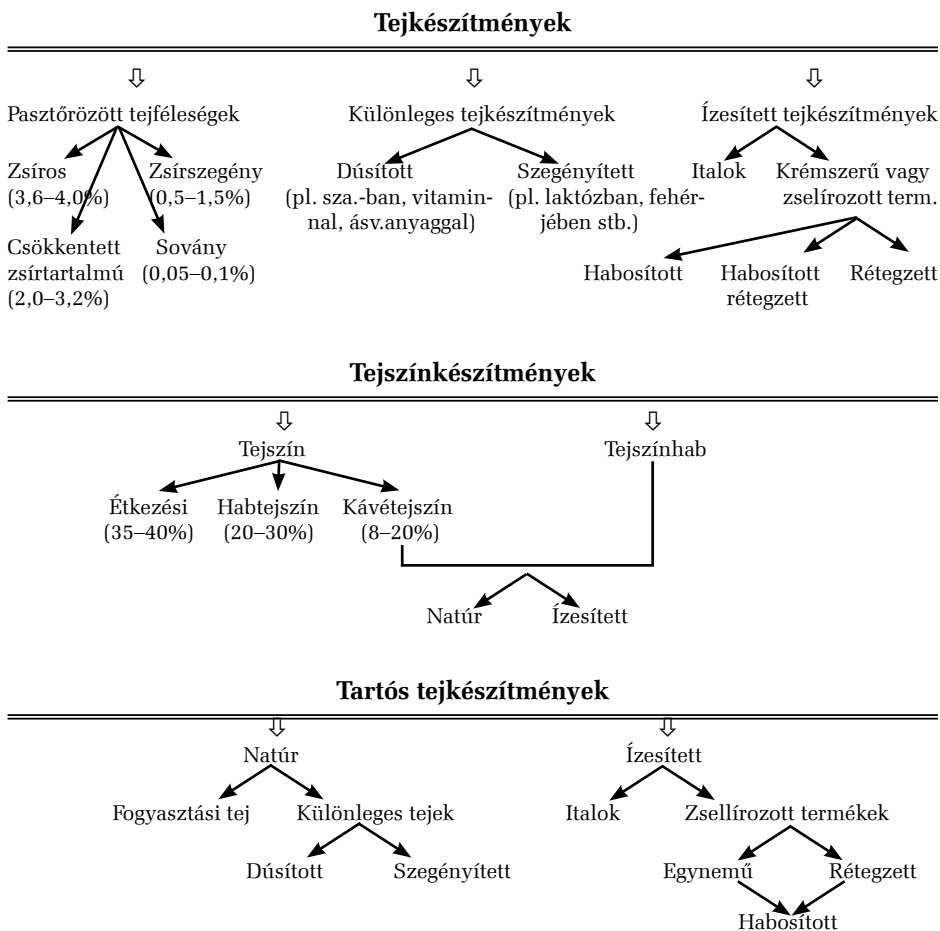


7.15. ábra. A tejipari termékek csoportosítása

7.5. táblázat. A termékek csoportosítása, fehérje-zsír arány szerinti besorolása

<i>Fehérje-zsír arány</i>	<i>Termékek, termékcsoportok</i>	<i>Fehérje-tartalom, %</i>	<i>Zsír-tartalom, %</i>
0,01–0,02	Vajféleségek (teavaj, márkázott vaj, szendvicsvaj)	0,4–1,4	60,0–83,0
0,09–0,17	Tejföl (zsíros) Kávetejszín, habtejszín, tejszínhab Vajkrémekek Sajtkrémekek	2,6–4,9	20,0–40,0
0,20–0,44	Zsírdús joghurtok Tejszínes joghurtok Tejfölök (16–20%) Krémsajtok Vajas márványsajt, kalci sajt, brie és camembert sajtok Tejhabkrémekek	2,0–14,4	7,0–48,0
0,59–0,90	Gyümölcsjoghurtok, joghurt turmixok, krémjoghurt Gomolya és gomolyatúrók márvány-, sonka-, Lajta, pelso, Bakony camembert, Anikó, krémfehérsajt, parenyica, gauda, lapka, Hóvirág, ömlesztett sajtok Presszo- és Novolakt tejpor stb.	0,9–25,8	1,5–30,0
0,91–1,10	Teljes tej, joghurt, kefir, tejpor, fagylaltporok Szekszárdi csemege, Vadász, Moson megyei csemege, óvári, trappista, Zalai füstölt, edami, Pannónia, kaskaval stb. Csokoládés sűrített tej stb.	3,3–26,8	3,5–28,9
1,12–1,50	2,8–3,0%-os friss és tartós tejek Kefir, joghurt, ivójoghurt Tejberizsek, zsíros tehéntúró, krémtúrók, Túró Rudi, Baranya sajt, parmezán, Cukrozott sűrített tej, Mokka tejpor stb.	2,8–29,1	2,0–24,0
1,53–2,37	1,5–2,2%-os tejek, ízesített tejfélék Joghurthabok, félzsíros túró, krémtúrók	2,7–39,9	1,5–17,6
3,06–5,80	Szendvics túrókrémekek, Köményes, Lestyán, Pirosarany, Fokhagymás, Tolnai sovány, Túra sajt stb.	3,0–31,1	0,6–9,4
7,00–44,00	Sovány tej, kakaós tej, sovány túró, sovány tejpor, Fauna joghurt turmix, Sport Robi stb.	3,3–44,0	0,3–3,5

Tej- és tejszínkészítmények gyártása



8.1. ábra. A tejkészítmények, a tejszínkészítmények és a tartós tejkészítmények felosztása

8.1. A pasztörözött tej- és tejszínkészítmények gyártása

Az egyes termékek gyártástechnológiája a következő ábrákon bemutatott műveletekből és folyamatokból épül fel. Az üzemekben a termékeket gyártástechnológiai utasítások szerint gyártják, az élelmiszertörvényben előírt gyártmánylapok alapján. A gyártástechnológiai utasítás tartalmazza az adott termék kémiai, fizikai és mikrobiológiai jellemzőit, az anyagnormát, a gyártási folyamatok leírását, a felhasználható segéd- és csomagolóanyagokat, a gyártásközi és késztermék-ellenőrzés során elvégzendő vizsgálatokat, a csomagolás módját, a tárolási és forgalmazási feltételeket, a minőség-megőrzési, illetve fogyaszthatósági időtartamokat. A gyártástechnológiai utasításokat üzemenként és termékenként kell elkészíteni, és azt a vállalat termelésirányítója (felelős vezetője) hagyja jóvá.

A gyártástechnológiai utasítást a technológiai vonal tisztogatásának és csírántlanításának leírása egészíti ki. Az egységnyi mennyiségű (100 liter, illetve kg) termék előállításához felhasználható folyadék- (sovány tej literben) és zsír kg, továbbá 100 kg termékre felhasználható csomagoló- és segédanyagok mennyiségét a gyártó vállalat által megállapított norma tartalmazza.

Az iparági normatíva az iparági éves átlagos alapanyag-felhasználást tartalmazza, amely elősegíti az éves alapanyag-felhasználás iparági szintű tervezését, az alapanyag-gazdálkodás eredményeinek vállalatok közötti és időszakonkénti összehasonlítását, továbbá lehetőséget ad a bázis- és tényidőszak azonos módon értékelt alapanyag-gazdálkodásának ellenőrzésére. A gyártástechnológiát mindenkor a készítendő termék előírt követelményeinek figyelembevételével az adott technológiai berendezésre, illetve gyártóvonalra kell kidolgozni, és az időközben bekövetkezett változásokat (új gépek beállítása, szabványkövetelmények változása stb.) a technológiai utasításon átvezetni, illetve azt módosítani.

8.1.1. Pasztörözött fogyasztói tejféleségek

A pasztörözött fogyasztói tejféleségek gyártásának általános műveletei a következők: a nyers tej előmelegítése – főlözés, tisztítás, zsírbeállítás – (homogénezés) – pasztörözés – hűtés – tárolás – töltés – csomagolás – tárolás hűtőtérben.

A homogénezés alternatív feltüntetése arra utal, hogy a hazai gyakorlatban a homogénezés – jelentősége ellenére – még nem általános, bár egyre inkább teret nyer napjainkban. A pasztörözés után a tej utótároló tankokba kerül, két okból. Egyfelől azért, mert a csomagológépek kapacitása nem azonos a pasztörökével, másfelől azért, mert a jelenlegi szakaszos zsírtartalom-beállítási rendszer mellett utótároló tankban végezhető el a késztermék előírt összetételének (zsírtartalmának) adagolás előtti ellenőrzése és szükség szerinti utánállítása.

Fokozott jelentősége van tehát a pasztörözött tejjel érintkező felületek gondos tisztításának és az 5 °C alatti hőmérsékletre való hűtésnek az utófertőzés és a csíraszaporodás veszélyének a minimálisra csökkentése végett. Ezt követően

a tejfeleségeket – a zsírtartalom-ingadozásokat elkerülendő – az adagolás során folytonosan keverni kell. Ugyancsak fontos a tasakba csomagolt egységek tételes (kézi vagy gépi) ellenőrzése és a hibás zárású vagy sérült csomagok elkülönítése. A lenti folyamatábra a fogyasztói tejfélék ideális gyártását szemlélteti, amelyben a főlőzőn automatikus zsírbeállítás és hőkezelés után az utótárolás nélküli, azonnali csomagolás történik. A 8.2. ábrán a fogyasztói tejfeleségek gyártását láthatjuk.

<i>Anyagok</i>	<i>Műveletek</i>	<i>Paraméterek</i>
Nyers tej	Előmelegítés	40–45 °C
	↓	
	Tisztítás-szűrés, Fölözés	
	↓	
	Zsírbeállítás	
	↓	
	Homogénezés	60 °C, 200 bar
	↓	
	Hőkezelés	76 °C 40 sec.
	↓	
	Hűtés	<5 °C
	↓	
	Töltés-csomagolás	
	↓	
	Hűtőtárolás	<5 °C

8.2. ábra. Fogyasztói tejfélék gyártási folyamata

8.1.2. Ízesített tejkészítmények

Ide tartoznak legáltalánosabban a csokoládés és sovány kakaós tej, valamint a puding és a habosított puding. Néhány fontosabb irányelv ezek gyártásával kapcsolatosan a következő. A jelenleg üzeminkben használt kakaópor pH-ja a kívánatosnál kisebb, rendszerint 5,8–6,1. Ez még az alkalmazott mennyiség (2–3%) mellett nem csökkenti olyan mértékben a szörp vagy a késztermék pH-értékét, hogy a hőkezelés során kicsapódás bekövetkezne. Általános viszont az üledékképző anyagok (kakaószemcsék, héjrészek) nagyobb aránya, ami a kakaós tejben a leggyakoribb hibát – az üledékképződést – okozza.

A csokoládés tejben a 0,02%-ban használt speciális stabilizálószer az üledékképződést mintegy felére csökkenti, de a nagyobb méretű alkotórészek üle-

122 ■ 8. Tej- és tejszínkészítmények gyártása

pedését nem képes megakadályozni. Éppen az üledékképző anyagok nagyobb aránya miatt nem ajánlható a szörp vagy a kakaós tej – hanem csak a tej – homogénezése, mivel a homogénezőfej funkcionális alkatrészeinek fokozott kopását okozná, viszont a termék minősége (íz teltsége, üledék mennyisége) nem javulna. Megfelelő kakaópor és stabilizálószer alkalmazásával ma már megoldható az üledékmentes csokoládés és kakaós tej gyártása.

A kakaóporban, továbbá a csokoládés tejben és a pudingokban a stabilizálószer, illetve a zselírozó anyag cukorral való száraz előkeverése könnyebbé teszi a termék alapanyagában az adalékanyagok oldását, diszpergálását, és csökkenti veszteségüket. A stabilizáló- és zselírozószereket általában csak száraz előkeveréssel lehet a termékbe adagolni. A csokoládés és a sovány kakaós tej hőntartása a kakaópor jobb feltáródását, illetve a benne levő csírák fokozott elpusztítását segíti elő. A hőntartás következtében jobb (teltebb) ízű és eltarthatóbb terméket kapunk. Mivel a kakaópor zsírt is tartalmaz, ezt a termékek költségszámításában, gyártásakor és szabványosításakor figyelembe kell venni. A csokoládés tej jellegzetes ízének kialakítása céljából használt aromát azért kell hidegen adni a termékhez, mert hőérzékeny alkotórészeket tartalmaz. A pudingokhoz, mivel a hidegen való bevitel itt nem oldható meg, hőellenálló ízesítő- és színezőanyagokat kell használni. (A pudingfélék és az ízesített tejtermékek gyártási folyamatát a 8.3.; 8.4. ábra mutatja be.)

<i>Anyagok</i>	<i>Műveletek</i>	<i>Paraméterek</i>
Zselírozó-, stabilizálószer, cukor	Száraz előkeverés	
	↓	
Beállított zsírtartalmú tej	Bekeverés	
	↓	
Ízesítők, színezők	Ízesítés, Színezés	
	↓	
	Hőkezelés	90–95 °C, 15 perc
	↓	
	Hűtés	pudinghab 25 °C, puding 55 °C-ig
	↓	
N ₂ gáz	Habosítás	
	↓	
	Töltés-Csomagolás	
	↓	
	↓	Hűtés < 5 °C
	↓	
	Állományszilárdítás	5 °C min. 3 óra
	pudinghab ↓ puding	
	Hűtőtárolás	< 5 °C-on

8.3. ábra. Pudingfélék gyártási folyamata

<i>Anyagok</i>	<i>Műveletek</i>	<i>Paraméterek</i>
Kakaópor, cukor, stabilizátor	Száraz előkeverés	
	↓	
Sovány, homogénezett pasztórtéj, kakaó, csokoládé	Szörpkészítés	
	↓	
	Melegítés	90–95 °C
	↓	
	Bekeverés-Hőntartás	80–85 °C, 10–20 perc
	↓	
	Hűtés	< 5 °C
	↓ ↓	
	Csokis tej Kakaós tej	
Csokoládéaroma	Aromásítás	↓
	↓ ↓	
	Töltés-csomagolás	
	↓	
	Hűtőtárolás	< 5 °C

8.4. ábra. Ízesített tejtermékek gyártási folyamata

8.1.3. A cukrozott, ízesített tejszínhab és a habtejszín gyártása

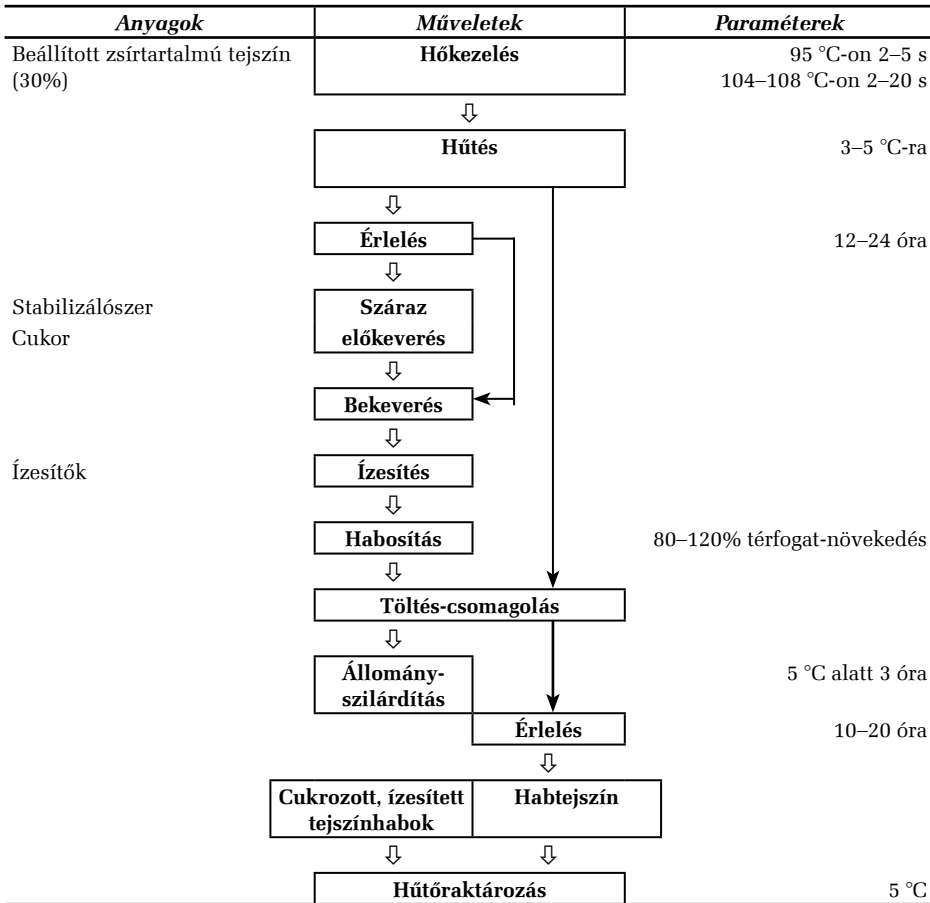
Magas zsírtartalmú tejtermékek lévén, a habok és habtejszín gyártására az ennek megfelelő előkészítő műveleteket kell végrehajtani. (Homogénezni pl. nem célszerű.) Mivel mindkét termékcsoporthoz a habszerkezet jelenti a végső állományt, a kívánatos habtérfogat, habszilárdság és habstabilitás elérése céljából a termékek alapanyagát megfelelően elő kell készíteni. Valamennyi gyártmánynál követelmény a 4–5 °C-ra *hűtés*. Emellett a habtejszínél elengedhetetlen még az *érelés*, amelyet a hűtési hőmérsékleten 10–12 óráig (a felfölöződés gátlása miatt) rendszerint tankokban végeznek. A hidegen érelés hatására megduzzadt fehérjék elősegítik a habképződést, a megdermedt zsírgolyócskák pedig növelik a hab szilárdságát és tartósságát, ezért nélküle nem lehet jó tejszínhabot készíteni. A habverés folyamán felrepedt zsírgolyócskákból kifolyó vajolaj a megduzzadt zsírgolyócskák összekapcsolásával szintén részt vesz a hab szilárd vázának kialakításában.

Az alacsony zsírtartalmú ízesített habok (pl. joghurthab) készítésénél a nagyobb zsírtartalom és az érelés szerepét a speciális habstabilizátorok töltik be. Ez utóbbi esetben nemcsak az érelés szükséges, hanem a habosítás előtti technológiai műveletek csak annyi időt vehetnek igénybe (0,5–1,5 óra), hogy az adalékanyag maximális feltáródása a habosítás során vagy közvetlenül utána következzen be. A tejszínhabok szilárdságát, eltarthatóságát az érelésen

túl szintén tovább növelhetjük stabilizátorok (pl. alginátok, karragének) felhasználásával. A nemzetközi állásfoglalások a natúr habtejszín gyártásánál a stabilizálást elvi szempontból nem ajánlják, viszont megengedhetőnek tartják a felületaktív alkotórészekben dúsabb, tejeredetű adalékanyagok (pl. írópor, Ca-laktát) használatát.

Nemcsak az érlelést, hanem a *habosítást* is 4–5 °C-on kell végezni, ami valamennyi habosításra szánt terméknel követelmény. A *levegő*, illetve a *semleges gáz* a folyamat során kezdetben gömb alakú buborékok formájában ágyazódik be, majd a további gázfelvétel és főleg a keverés hatására a buborékok elaprózódnak, és egyre közelebb kerülve egymáshoz, poliéderes alakot vesznek fel. A légzárványokat elválasztó, fehérjékből és zsírgolyócskákból felépülő habfalak is vékonyodnak, az alkotók tömörülésével szilárdulnak, és lényegében a hab vázát adják. Az első szakaszban erőteljesen nő a *habtérfogat*, majd a csúcsponton túli csökkenő szakasz időszakában a habszilárdság rohamosan nő, és elméletileg gyorsulásának maximumánál ér véget a habverés, ill. kell befejezni a műveletet, mint azt a habosításról szóló részben már említettük. Ha a folyamat egyes időszakokban (pl. percenként) a képződött *hab léeresztését* megvizsgáljuk, kitűnik, hogy a léeresztés és a *lé zsírtartalma* kifejezett csökkenést mutat.

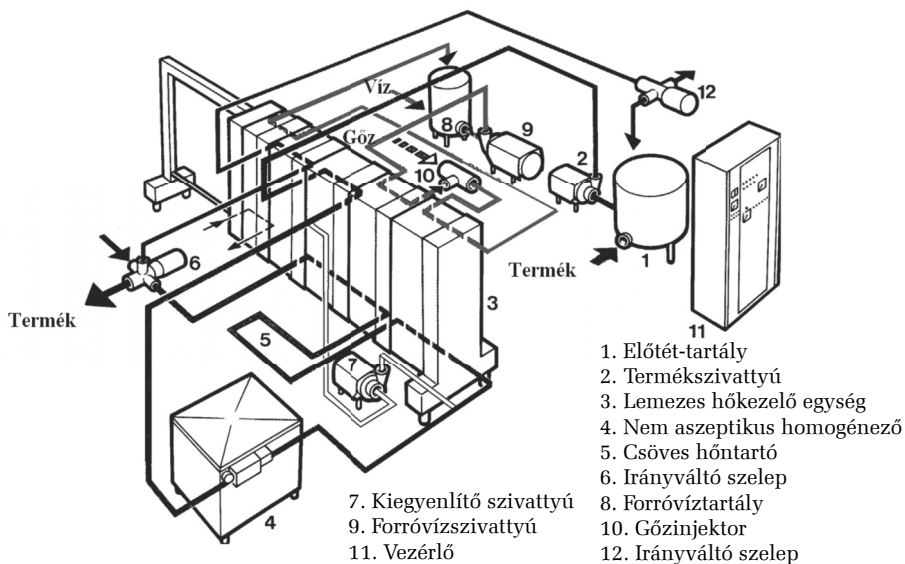
A *stabilizált habtejszín* rendszerint gyorsabban verődik, ugyanakkor a csúcsponton túl a *habtérfogat* csökkenésének mértéke kisebb. Utóbbi miatt a szakszerű habverés időtartománya, következőképpen a gyártás biztonsága nagyobb, mint a *nem stabilizált habtejszín*nél. A tejszínhab optimális minőségi jellemzőinek elérése szempontjából elméletileg mindegy, hogy a *habosítást szakaszosan* vagy *folytonosan* működő gépekkel végzik. A lényeg, hogy a gép műszaki jellemzői (hűthetőség, keverő kiképzése és fordulatszám) elégítsék ki a habverés követelményeit. A folytonos hűtő és habosító berendezések kiképzésüknél fogva higiénikusabb munkát, folytonos és automatikus üzemmenetet, szervezettebb munkavégzést, a habosítás szabályozhatóságát, nem kevésbé az alacsony zsírtartalmú habosított termékek előállítását teszik lehetővé, amelyek együttesen magyarázzák is gyors terjedésüket. Legkorszerűbbek azok a gépek, amelyekkel minden szivattyúzható tejtermék hőkezelése, hűtése és habosítása egy munkamenetben végrehajtható, amiért ezeket gyakran kombinátoroknak (pl. Schröder-típus) is nevezik. Valamivel egyszerűbb a helyzet a habtejszín gyártásakor, hiszen e termék nem hab, hanem folyékony formában jut el a fogyasztóhoz. A hab elkészítését ebben az esetben rábízuk a remélhetőleg elégséges konyhatechnikai ismeretekkel bíró vásárlóra. A 8.5. ábrán a szokásos technológiai lépések tekinthetők át.



8.5. ábra. A cukrozott, ízesített tejszínhab és a habtejszín gyártási folyamata

8.2. Tartós és féltartós tejkészítmények

A tartós és féltartós tejkészítmények egyaránt lehetnek natúr és ízesített változatok. Mindkét termékcsoport közös jellemzője, hogy a termék hőkezelése ultrapasztörözéssel történik. Az ultrapasztörözés során a terméket 135–140 °C-ra hevítik fel, néhány másodperces hőtartás mellett. A hőkezelés történhet indirekt és direkt módon. A direkt ultrapasztörözéskor a hőkezelés nagynyomású tisztított gőz a termékbe történő bevezetésével történik, míg az indirekt eljárásnál a már ismert, falon keresztüli hőkezelés történik (8.6. ábra).



8.6. ábra. Az indirekt UHT hőkezelés folyamata

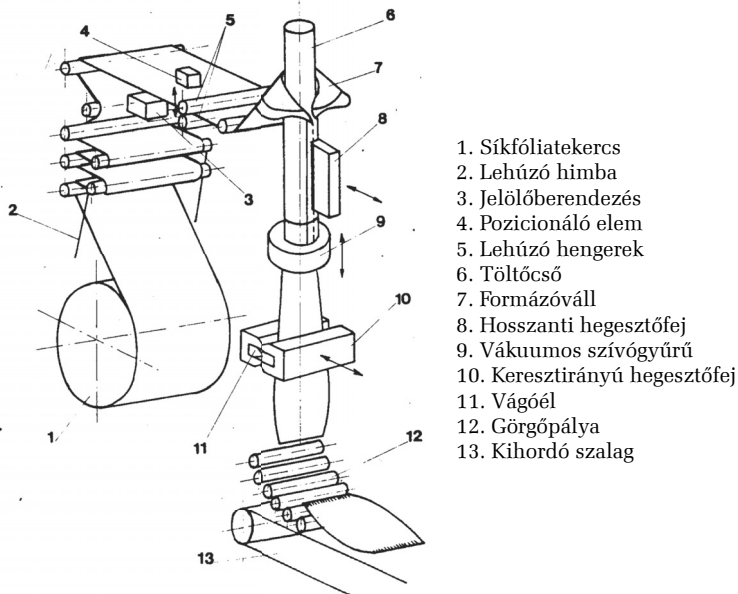
A hosszú eltarthatóságú tejkészítvények az alkalmazott letöltési-csomagolási mód szerint féltartósak, illetve tartósak lehetnek. A féltartós termékek csomagolása általában fényvédő bevonattal ellátott polietilén tasakba történik speciális töltőgépeken, amelyekben a csomagolóanyag és a belső légtér csíratartalmát a minimálisra igyekeznek csökkenteni. A féltartós folyékony tejtermékek eltarthatósága karantén után általában 7–10 nap, hűtőtárolás mellett. A tartós termékeket minden esetben a legnagyobb sterilitást biztosító ún. aszeptikus töltőgépeken, jellemzően többrétegű kombinált papír-műanyag-alufólia anyagú dobozokba csomagolják. Így e termékek eltarthatósága kb. három hónap, hűtőtárolás nélkül. A tartós termékeket felbontás után természetesen szintén hűtve kell tárolni.

8.3. Jellemző csomagolási módok

A tej és tejkészítvények jellemző csomagolási formái a műanyagtömlő, a poharas, a dobozos, aszeptikus dobozos és üveges csomagolás. A csomagológépekkel szemben támasztott követelmények:

- higiénikus, automatikus üzemelés,
- az adagméret tartása,
- jó zárás és
- a gyártás, illetve a fogyaszthatóság jelzésének biztosítása.

A 8.7. ábrán a síkfóliás, tömlős csomagolás menete látható.



8.7. ábra. Síkfóliás csomagológép elvi vázolata

A fóliatekercsről a himba és az előhúzó hengerek segítségével a gép a csomagolóanyagot letekercseli, közben folyamatosan ellátja a szavatossági jelzéssel. A formázóváll a síkfóliából tömlőt alakít ki, amelyet a hosszanti fűtőszál segítségével hegeszt össze, ezt követően az adagolórész egy töltőcsövön keresztül beadagolja a terméket. A megtöltött tasakok zárását egy keresztirányú hegesztőszál végzi, a hátsó hegesztőfejbe épített vágóél pedig a lezárt tasakot leválasztja.

8.4. A friss fogyasztású és ultrapasztörözött tejtermékek tárolása

A friss fogyasztású termékek tárolása. A készáru raktározása úgy történik, hogy a megtöltött és oszlopba rakott ládákat, rekeszeket általában kézi emelővillával vagy emelővillás targoncával szállítják a hűtoraktárba. A friss fogyasztású termékeket 2–4 °C hőmérsékleten tárolják. A láda-, illetve rekeszoszlopokat termékféleségenként elrendezve tárolják. A termékenként elrendezett oszlopok kötegek között akkora utakat kell hagyni, hogy kézi emelővillával vagy gépi targoncával jól megközelíthetőek, ill. az egyes termékek tetszőleges sorrendben is kitarolhatók legyenek. Megfelelő jelzésekkel biztosítani kell, hogy ugyanazon terméken belül a kitarolást gyártási sorrendben lehessen elvégezni. Ez a rövid

eltarthatóságú, friss fogyasztású termékeknel alapvető raktározás-szervezési követelmény. Manapság e komoly terület legmagasabb szintű szervezése a *logisztika* feladatkörébe tartozik.

Az ultrapasztőrözött termékek biztonsági tárolása. Az ultrapasztőrözött tejtermékek megfelelő tárolhatóságát az dönti el, hogy az ultrapasztőrözés során elpusztult-e valamennyi baktérium és baktériumspóra, illetve hogy az aszeptikus töltés és csomagolás során nem következett-e be utófertőzés. Ez a frissen csomagolt termékben még nem állapítható meg, csak bizonyos inkubációs idő után, amikor az esetleg túlélő spórás mikrobák már elszaporodtak. Amíg a készterméket ilyen szempontból nem minősítették, a termék nem hozható forgalomba, a minősítésig biztonsági tárolásban, „karanténban” kell tartani. Mivel az ultrapasztőrözött termékek szobahőmérsékleten is eltarthatók, a biztonsági és a készletezési tárolásra hűtés nélküli raktártér is alkalmas. A legyártott tartós termékekből a karantén kezdetén, matematikai-statisztikai alapon kiszámított mennyiségű (csomagszámú) mintát vesznek, és ezeket hét napon át 37 °C, illetve 50 °C hőmérsékleten tartják (inkubálják), majd mikrobiológiai és érzékszervi vizsgálatokat végeznek. A mikrobiológiai vizsgálat célja az ultrapasztőrözést esetleg túlélő mezofil, illetve termofil spórás mikrobák kimutatása a termékben.

A minták mikrobiológiai vizsgálatán kívül az érzékszervi tulajdonságokat: az ízt, a szagot, az állományt, ezen belül az esetleges felfölzödést, az üledékképződést, a gélesedést vizsgáljuk. A minták megfelelő minőségének elbírálása után a minták szerinti tételek tartós terméként forgalomba hozhatók.

8.5. A tejkészítmények hibái

8.5.1. A pasztőrözött friss fogyasztású termékek hibái

A pasztőrözött fogyasztási tej leggyakoribb hibája a *zsírkiválás* (felfölzödés): a zsír egy része (kb. 10–20%-a) a tej felületére száll fel, és részben a csomagolóanyag falára tapad. Jó minőségű nyers tej felhasználásakor vagy homogénezésekor a hiba általában nem fordul elő.

A tisztátalan íz főleg a nyersanyag kezelésének és feldolgozásának higiéniai hiányosságaira utal.

*A takarmányíz*t egyes időszakokban az egyoldalú vagy hibás takarmányok túlzott etetése váltja ki.

A lipázos, karcos íz télen gyakoribb, amikor az öregfejs tehének nagyobb aránya folytán a tej eredeti lipáztartalma nagyobb, egyidejűleg kisebb az antioxidáns- (savanyodást gátló) tartalom, valamint nagyobb a tej lipáztermelő baktériumokkal való fertőzése. Hasonló a hiba akkor, ha szekréciós hibájú tej van az egészséges tejben. A hiba csökkentésének vagy megszüntetésének lehetősége elsősorban az elletések időben arányosabb elosztásától és a masztitisz

elleni küzdelem hatékonyságától, valamint a baktériumos fertőződés kiküszöbölésétől függ.

A pasztörözés hatására bekövetkező, nagyrészt fehérjéből álló pelyhes kicsapódás a nyersanyag nagyobb csíraszámának, illetve a szekréciós hibának külön-külön, illetve együttes következménye.

A *savanykás íz* súlyos hiba, a tejsavbaktériumok elszaporodását jelzi. Rendszerint a fogyaszthatósági időn túl észlelhető.

Az ízesített tejkészítmények hibái

A kakaós tej és részben a csokoládés tej leggyakoribb hibája az *üledékképződés*. A hiba a kakaópor nem megfelelő (héjrészeket tartalmazó) minőségéből származik, stabilizálószeres használatával csupán csökkenthető. A készítmény romlását a *savanykás íz* jelzi valamennyi ízesített tejtermékben.

A pudingok *kozmas-főtt ízét* általában az adalékanyagok megfelelő elkeverése és feltáródása előtt való hőkezelése váltja ki.

Az *idegen, émelyítő savanykás íz és szag*, majd a puffadt, szakadozott állomány baktériumos (pl. kólis) fertőződés következménye.

A tejszínkészítmények hibái

A *habtejszín tisztátalan*, esetenként takarmányízét a fogyasztói tejnél felsorolt okok válthatják ki.

A *cukrozott tejszínhab* fokozódó léeresztése, savanyodása és a habszerű állomány eltűnése már a romlási folyamat kezdetét jelzi.

8.5.2. Az ultrapasztörözött termékek gyakoribb hibái

Színhibaként leggyakrabban a *barnulás* fordul elő, amely rendszerint a tejcukornak és a fehérjék egyes aminos csoportjainak Maillard-reakciója következtében áll elő.

Az *üledékképződés* oka a fehérjéknek – különösen a kazeinnek – a hőhatásra bekövetkezett fokozott kicsapódása.

A *Felfölöződés* akkor áll elő, ha a homogénezés nem volt megfelelő.

A *gázosodást* a spórás baktériumok elszaporodása és intenzív gáztermelése okozza.

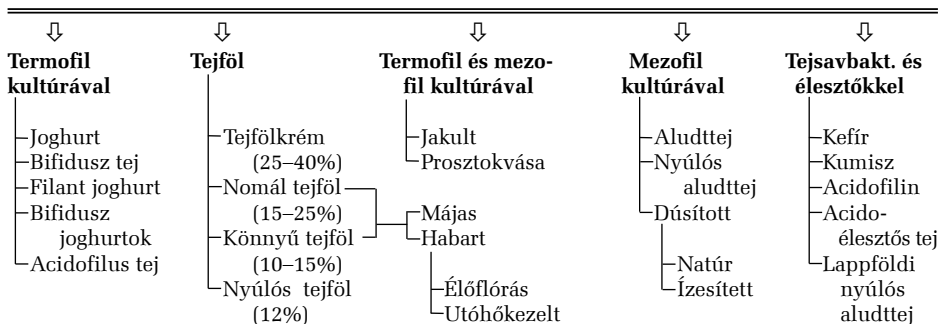
Az ízhibák közül a *főtt íz* a leggyakoribb. Általában a hőkezelés során felszabaduló szulfhidril-csoportok idézik elő.

Az *oxidációs, enyhén avas íz* akkor jelentkezik, ha a tejben oxigén, illetve a csomagolásban levegő van jelen. A hiba megelőzésére a közvetett hevítésű eljárások folyamán a vákuumos gáztalanításhoz és a csomagok teljes megtöltéséhez folyamodnak. Általában elmondható, hogy a hibák legnagyobb részét a nem megfelelő alapanyag, illetve a technológiai előírások, a paraméterek be nem tartása idézi elő. Ezért nagy szerepe van a prevenciónak, azaz az alapanyag helyes kiválasztásának, illetve a gyártási utasítások maradéktalan betartásának.

A savanyú tej- és tejszínkészítmények gyártása

A savanyú tej- és tejszínkészítmények olyan tejtermékek, amelyeket meghatározott zsírtartalmú tejből, tejszínből homogénezés és hőntartásos pasztörözés után a termékre jellemző íz, aromát termelő és savanyító mikroorganizmusokkal megalvasztunk (9.1. ábra). Ezt követően a terméket lehűtjük, majd utóérleljük. Egyes változatoknál alvasztás után habarunk, ízesítünk, és alkalmazhatunk utóhőkezelést, esetleg habosítást is. 10%-nál kisebb zsírtartalom esetén savanyú tejekről, legalább 10% és azt meghaladó zsírtartalom esetén savanyú tejszínekről beszélünk. Megkülönböztetünk élőflórás egyszerű (natúr) savanyú tejeket és tejszíneket; ízesítőanyagok hozzáadásával előállított összetett, más néven ízesített savanyú tej- és tejszínkészítményeket, valamint nem élőflórás ízesített savanyú tej- és tejszínkészítményeket. A savanyú tej és tejszínkészítmények jellegét az alvasztáskor keletkező tejsav, valamint az érlelésükhöz felhasznált mikroorganizmusok által termelt aromaanyagok adják.

Savanyú tejkészítmények



9.1. ábra. A savanyú tejkészítmények felosztása

Mivel minden savanyú tej és tejszínkészítmény alapanyaga a megfelelő zsírtartalmú pasztörözött tej vagy tejszín, a savanyítást végző, valamint a termékre jellemző íz, zamatanyagot termelő mikroorganizmusokat kultúra formájában kell a tejhez adni. Különböző csoportokba sorolhatjuk a savanyú tej- és tejszínkészítményeket attól függően, hogy termofil, mezofil tejsavbaktériumokat, vagy tejsavbaktériumokat és élesztőket is használunk fel gyártásuk során. Termofil tejsavbaktériumok felhasználásával készítjük a joghurtokat, az acidofilusz tejet,

mezofil törzsek közreműködésével készül az aludttej, a tejföl, míg a kefir és a kumiszkészítések a tejsavbaktériumok mellett élesztőgombákat is alkalmazunk.

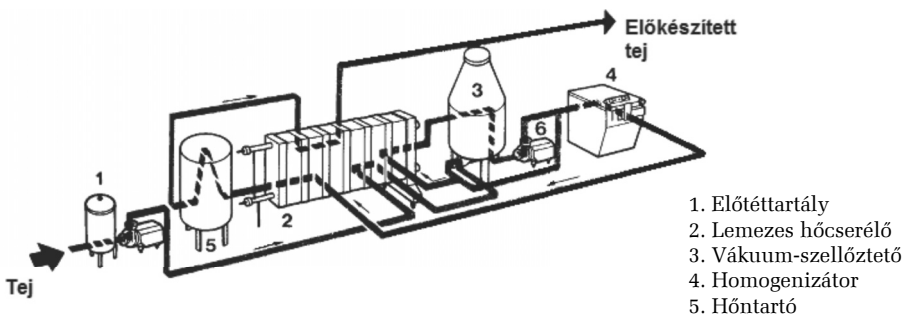
A savanyú tejkészítmények készítésekor az alapanyaggal szemben támasztott általános követelményeken túl lényeges, hogy a tej mentes legyen minden gátlóanyagtól. Az erjedést gátló anyagok – antibiotikumok, fertőtlenítőszeres stb. – jelenléte a tejben gátolja a savanyítókkal bevitt mikroorganizmusok tevékenységét, és ezzel veszélyezteti a termék minőségét. A gyártás során az egyöntetű, jó minőségű termék érdekében fontos az alapanyag homogénezése és hőntartásos pasztőrözése (9.2. ábra).

9.1. A savanyú készítmények meghatározó gyártási műveletei

9.1.1. Az alapanyag hőkezelése

A savanyú tej- és tejszínkészítmények hőkezelése során magasabb hőmérsékletet és hosszabb idejű hőntartást alkalmazunk (9.2. ábra). A hőkezelés során magasabb hőmérsékletet alkalmazunk, amit indokol a termék sokszor magas zsírtartalma, a beoltás előtt megkívánt mikrobiológiai „tisztaság” (a hőkezeltég egyszerűen ellenőrizhető peroxidáz próbával), ugyanakkor követelmény a savófehérjék nagyobb mértékű koagulálása is, mert ezzel az alvadék vízkötőképessége megnő, azaz a termékben a savóeresztés mértéke csökken. A hőmérséklet és hőntartás felső határát pedig úgy kell megválasztani, hogy mindezt barnulás és karamellizálás nélkül érjük el. A hőkezelést a fenti követelményeknek megfelelően, pl.

- 90–95 °C-on 5–10 perces hőntartással, vagy
- 105–108 °C-on 20 s hőntartással végezhetjük el.

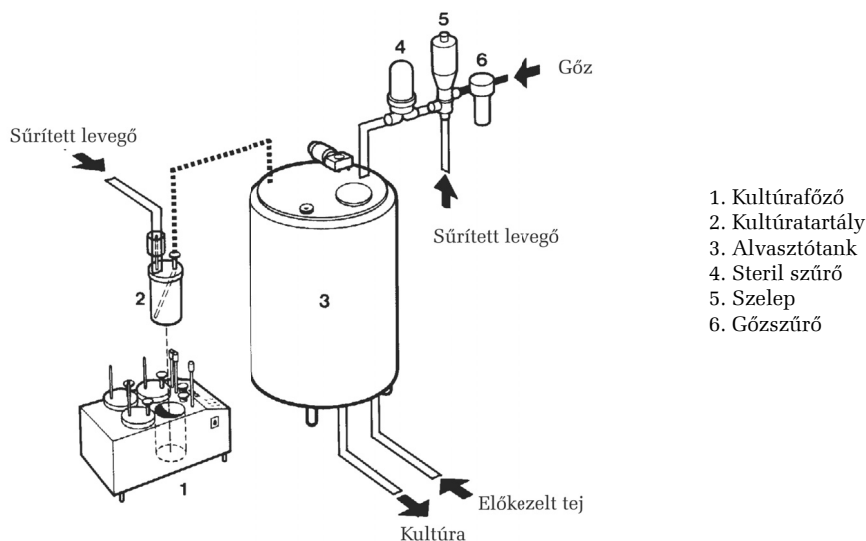


9.2. ábra. A savanyított készítmények alapanyagának előkészítése

9.1.2. Alvasztás

A savanyú tej- és tejszínkészítmények jellegét az alvasztással alakítjuk ki. Az alvasztás lényege, hogy a tejet, tejszín megfelelő szintenyéssel beoltva alvadásig savanyítjuk. Műveletei a *beoltás*, az *alvasztás (savanyítás)* és az *utóérlelés*.

A *beoltás* a szintenyészet mikrobáinak megfelelő hőmérsékleten az alvasztásra váró tejbe, tejszínbe való juttatása. A kultúrát az egész termékmennyiségbe egyszerre öntve szakaszosan vagy folytonosan (csővezetékbe injektálva) is adagolhatjuk. Lényeges a savanyító adagolása után az alapanyagban való alapos elkeverés. (A beoltás folyamatát a 9.3. ábra szemlélteti.)



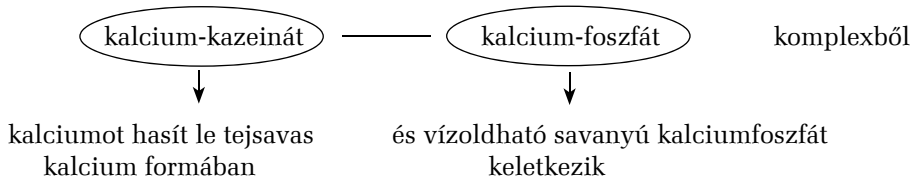
9.3. ábra. A beoltás folyamata

A savanyítást a késztermék kívánt állományától függően kisebb egységekben – pohár, papírdoboz – vagy tankban végezzük. Ha az alvasztást pohárban végezzük, ügyelni kell arra, hogy a gyors (3–4 óra) alvasztású termékekből annyit kultúrázzunk be, amennyit félórán belül le tudunk csomagolni, míg ez az idő a hosszabb alvasztású (10–20 óra) termékeknél két óra lehet, ellenkező esetben fennáll az alvadék sérülésének veszélye. Tankos alvasztást a natúr, habart állományú és az ízesített termékek készítésénél alkalmazunk.

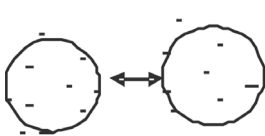
A savas alvadás bonyolult kolloidkémiai folyamat, amely alatt a következő folyamatok játszódnak le. Első lépésben a bevitt mikroorganizmusok gyors szaporodása folytán a tejcukorból tejsav képződik.

1. A keletkező tejsav elsőként a tej szénsavas, foszforsavas és citromsavas sóival lép reakcióba.

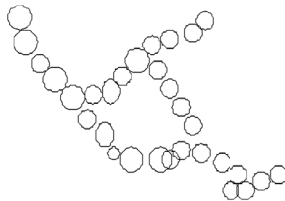
2. A második lépésben a tejsav a



3. A harmadik lépésben a kazeinfehérje fokozatosan elveszti elektromos töltéseit, és 4,6 pH-nál elektromosan semlegesé válik, majd a részben szétnyílt fehérjeláncok másodlagos kötőerőkkel összekapcsolódnak és laza térhálót alkotnak.



A kazeinmicellák kifelé negatív töltéseik miatt taszítják egymást



Micellaaggregáció a töltés elvesztése után



A folyamat végén a kinyílt kazein fehérjeláncokból laza térháló alakul ki

A gél szerkezet a következőképpen alakul ki: A semlegesé vált kazeinmicellák rendeződnek, és lazán egymáshoz kapcsolódva aggregátumokat hoznak létre. Ezután megkezdődik a micellák szétnyílása, a láncokat Ca-hidak kötik össze. A végső fázisban a Ca-hidak felbomlanak, a Ca-ionok oldatba mennek (tehát az alvadékszerkezet, vagy ha úgy tetszik, a fehérjeláncok Ca-tartalma csökken!), és a fehérjeláncok laza térhálószerű füzereket alkotnak, miközben üregeikbe a savó bezáródik. A kazeinfehérje a kolloidálisan oldott, szol állapotból átmegy kocsonyás, gél állapotba. A savas alvadás tehát 4,6 pH-nál következik be, ez tehen-tejnél kb. 25–28 SH⁻-nak felel meg. Az alvadás bekövetkezése után a terméket azonnal 10 °C alá hűtjük le, ezzel megakadályozzuk az alvadék túlsavanyodását és az ezzel járó savó kiválást. Az utóérlelés célja, hogy a friss, üres ízű termékben íz- és zamatanyagok termelődjenek. A terméket 4–6 °C-on tároljuk. Ezen a hőmérsékleten a kultúra aromatermelő törzsei kerülnek túlsúlyba, így a savanyodás lassul, megszilárdul az alvadék, aroma- és zamatanyagok termelődnek. Az utóérlelés időtartama 12–24 óra. (A savanyú tej- és tejszínkészítmények fontosabb aromaanyagait a 9.1. táblázat tartalmazza.)

9.1. táblázat. *A savanyú tej- és tejszínkészítmények fontosabb aromaanyagai*

<i>Termék</i>	<i>Aromaanyagok</i>
Aludttej, tejföl	szénsav, ecetsav, propionsav, hangyasav, tejsav, diacetil
Joghurt	hangyasav, ecetsav, propionsav, tejsav, diacetil, acetaldehid
Kefir	etil-alkohol, propil-alkohol, hangyasav, ecetsav, propionsav, diacetil, szénsav

9.1.3. A habarás

A tankban való alvasztást az ún. habarás követi. Ez igen fontos és kényes művelet a termék állományának szempontjából. A következő követelményeknek kell egyidejűleg megfelelni: *az alvadék sima, csomómentes legyen, viszkozitása és szilárdsága csak igen kis mértékben csökkenjen, és ne váljon savóeresztővé, valamint ne savanyodjon túl a termék.* A habarási művelet történhet magában az alvasztótankban vagy más berendezésben.

A fenti cél elérése érdekében a habarást 4,5–4,6 pH-nál meg kell kezdeni és 4,4 pH-érték alá történő csökkenés előtt be kell fejezni, és közben megfelelően gyors ütemben lehetőleg 10 °C alá kell hűteni az alvadékot. A hűtés hatékonyságát segíti, ha az alvadék hűtését kissé előbb, már 4,8 pH-értéknél megkezdjük. Így talán több időnk lesz a hűtésre, ugyanakkor a savanyodás továbbhalad, és a csomómentes állomány kialakulásával egyszerre érjük el az optimumnak tekinthető 4,4–4,5 pH-t.

A simább, csomómentesebb, de elsősorban a nagyobb viszkozitású és a savóeresztéstől mentes állomány kialakulását elősegíthetjük stabilizátorok használatával és természetesen a pasztörözés és homogénezés előírásainak pontos betartásával, esetleg a termék szárazanyag-tartalmának növelésével. Az alvadék habarására az alvasztótankon kívül speciális habaró-, hűtőberendezéseket is használhatunk. A hűtés történhet pl. lemezes hűtőben, sőt homogénezőben is, a habarást csővezetékbe szerelt habaró-keverő elemekkel javíthatjuk (9.4. ábra). Ilyen habaróelem a spirállemezes, a rugós és a szitalamezes habarófeltét.



9.4. ábra. *Csővezetékbe épített spirállemezes keverő-habaró elem*

A tankban alvasztott, majd habart, hűtött és becsomagolt terméket ugyanúgy éreljük, mint a pohárban alvasztott termékeket (9.5. ábra).

<i>Anyagok</i>	<i>Műveletek</i>	<i>Paraméterek</i>
Beállított zsírtartalmú előmelegített tej	Homogénezés	75 °C, 100–200 bar zs%-tól függően
	↓	
	Hőkezelés	95–100 °C, 2–3 perc
Színtenyézzettel	↓	
	Hűtés	Beoltási hőm-re (24–45 °C)
	↓	
Pohárba, dobozba stb.	Beoltás	2–5%
	↓	
	Töltés-csomagolás	A beoltás hőmérsékletén
	↓	
	Alvasztás	4,6–4,7 pH-ig
	↓	
	Hűtés	6–10 °C-ra
↓		
	Hidegérlelés	12–14 óra
↓		
	Hűtőraktározás	<10 °C-on

9.5. ábra. A savanyú készítmények jellemző gyártása poharas alvasztással

9.1.4. Érlelés

A savanyú tej- és tejszínkészítmények gyártásának elengedhetetlen művelete. Elhagyása esetén a termék üresen savanyú lesz. Az alvasztásra (fermentálásra) alkalmazott kultúra mindig többféle mikrobafaj keveréke. Ezek közül némelyek a savképzésért, mások elsősorban az aromaanyagok képzéséért a felelősek. Megfigyelték, hogy az alvadás után a terméket lehűtve az aromaanyagok képződése felgyorsult. Ez összefüggésben lehet azzal, hogy az alacsonyabb hőmérsékleten és savas közegben más kultúramikrobák kerülnek túlsúlyba, vagy egyszerűen egyes savanyítók életgörbéjük végéhez közelednek, míg mások éppen most érnek a logaritmusos szaporodási sebességű szakaszba, most igazán aktívak. A kevert kultúrákban nehéz kimutatni, hogy az egyes mikrobafajok pontosan mely anyagok termeléséért felelősek, sokszor nehezen találunk magyarázatot a különböző fajok arányának változására a gyártás során, mindenesetre tény, hogy a hidegen való érlelés nélkül alacsonyabb érzékszervi minőségű termék keletkezik.

A hidegérlelés sokszor spontán megtörténik. Az alvadás után ugyanis (mivel csupán pasztőrözött termékről van szó) mindenképpen le kell hűteni a terméket (hűtőraktárba kerül), és a kiszállításig hűtve kell tárolni. A hűtve tárolás alatt, ha az elégséges idejű, jó esély van a megfelelő aromaanyagok kialakulására.

9.1.5. Utóhőkezelés és melegen letöltés

Külön-külön, de általában együttesen alkalmazva célja a termék eltarthatóságának, biztonságának növelése. Az utólagos hőkezelés a savanyú termékek gyártása során alkalmazott eltarthatóságot növelő módszer, amelyet sok esetben a melegen való letöltéssel együtt alkalmaznak. Az utóhőkezelést általában 68–76 °C közötti hőmérsékleten végzik. Az utóhőkezelés előtt a hőállóságot fokozó stabilizálószerrel kell a termékhez adni, hogy a kialakult kolloidrendszer ne károsodjon, az alvadék ne váljon savóeresztővé, esetleg ne túrósodjon ki. Az utóhőkezelés utáni melegen való letöltéssel a csomagológép alkatrészeit és magát a csomagolóeszközt is némileg hőkezelni tudjuk, így az utófertőződés veszélye lényegesen kisebb, mint más eljárásoknál. Az utóhőkezelésre speciális berendezések szolgálnak. Szükség van az alvadékot nem törő térfogat-kiszorításos szivattyúra, csöves hőcserélőre, vagy nagy lemeztávolságú lemezes hőcserélőre. Az utóhőkezelés és a melegen való letöltés kombinációjával, szakszerű tárolás mellett a termék eltarthatósága lényegesen növelhető, ugyanakkor az ilyen termékek *nem „élőflórásak”*.

9.2. A savanyított tej- és tejszínkészítmények csomagolása

A nagyfogyasztói csomagolással elsősorban intézményeket, vendéglátó-ipari egységeket, kórházakat stb. szolgálunk ki. A korábbi 25 literes kannában történő kiszolgálást egyre inkább az egyutas, nem alaktartó nagyfogyasztói csomagolás váltja fel. Fogyasztói csomagolásra a műanyag poharas csomagolást, valamint az alaktartó, rétegelt kartondobozos csomagolást használják. Elsősorban a hígabb, pl. ivójoghurtok csomagolására alkalmasak még az üveg és műanyag palackok is, amelyeket aszeptikus módon is meg lehet tölteni.

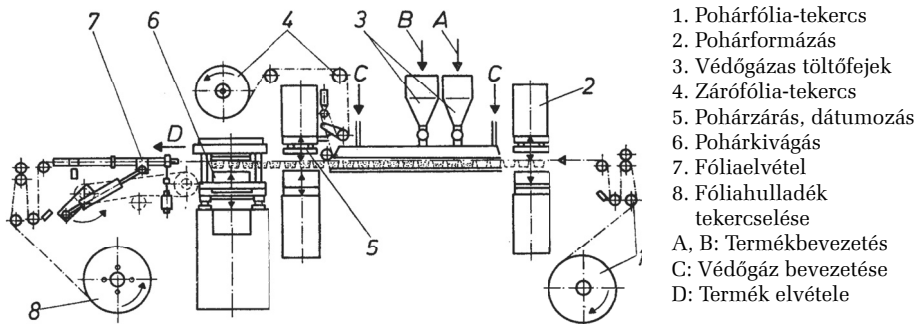
A gyűjtőcsomagolást a könnyebb kezelhetőség teszi szükségessé. Erre a célra leggyakrabban műanyag ládákat, rekeszeket használnak. Ezek visszatérő gyűjtőcsomagolások, így sokszor felhasználhatók, de a folytonos visszaszállítási és tisztogatási problémák ugyanakkor hátrányt jelenthetnek.

A korszerű gyűjtőcsomagolást napjainkban a vissza nem térő, egyutas karton csomagolóeszközök jelentik. Egyedüli hátrányuk a viszonylag magasabb költség. Térhódításukat jelzi, hogy míg korábban főként a magasabb árfekvésű ízesített termékeket forgalmazták kartonrekeszekben, ma már egyre többen választják ezt a gyűjtőcsomagolást a natúr kefir és tejföl esetében is.

9.2.1. Előre gyártott poharakkal, tégelyekkel üzemelő berendezések

A tejipar termékeinek egy részét – folyékony, képlékeny – különböző alakú és méretű műanyag poharakba, illetve tégelyekbe csomagolják. A töltést követő zárásuk történhet pattintó fedéllel, alumínium fóliával, vagy a visszazárhatóság miatt mindkettővel. Ezekre a töltő-zárógépekre az jellemző, hogy az adagolást dugattyús adagolóberendezéssel végzik. A mennyiség szabályozása a dugattyú lökethosszána változtatásával történik. Két típusuk terjedt el, az egyik a körasztalos, a másik a hosszanti láncpályás csomagológép. Egyes gépeknél a fóliafelhasználás tekercsből kivágva történik, míg más típusoknál kész, kivágott fólialapokat használ a gép, azokat általában vákuummal és egyenként fogja meg és illeszti a poharakra.

A hazai üzemekben még ma is gyakran alkalmazott géptípus a Pép-Pack 220 rendszerű pohártöltő- és csomagológép. A poharakat egymásba rakva a gép pohártartójában helyezük el. Innen egy pohárleszedő szerkezet helyezi a poharakat a kettő vagy többsoros szakaszosan mozgó szállítópálya speciálisan kialakított részeibe. A szállítópálya a poharakat a töltőfejekhez továbbítja. Itt adagolóhengereken keresztül kerül a termék a poharakba. A megtöltött poharak továbbítása ezután a gép záró-hegesztőfejéhez történik, ahol a jelzés felvitele is megtörténik a fóliára. A hegesztés elektromos fűtésű hegesztőfejjel megy végbe, amely a hegesztéssel egy időben a zárófólia vágását is elvégzi (9.6. ábra).



1. Pohárfólia-tekercs
 2. Pohárformázás
 3. Védőgázos töltőfejek
 4. Zárófólia-tekercs
 5. Pohárzás, dátumozás
 6. Pohárkivágás
 7. Fóliaelvétel
 8. Fóliahulladék tekercselése
- A, B: Termékbevezetés
C: Védőgáz bevezetése
D: Termék elvétele

9.6. ábra. Pohárformázó töltő-zárógép felépítése, elvi működése

9.2.2. Dobozba töltő csomagológépek

A tej és egyéb folyékony tejtermékek egyutas csomagolásának egyre inkább teret hódító módja a különféle alakú és méretű papírdobozba történő adagolás. A dobozok anyaga több rétegből álló papír, amelynek belső oldalán minden esetben vékony polietilén réteg van, a külső oldalán a nedvesség felszívásának megakadályozására vagy parafinréteg, vagy szintén polietilén. A csomagológépeket két nagy csoportba sorolhatjuk. Az egyik rendszerben magukat a dobozokat is az

automatikus működésű dobozformázó, töltő-zárógépek készítik, a másik típusba tartozóknál pedig a más gyártótól származó kész dobozokat használják fel.

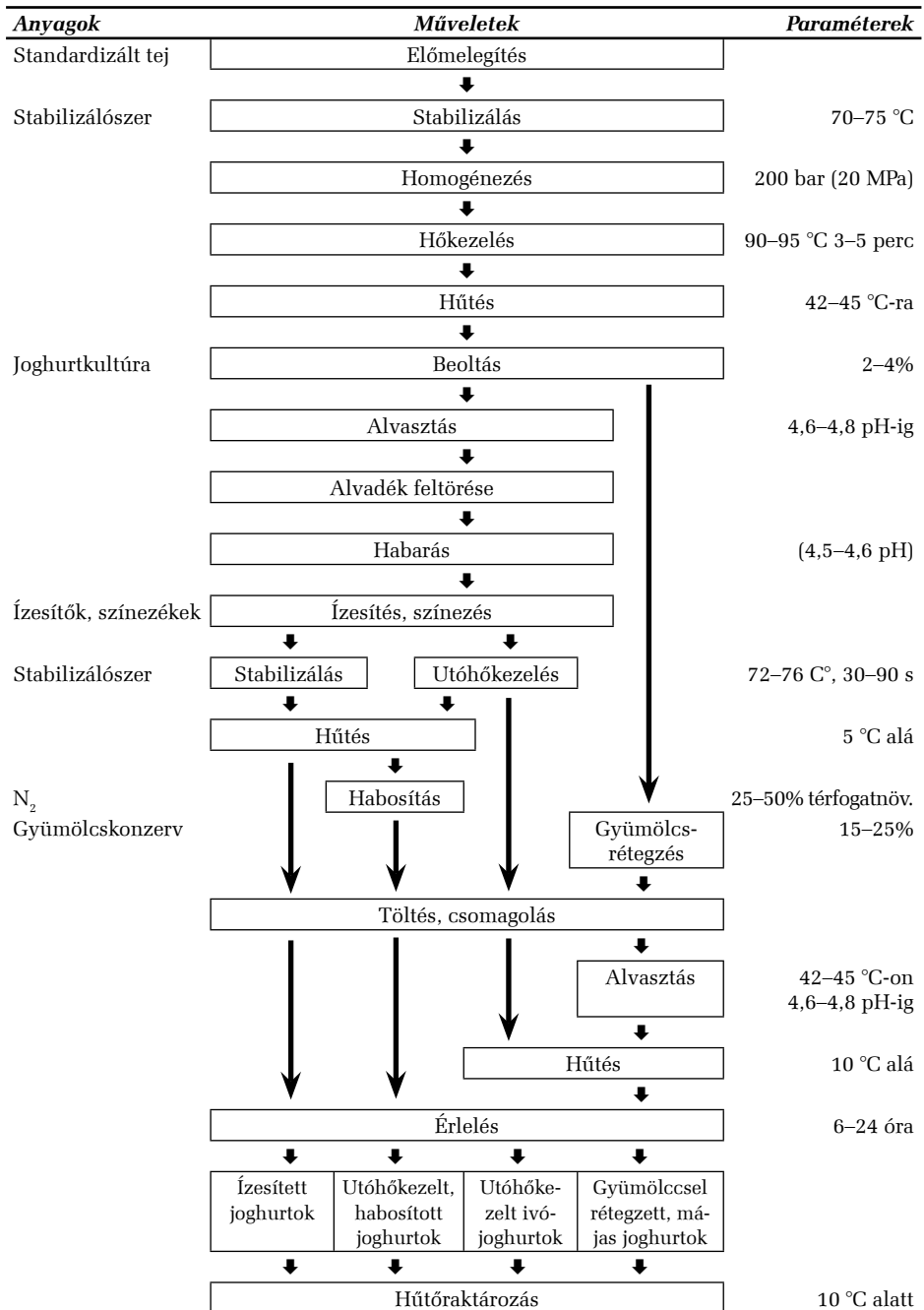
9.3. Joghurtkészítmények gyártása

Mindegyik termékre érvényes, hogy az egyöntetű minőség eléréséhez az alapanyagot homogénezzni kell. A savófehérjék részleges denaturálására a magas hőmérsékletű, rendszerint hőntartásos pasztőrözés szintén alapkövetelmény. Az egyedi tulajdonságokat kialakító egyéb műveletek igen eltérőek lehetnek (ízésítés, utóhőkezelés stb.).

A joghurtoknak számos változata van. A gyártásuk során alkalmazott technológiai műveletek azonban a tej beoltásáig közel azonosak. A megfelelő zsírtartalomra beállított tejet kb. 65–70 °C-ra előmelegítik, és ezen a hőmérsékleten 150–200 bar nyomáson homogénezzik. A homogénezést a hőntartásos pasztőrözés követi 90–95 °C-on 5–10 perces hőntartással, vagy 105 °C-on 20 másodperces hőntartással. Pasztőrözés után a tejet 42–45 °C-ra visszahűtik, majd 2–5% joghurt (tömeg) kultúrával beoltják. A joghurtkultúrát a joghurt és az ízesített joghurtok gyártásánál használjuk. Törzsei: *Str. thermophilus* és a *Lactobacillus bulgaricus*, melyek 1:1 arányban találhatóak a jó kultúrában. Az arányeltolódás túl savanyú vagy jellegtelen termékhez vezet. Az aránytalanságot az inokulum mennyiségének, a savanyítás időtartamának és hőmérsékletének célszerű változtatásával lehet megakadályozni, illetve megszüntetni.

Natúr joghurt készítésekor a beoltást követően az alapanyagot letöltik, ilyenkor az alvasztás a csomagolási egységben (pohárban) történik. Alvasztás után a készterméket alacsony hőmérsékleten utóérlelik. Ügyelni kell az egyszerre beoltott alapanyagtej mennyiségére, hogy az 1/2–1 óra alatt letölthető legyen, hiszen a termofil kultúrával savanyított joghurt viszonylag gyorsan alvad meg. A beoltást követő másik módszer a tankban történő alvasztás. Ezzel a módszerrel készíthetünk feltörés, habarás, hűtés és csomagolás után szintén natúr joghurtot, de a feltörést és habarást követően ízesíthetjük az alvadékot, és csak ezután hűtjük és csomagoljuk le a terméket. Más esetben a már habart, ízesített joghurtot stabilizálószer hozzáadása után utóhőkezelhetjük, esetleg habosíthatjuk is. Az utóhőkezelést általában melegen letöltés követi, így a termék eltarthatósági ideje növelhető.

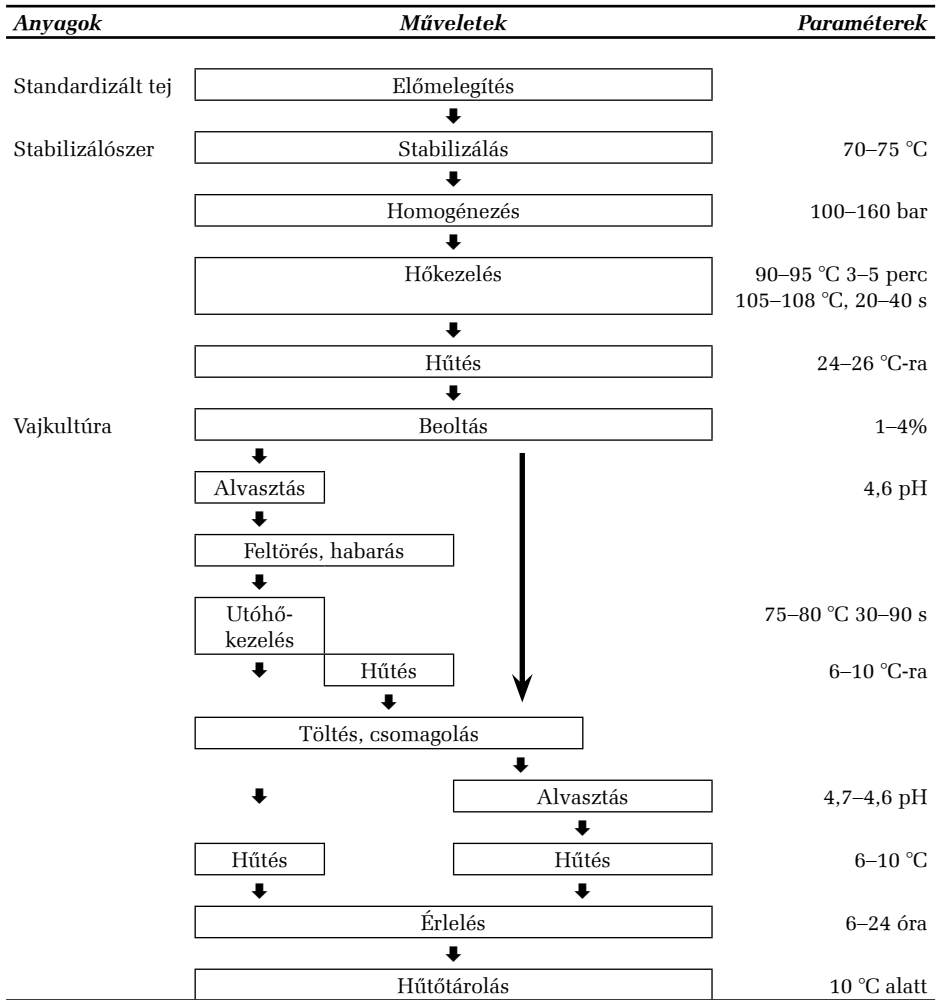
A *gyümölcsjoghurtokba* a célnak megfelelő mennyiségű (általában 5%-nyi) gyümölcsalapanyagot juttatnak. A gyártás során még felhasználhatnak természetes eredetű aromát, természetes színezéket, dúsítószeret, stabilizálószeret is. Az ízesített desszertjellegű termékek gyártása kissé eltérő a fent közölttől, és szükség esetén a habosítással egészül ki. A jól folyó, úgynevezett ivójoghurtoknak három válfaja gyakori. Az első habarással, majd homogénezéssel készül, a második esetben utóhőkezelést is alkalmaznak a hosszabb eltarthatóság érdekében, míg a harmadiknál ultrapasztőrözést alkalmaznak, így tartós termék készül. A joghurtfélések gyártása jól nyomon követhető a joghurtkészítés folyamatábráján (9.7. ábra).



9.7. ábra. Az ízesített joghurtok gyártástechnológiai műveletei

9.4. A tejföl készítése

A tejföl készítéséhez jellemzően teljes tejet és frissen fölözött tejszínt használunk fel. A gyártáshoz használt „vajkultúrában” lévő tejsavbaktériumok termelik a készítésnél nélkülözhetetlen tejsavat és aromát. Az alapanyagot homogénezzni kell, ezzel megelőzzük a felfölöződést, és csökken a savó kiválás valószínűsége, mértéke. Az alapanyagot magasabb hőmérsékleten hőkezeljük néhány perces hőntartással. A beoltásnál alkalmazott baktériumtörzsek (mezofil kultúra) a 24–26 °C-on való fermentálást kedvelik. Beoltásnál a vajkultúrából 2–4%-ot adunk a megfelelően kezelt alapanyaghoz. Ami a tejföl zsírtartalmát illeti, a hazai kínálatban leginkább a 12, 16 és 20%-os zsírtartalmú tejfölöket találhatjuk meg. A beoltott alapanyag alvasztása a joghurthoz hasonlóan pohárban vagy tankban történik. Ha utóhőkezelést alkalmazunk, annak hőmérséklete 75–80 °C 30–90 s hőntartással. A megalvadott tejfölt minden esetben 10 °C alá hűtjük, és ezen a hőmérsékleten utóérleljük. Az elkészült tejföl legfontosabb jellemzője a kellemesen savanykás íz és szag, a savómentes sűrű állomány (habart termékénél) vagy egy tömegben alvadott, savó kiválástól mentes alvadék. A tejföl egyesíti a savanyú tejtermékek diétás hatását és a zsírdús termékek tápláló tulajdonságait. (A tejföl-készítés szakaszai a 9.8. ábrán láthatók.)

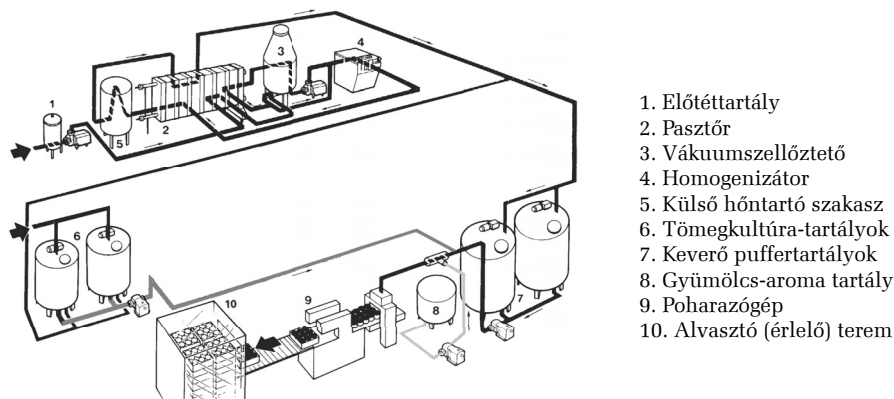


9.8. ábra. A tejjölkészítés folyamatábrája

9.5. A kefir gyártása

A kefir eredetileg habart, sűrűn folyó állományú termék. Ma többségében már pohárban alvasztják. (A poharas készítésű termékek gyártását a 9.9. ábra mutatja be.) Kellemes, savanykás, a kefirgombától jellegzetes, enyhén szénsavas ízű. A kefirgombával történő alvasztás során tejsavas és alkoholos erjedés megy végbe, közben pedig jelentős mennyiségű CO₂ fejlődik, ezért frissítő hatása

kiváló. Gyártása igen hasonlatos a tejföl gyártásához. Lényeges különbség az alapanyagban, hogy a zsírtartalom általában jóval alacsonyabb, 3,0–3,5% és általában nem habarják. Jellemzően natúr formában gyártják, de találunk példát az ízesített változatokra is.



1. Előtétartály
2. Pasztőr
3. Vákuumszellőztető
4. Homogenizátor
5. Külső hűtőtartó szakasz
6. Tömegkultúra-tartályok
7. Keverő puffertartályok
8. Gyümölcs-aroma tartály
9. Poharazógép
10. Alvasztó (érlelő) terem

9.9. ábra. Poharas alvasztású termékek gyártóvonalá

A savanyú készítmények állományát befolyásoló tényezők a nyers tej higiéniai tulajdonságai, a tej előkezelése, az alkalmazott kultúra típusa és az alvasztási, érlelési körülmények. A nyers tej minősége meghatározza az elérhető alvadékszilárdságot, pl. nagy szomatikus sejttségű renyhe alvadékok eredményez. A tej kezelése során a hőkezelés és homogenizálás optimális paramétereinek beállításával is befolyásolni lehet az alvadéktulajdonságokat. Magasabb hőmérsékletű hőkezelés a savófehérjék részleges denaturációját idézi elő, és ezek a fehérjerészletek beépülnek az alvadékszerkezetbe, növelve annak szilárdságát és víztartókéességét.

A homogenizálás által befolyásolja a szilárdságot, hogy a megfelelően homogenizált ($d=0,6 \mu\text{m}$, kis zsírgolyócska halmazokat tartalmazó tej) tej alvasztása esetén a kisebb zsírgolyócskahalmazok be tudnak épülni a fehérjehálóba, így növelve a szilárdságot, csökkentve a savóeresztést. Minél alacsonyabb az alvasztási hőmérséklet, annál nagyobb a valószínűsége a lineáris micellaláncok kialakulásának és fordítva, magasabb hőmérsékleten a térben elágazó formátumú micellaaggregátumok kialakulása a valószínűbb. Ennek következménye: alacsonyabb hőmérsékletű alvasztással homogénebb, savóköttőbb, magasabb hőmérsékletű alvasztással pedig inhomogénebb, savóeresztőbb alvadékokat lehet előállítani. Az ivó típusú készítmények esetében az állományt tetszőlegesen szabályozhatjuk az alvasztás, az alvadék homogenizálása, illetve megfelelő adalékanyagok segítségével.

9.6. Savanyú tej- és tejszínkészítmények jellemző hibái

A *renyhe alvadás*: oka a felhasznált kultúra gyenge savanyító képessége, de lehet következménye a tej gátlóanyag-tartalma is. A joghurtkultúra különösen érzékeny a gátlóanyagokra. A joghurt *üres ízű* lesz, hiszen a savanyítás gyengesége mellett csökken az aromaanyagok és a szénsav termelése is.

Üres ízt okozhat még az utóérlelés elhagyása vagy jelentős mértékben való lerövidítése is.

Felfölöződést okozhat a homogénezés elhagyása vagy nem megfelelő módon való elvégzése.

Csomós állományú lehet a termék, ha egy tömegben alvasztott termék feltörésénél, habarásánál nem tartjuk be az előírásokat.

A *túlsavanyodás* legtöbbször technológiai hiba, mert alvadás után nem hűtjük le azonnal a terméket. Későbbi savanyodás már az áru romlására utal.

Savóeresztés: a tárolási idő előrehaladtával fordulhat elő. Oka lehet a nem megfelelő módon végzett homogénezés és a stabilizálószeres felhasználásánál elkövetett hiba, de okozhatja még a melegen való vagy a korai mozgatás és az alvadék túlsavanyodása is.

Kesernyész íz, fokozódó *élesztős íz és szag* kólis, élesztős vagy penészfertőzés következménye. A fenti hibák a tejszínkészítményekben is előfordulhatnak. A tejfölben azonban jelentkezhetnek a magasabb zsírtartalommal kapcsolatos ízhibák is, ha a tejfölben lévő zsír valamilyen oknál fogva bomlásnak indul, találkozunk az olajos, karcos, avas ízzel.

Vaj és vajkészítmények gyártása

10.1. A termékcsoporthatározása

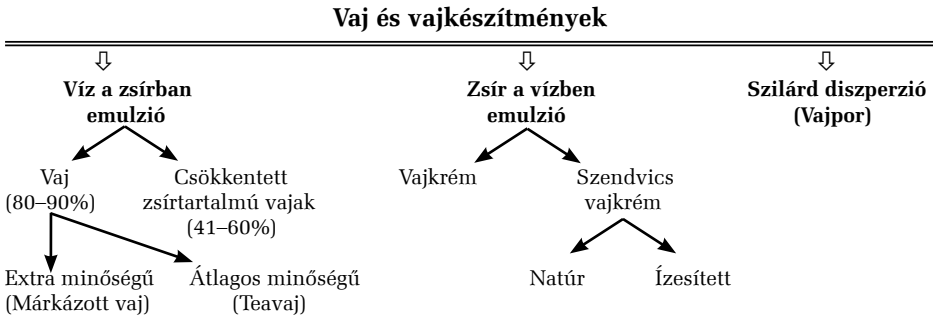
Az idetartozó termékek kizárólag tejből és/vagy a gyártásukra alkalmas tejtermékből (tejszín, tejszír vagy tejszírfrakció stb.) készülnek, 20 °C-on szilárd halmazállapotúak és kenhető állományúak, legalább 10% (m/m) és legfeljebb 90% (m/m) tejszírt tartalmaznak, és az étkezéssó-mentes szárazanyag-tartalmuknak legalább kétharmada tejszír. A termékeket négy csoportba soroljuk, és beszélünk vajról, csökkentett és kis zsírtartalmú vajokról, vajkészítményekről mint egyszerű termékekről, továbbá ízesítőanyagok hozzáadásával előállított összetett termékekről, más néven ízesített vajkészítményekről. A pH-érték alapján megkülönböztethetünk három terméktípust: édestejszín-vajat (pH 6,2–6,8), félsavanyútejszín-vajat (pH 5,1–5,6) és savanyútejszín-vajat (pH 4,6–5,0), ill. -vajkészítményt. A termékek gyárthatók étkezési só hozzáadásával vagy anélkül. Az első esetben a terméket sózott vajnak, ill. vajkészítménynek nevezzük.

A vaj tejszírből fizikai úton nyert, idegen zsírt nem tartalmazó termék. A vaj 20 °C-on szilárd halmazállapotú és kenhető állományú „*víz a zsírban*” típusú emulzió, amely a vízen kívül más hozzáadott anyagot nem, vagy legfeljebb tejszírt, tejszírfrakciót, tejeredetű tejsavkoncentrátumot, étkezési sót, színezéket és tejsavbaktérium-szintenyészetet tartalmaz. A vaj zsírtartalma legalább 80% (m/m) és legfeljebb 90% (m/m) lehet.

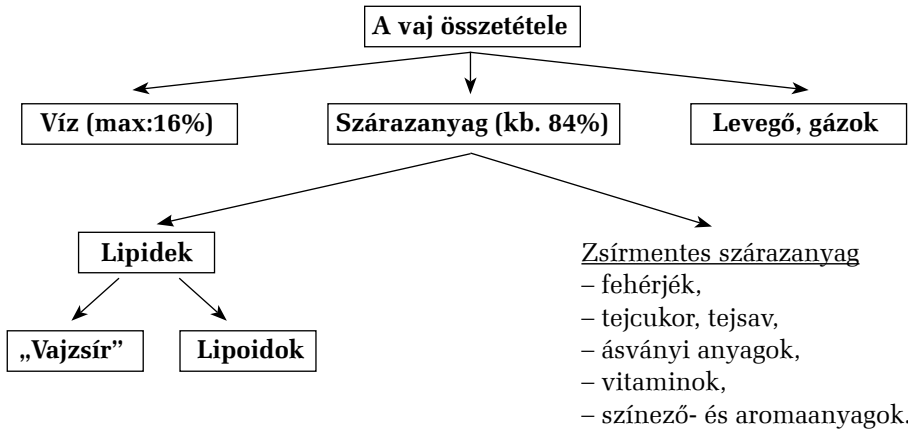
A vaj- és vajkészítmény 20 °C-on szilárd halmazállapotú és kenhető állományú „*víz a zsírban*” vagy „*zsír a vízben*”, esetleg „*vegyes*” emulzió típusú termék, amelynek sómentes szárazanyag-tartalmában legalább kétharmad rész a tejszír, és amely az emulzió stabilitásának biztosítása érdekében szükség szerint engedélyezett állományjavító adalékanyagokat, étkezési sót, színezéket, esetenként tej eredetű tejsavkoncentrátumot és tejsavbaktérium-szintenyészetet is tartalmaz. Zsírtartalmuk 10–80% (m/m). A vaj és vajkészítmények felbontását a 10.1. ábra mutatja.

A vaj fő alkotórésze a zsír. A vajban lévő víz (15–20%) az aromaanyagok hordozója. A lipidek többségét a tejszír (trigliceridek) alkotja. Nyári időszakban a vajzsírban több a telítetlen zsírsav (főleg az olajsav), télen viszont a telített zsírsavak mennyisége megnő (sztearinsav, mirisztinsav, palmitinsav).

A lipoidok a tej lipidjeinek kisebb részét, a fehérvék a zsírmentes szárazanyag-tartalomnak közel a felét teszik ki. A tejcukor- és a tejsavtartalom 0,4–0,7% között mozog. Az ásványi anyagok többségét a kalcium-foszfátok adják. A zsírban oldódó vitaminoknak értékes forrása a vaj (10.2. ábra).



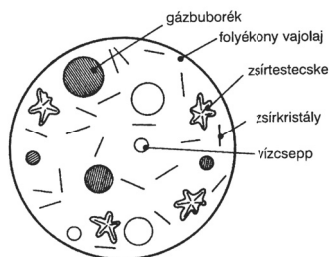
10.1. ábra. A vaj és vajkészítmények csoportosítása



10.2. ábra. A vaj összetétele

A vaj „víz a zsírban” emulzió. Az összefüggő fázist a zsír, illetve a vajolaj alkotja. A tejszín zsírgolyócskáiból kipréselődő vajolajban foglalnak helyet a zsírkristályok és a zsírrészecskék. Szintén itt található meg finom eloszlásban a lipoid (burok) fehérjék. A víz, illetve író 4–30 µm-es cseppecskék formájában oszlik el a vajolajban, tartalmazva a vaj zsírmentes szárazanyagának egy részét. A vajban található levegő buborékok alakjában szintén a vajolaj fázisban található meg (10.3. ábra).

A vaj állománya és kenhetősége igen fontos minőségi jellemző. A jó állományú vaj még 7–8 °C-on is kenhető, és szobahőmérsékleten sem lágyul el túlságosan. A vaj állományát a zsírsavösszetétel és a kidolgozott szerkezet határozza meg. A zsírsavösszetétel évszaktól és takarmányozástól való függőségét nehéz megváltoztatni. A gyakorlatban a kívánt szerkezet kialakítását elsősorban a tejszín érlelési módjával, és a köpülési, mosási, gyúrási hőmérséklet helyes megválasztásával tudjuk befolyásolni.



10.3. ábra. A vaj szerkezete

A vaj az emberi szervezet számára értékes energiaforrás. A vajzsír olvadáspontja közel áll az emberi test hőmérsékletéhez, ezért felszívódása gyors és csaknem teljes (95–98%-os). A vajzsír tartalmaz ún. nélkülözhetetlen (esszenciális) zsírsavakat, és fontos forrása a zsírban oldódó vitaminoknak, különösen az A-vitaminnak.

A vajgyártásra alkalmazott leggyakoribb eljárás legfontosabb művelete a köpülés, melynek során a tejszín „zsír a vízben” emulziójából fázismegfordulással „víz a zsírban” emulzió jön létre. A tejszín érlelése hatására megszűnik a zsírgolyócskák adszorpciós burkának összefüggő jellege. A köpüléskor a zsírgolyócskából a vajolaj kilép és összefüggő fázissá egyesül, miközben az előző összefüggő plazmából apró cseppeket zár magába. A köpülés végére tehát vajrögök és jelentős mennyiségű folyadékfázis, úgynevezett író keletkezik.

10.2. A vajgyártás alap- és adalékanyagai

Ha a főzés a gyártó üzemben történik, akkor a tejet tekintjük alapanyagként, ha vásároljuk a tejszín, akkor az üzembe érkező tejszín kezeljük alapanyagként. A vaj szempontjából az üzemi főzés a megbízható alapanyag, mert az üzemi átvételtől kezdve figyelemmel tudjuk kísérni a minőség alakulását. Az alapanyaggal szemben – legyen az tej vagy tejszín – a fogyasztói tejjel szemben támasztott követelményeket vesszük alapul, és mivel zsírdús termékről van szó, egyéb tényezőkre is oda kell figyelni.

A tejszínnel szemben támasztott követelmények:

Íz és szag: legyen hibátlan, tiszta, mert az íz- és szaghibák a vajban felerősödve jelennek meg. A legtöbb ízhibát a takarmányok okozhatják. A tejszír koloid állapota fontos, mert a zsír megfelelő (töretlen) koloid állapota a főzés élességét erősen befolyásolja.

Nehézfém-szennyeződés: jelenlétük már igen kis mennyiségben is fémes, olajos ízhibát okozhat, mert elősegítik a vajzsír oxidációs bomlását.

Lipázos tejet vagy *tejszint* nem használhatunk fel vajgyártásra.

Aciditás: a titrált savfok az alpanyag (tejszín) zsírszázalékától függően változik. A plazma savfok a zsírtartalomtól független, ezért plazmasavfokot veszünk figyelembe.

$$\text{Psf} = \frac{\text{SH}^\circ \cdot 100}{100 - \text{zs}},$$

ahol:

Psf = a plazmasavfok (SH°),

zs = a tejszín zsírtartalma (%).

A *Psf* maximum 7,5 SH° lehet. A gyártáshoz használt tejszín zsírtartalma eljárástól függően 28–50% között megfelelő.

Egyéb felhasznált anyagok követelményei

Vajkultúra: törzsei a *Str. lactis*, *Str. cremoris*, *Str. diacetilactis*, *Leuc. citrovorum* és *Leuc. dextranicum*. Elvárás a kellő biológiai aktivitás, az intenzív tejsav- és aromatermelés.

Citromsav: pH-beállításához használhatják, megfelelő tisztaságú legyen.

Vajmosóvíz: alapkövetelmény az ivóvíz minősége.

Csomagolóeszköz: zsírtaszító és lehetőleg fényvédő legyen.

Színezőanyagok, aromaanyagok, ízesítők: felhasználásukkal cél a színállandóság és a megfelelő aroma kialakítása, csak a hatóságok által engedélyezett anyagokat lehet felhasználni.

10.3. Vajgyártási eljárások

Agglomerizációs (köpüléses) eljárások: Az eljárás lényege, hogy a köpülésre a tejszint fizikai vagy biológiai érleléssel előkészítik, majd köpülőkből habképzéses eljárással a zsírgolyócskákat halmazokba tömörítik, vajrögökké egyesítik, ezzel a plazmától elkülönítik.

Fölözéses eljárások: A zsírgolyócskák koncentrációját kétszeres fölözéssel érik el. A fázismegfordulás eléréséhez hűtést és mechanikai hatást alkalmaznak. Ismertebb eljárások pl. az Alfa-Laval- és a Meljusin-módszer.

Ugyancsak kétszeri fölözéssel érik el a zsírgolyócskák koncentrációját a vajzsír-emulgeáló eljárások alkalmazásánál. Ennél az eljárásnál a vajzsírból a szérumot melegen elválasztják, és később a vajzsírba plazmát emulgeálnak. Európában ipari méretekben a vajkészítés úgynevezett folytonos vajgyártó gépekkel történik az agglomerizációs módszerrel (10.4. ábra).

10.4. A tejszín kezelése, előkészítése

Az agglomerációs vajkészítési eljárások a gyártás menetét tekintve lehetnek szakaszos és folytonos üzeműek. Bármelyik eljárást választjuk is, a vajgyártáshoz megfelelően elő kell készíteni a tejszínt.

A tejszín átvétele

A mennyiségi átvétel tömeg vagy térfogat szerint történik. A minőségi átvételkor meghatározzák a tejszín zsírtartalmát, plazmasavfokát, érzékszervi tulajdonságait.

A tejszín zsírtartalmának beállítása

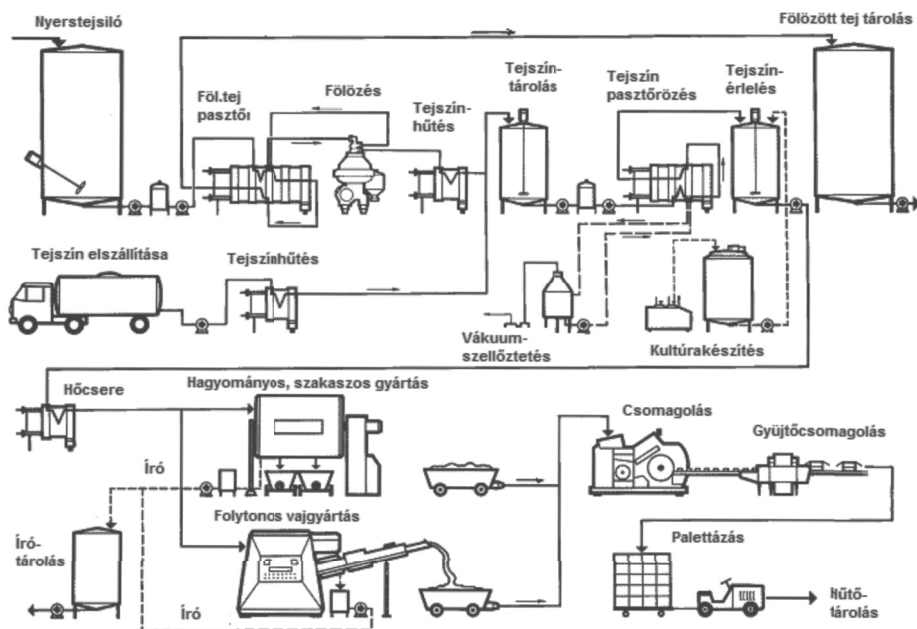
A tejszín zsírtartalmát a vajkészítési módnak leginkább megfelelő értékre kell beállítani.

Folytonos vajgyártás biológiai érleléssel:	38–42% zsírtartalom.
Folytonos vajgyártás fizikai érleléssel:	45–50% zsírtartalom.
Szakaszos vajgyártás biológiai érleléssel:	28–30% zsírtartalom.
Szakaszos vajgyártás fizikai érleléssel:	34–36% zsírtartalom.

A tejszín pasztörözése, szellőztetése és hűtése

A pasztörözés általános célján kívül a tejszín pasztörözésekor célunk a káros hatást kifejtő enzimek inaktíválása, antioxidáns hatású anyagok kialakítása és a „pasztörözött” íz elérése, mert a fizikai érleléssel gyártott vajak íze enélkül jellegtelen, üres lenne. Mivel a nagyobb zsírtartalom a mikroorganizmusok számára nagyobb védeltséget biztosít, ezért magasabb pasztörözési hőmérsékletre, 90–110 °C-ra hevítjük a tejszínt. A pasztörözés mérsékli a tejszín oxidációs hajlamát is. A tejszín pasztörözésénél vákuumos szellőztetést alkalmazunk. Hatására az illó szag- és ízanyagok, valamint az oldott gázok eltávoznak. Pasztörözés után a tejszínt azonnal le kell hűteni. Minél gyorsabban és minél alacsonyabb hőmérsékletre hűtjük le a tejszínt, annál kisebb zsírkristályok keletkeznek, és fordítva. Nyáron a gyors, alacsony hőmérsékletre való hűtéssel keményítjük a vajzsírt. A hűtés hatására végbemenő változások:

- a zsírgolyócskák burkában a foszfatidok kristályos állapotba kerülnek, ezzel megszűnik felületi aktivitásuk és emulgeáló hatásuk,
- a trigliceridek egy része is kristályosodik (kb. 50%),
- a kristályosodás a zsírgolyócskákban kívülről befelé halad, így a belül lévő vajolaj nyomása nő, és a folyékony trigliceridek egy része a zsírgolyócskák felületére préselődik, ahol félhold alakú képződményeket hoz létre,
- az egymással érintkező zsírgolyócskák a vajolajréteg révén halmazokká tapadnak össze.



10.4. ábra. A vajgyártás folyamatábrája

10.5. A tejszín érlelése

Az érlelés célja az, hogy a tejszint vajkészítésre alkalmassá tegyük. A kívánt készterméktől függően a tejszint különböző érlelési eljárásokkal tesszük köpülésre alkalmassá. Érlelhetjük a tejszint fizikai, biológiai és a hőfoklépcsős eljárások valamelyikével. (A 10.11. ábra egy tejszínérlelő tankot mutat be.)

10.5.1. Fizikai érlelés

A fizikai érlelés lényege, hogy a tejszint 10 °C alá hűtjük és hidegen tartjuk. Általában 2–6 °C-on 2–6 órán át érleljük. Télen magasabb, nyáron alacsonyabb érlelési hőmérsékletet választunk. Alacsonyabb hőmérsékleten az érlelési idő rövidebb. Érleléskor a zsírgolyócskák megdermednek.

10.5.2. Biológiai érlelés

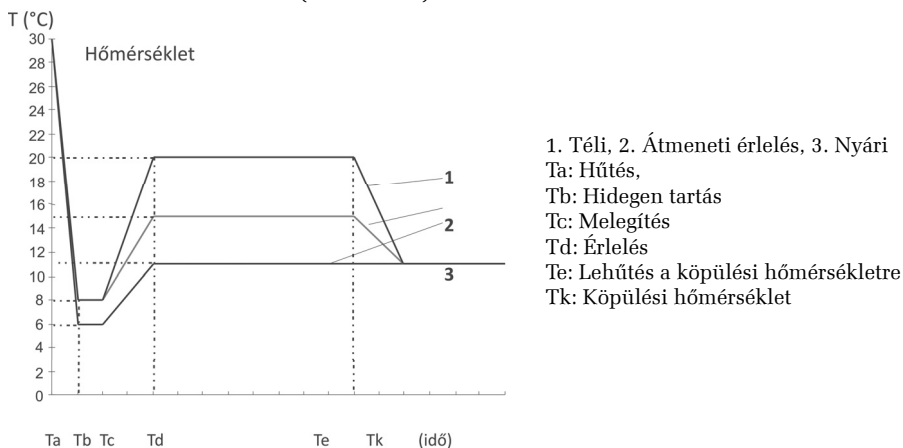
Az érlelés ideje alatt két szakaszt különböztetünk meg, elsőként a savanyítási szakaszt, majd az aromatermelési szakaszt. A savanyítás 3–5% vajkultúrával történik.

Savanyítási szakasz: az érlelésre váró tejszint bekultúrázzuk, majd 16–22 °C-on 8–10 órán keresztül savanyítjuk. Ebben a szakaszban 25 plazmasavfokig érleljük a tejszint. A savanyítási szakaszban tejsav termelődik, csökken a pH, ezért a burokfehérjék dehidratálódnak, csökken a burok elektromos töltése, és a felsoroltak miatt csökken a „zsír a vízben” emulzió stabilitása.

Aromatermelési szakasz: a már 25 plazmasavfokig érlelt tejszint 9–13 °C-ra lehűtjük, és ezen a hőmérsékleten még 6–10 órán át érleljük. Közben lassan leáll a savanyodás, és fizikai változások következnek be. Az érlelés végére a tejszín plazmasavfoka eléri a 35 pSH-t. A hidegérlelés alatt aromaanyagok – aldehidek, ketonok, észterek képződnek, amelyek közül legfontosabb a diacetil – termelődnek, és közben a lehűtött tejszínben megindul a zsírgolyócskák kristályosodása.

10.5.3. Hőfoklépcsős érlelés

A kedvező vajállomány kialakítása a cél. Figyelembe kell venni a tejszír átlagos kristályosodási hőmérsékletét. Ez a hazai tejszíroknál télen 20 °C, nyáron 11 °C és az átmeneti időben 15 °C (10.5. ábra).



10.5. ábra. A tejszínérlelés hőfoklépcsői az évszaktól függően

10.6. A vajgyártás műveletei

10.6.1. Köpülés

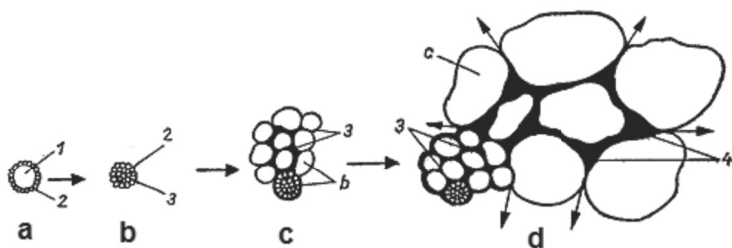
A tejszín érlelését a köpülés követi. A köpülés olyan folyamat, ahol a tejszínből fázismegfordulás után vajrögök és író képződnek. A köpülés fontos feltétele a köpülési hőmérséklet helyes megválasztása. A köpülési hőmérséklet 8–12 °C, nyáron alacsonyabb, télen magasabb. A téli vajzsír olvadáspontja magasabb, mint a

nyárié, ezért kell télen magasabb, nyáron alacsonyabb köpülési hőmérsékletet választani. A köpülési hőmérséklet megválasztásakor a tejszín zsírtartalmát is figyelembe kell venni. Ha a tejszín zsírtartalma magas, akkor a vajolaj mennyisége több a plazma mennyiségéhez viszonyítva. A zsírgolyócskák túl gyorsan egyesülnek röggökké, ezért a kisebb zsírgolyócskák száma megnő a plazmában, vagyis nő az író zsírtartalma. Megállapítható, hogy a nagyobb zsírtartalmú tejszín alacsonyabb, míg a kisebb zsírtartalmút magasabb hőmérsékleten kell köpülnünk. A köpülés folyamatában több szakaszt figyelhetünk meg.

Habképződési szakasz: köpülés közben a tejszín örvénylik, rázkódik, és levegővel keveredve részben habbá verődik. Az érlelés során már részben emulgeált zsírgolyócskák egymásnak ütköznek, és a felületükön levő vajolaj segítségével halmazokba tapadnak össze. A halmazok a habképződés következtében a hab felületén koncentrálódnak. A koncentráció során a hab zsírtartalma a 70%-ot is eléri.

Habösszeesési szakasz: a további mechanikai munka hatására az összes vajolaj kifolyik a zsírgolyócskákból, és magába zárja a maradék szilárd zsírfázist és a folyadékfázis egy részét, azaz megtörténik a fázismegfordulás, mikroszkopikus vajszemcsék képződnek, és a hab összeesik.

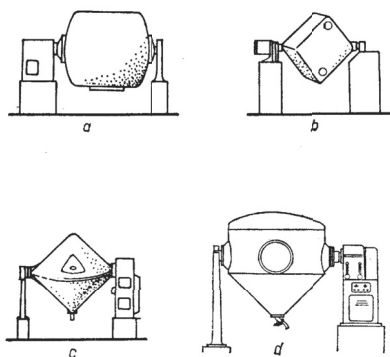
Vajröggképződési szakasz: a mikroszkopikus vajszemcsék makroszkopikus vajrögökké egyesülnek. A vajrögök közé bezáródik a plazma kisebbik része, a plazma nagyobb része pedig mint író elkülönül (10.6. ábra).



a. Zsírrészecske-halmazok a légbuborék felületén, b. Mikroszkopikus vajszemcsék, c. Mikroszkopikus vajrögök, d. Makroszkopikus vajrögök 1. Légbuborékok, 2. Zsírrészecske-halmazok, 3. Finom eloszlású kötött víz, 4. Durva eloszlású szabad víz

10.6. ábra. A vajrögök képződése

A vajszemcsék, vajrögök képződése, növekedése folytonos. A mikroszkopos tartományban a vajrögök közé bezáródott víz kötött víz, gyúrással nem távolítható el. A makroszkopos tartományban bezárt vizet gyúrással eltávolíthatjuk. A köpülést általában 2–3 mm átmérőjű vajrögök eléréséig folytatjuk. Köpülés után az írótól elválasztjuk a vajrögöket. Az író zsírtartalma függ az érlelés és a köpülés módjától, 0,3–1,2% között mozog. A hagyományos köpülőtípusokat a 10.7. ábra mutatja.



- a. Hengeres vajkészítő
 b. Kubus
 c. Ikerkúp
 d. Palack (pörgettyű)

10.7. ábra. Hagyományos köpülőtípusok

10.6.2. A vaj mosása

A vaj mosásának célja a vajrögök között visszamaradt író és az utófertőzéssel bekerült baktériumok eltávolítása. A vaj mosása előnyös, mert csökkenthető a baktériumok számára tápanyagul szolgáló tejcukor és fehérjék mennyisége, és eltávolíthatók a hibát okozó vízben oldódó íz- és szaganyagok. Hátránya, hogy az íz- és aromaanyagok nagy részét is kimossuk. A mosott vaj üresebb ízű. A zsírmentes szárazanyag-tartalom 1,5–3%-ról akár 0,5–1,5%-ra csökken. A vaj mosásához ivóvíz minőségű víz szükséges. A víz vas- és mangántartalma legyen kicsi, keménységi foka ne haladja meg a 12 német keménységi fokot, pH-értéke legfeljebb 7 lehet. A mosóvíz hőmérséklete befolyásolja a vaj állományát és alapvíztartalmát. Kis rögméretre köpüléssel és hidegebb mosóvízzel kisebb alapvíztartalmat érhetünk el. A köpülési hőmérsékletnél hidegebb mosóvizet alkalmazva a vaj utószilárdulása csökken, ezért a vaj állománya kenhetőbb lesz.

10.6.3. A vaj gyúrása

A gyúrás a vaj készítésének igen fontos művelete. A gyúrás célja:

- a vajrögök, vajsemcsék közé bezáródott felesleges víz eltávolítása,
- az egységes vajszerkezet kialakítása,
- a visszamaradó vízcseppek elaprózása és egyenletes eloszlása.

Az elsődleges vajszemcsékbe bezáródott finom eloszlású plazma az ún. *kötött víz*. Gyúrással nem távolítható el. Eltávolítható viszont a gyúrással a *szabad víz*, ami jelen esetben a nagyobb üregekbe bezáródott plazma. Technológiai szempontból a gyúrásnak két szakasza, így két célja van. Így beszélünk előgyúrásról és utógyúrásról.

Az *előgyúrás* célja a felesleges víz eltávolítása a vajból. Gyúrás közben a vaj víztartalma fokozatosan az *alaplíztartalomra* csökken. A vaj alaplíztartalma

(legkisebb víztartalom) függ az alkalmazott technológiától, a vajzsír összetételétől, a köpülési, mosási és a gyúrási hőmérséklettől.

Az *utógyúrás* során a vajrögök egységes vajjá tömörödnek, a visszamaradó víz egyenletesen elaprózódik és eloszlik. A vízcseppek elaprózódása közben a vízcseppekre nyomó- és nyíróerő hat, a cseppek folyadékhártyává deformálódnak, apró részecskékre szakadnak, majd ismét gömb alakot vesznek fel. Ez a gyúrás alatt többször megismétlődik. A folyamat közben a fehérjék és a baktériumok a zsírfázisban rögzítődnek. Itt a baktériumok víz hiányában csökkentik tevékenységüket, ezért a vaj sokáig eláll. A vaj állományát nagymértékben befolyásolhatjuk a gyúrással. Ha kisebb hőmérsékleten gyúrunk, lágyul a vaj állománya, mert csökken az utószilárdulás. Ha keményebb állományú vaját akarunk készíteni, akkor magasabb hőmérsékleten gyúrunk, így elősegítjük az utószilárdulást.

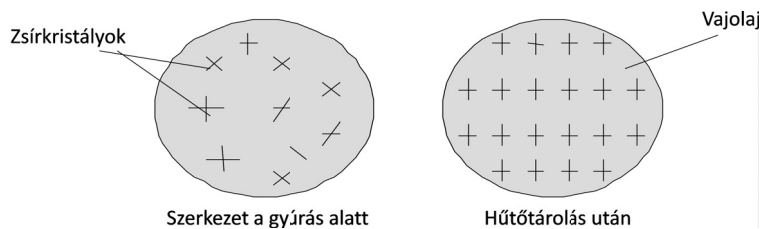
10.6.4. Víztartalom és pH-beállítás

Szakaszos vajgyártásnál a gyúrás befejezése után, folytonos vajkészítéskor az utógyúráskor állítjuk be a vaj víztartalmát és pH-ját. Szakaszos vajgyártásnál az utógyúrt vaj víztartalmát vizsgáljuk meg, és ennek ismeretében adjuk a köpülőben lévő vajhoz a vizet, majd szárazra gyúrjuk. Folytonos vajkészítő berendezésekben vízbeállító szivattyúval az utógyúráskor adagoljuk a szükséges vizet a vajhoz. A vaj pH-ját általában a vaj víztartalmának beállításával együtt végezzük el. A pH-t vajkultúra és citromsavoldat keverékével állítjuk be. A vaj tárolása alatt 1–2 napig még 0,1–0,2 pH-érték csökkenésre számíthatunk a tejsavbaktériumok tevékenysége miatt. A víztartalom beállításánál figyelembe kell venni, hogy adagoláskor 0,1–0,3% víz kigyúródik a vajból.

10.6.5. A vaj állományának szilárdulása (utószilárdulás)

Gyúrás után a tárolás alatt a vaj állománya szilárdul, mert a vaj szerkezetében további változások mennek végbe. Ha a frissen gyúrt vaját állni hagyjuk, akkor a trigliceridek azon része, amelyek az adott hőfokon túlhűtött állapotban vannak, *utókristályosodnak*. Ez a jelenség növeli a vaj szilárdságát, a folyamat *nem megfordítható*.

A *tixotrópia* a gyúrás alatt a vajolajban rendezetlenül elhelyezkedő zsírkristályok a közöttük lévő vonzóerő hatására rendeződnek, és létrejön a vaj szerkezeti váza. A tixotrópia megfordítható folyamat. A vaj utószilárdulása kisebb hőmérsékleten lassabban megy végbe, ezért a vaj szilárdságát legkorábban három nap múlva értékelhetjük (10.8. ábra).



10.8. ábra. A vaj tixotrópiás utószilárdulása

10.6.6. A vaj csomagolása és tárolása

Csomagolni a vajat az utószilárdulás előtt kell, mert a már utószilárdult vaj szerkezetében megtörik, víz szabadul fel, ami a mikroorganizmusoknak kedvez, a vaj hamarabb megromlik. A csomagolást a gyúrás után télen 1–2, nyáron 3 órán belül ezért el kell végezni. A vaj csomagolásának célja a termék védelme és esztétikai hatás elérése. A vaj csomagolóanyagával szemben a következő követelményeket támasztjuk:

- fényvédő legyen,
- a zsírt nem eresztheti át,
- vízgőzáteresztése minimális legyen,
- jól izolálja az íz- és szaganyagokat,
- védjen a külső hatásokkal szemben.

A vajat csomagolás után azonnal hűtőbe kell szállítani. Jelentős szerepe van a hőmérsékletnek a vaj tárolásában (10.1. táblázat). Az eltarthatósági időt még a következők befolyásolják:

- a tejszín pasztörözési hőmérséklete,
- a vajplazma elaprózása és eloszlata,
- a vaj pH-ja,
- a vaj zsírmentes szárazanyag-tartalma, fehérjetartalma,
- a nehézfém-só mennyisége,
- a vaj antioxidáns-tartalma.

10.1. táblázat. A vaj tárolási előírásai

Időtartam	Hőmérséklet (°C)	Relatív légnedvesség (%)
7 nap	+2 ... +4	75–80
1 hónap	–6 ... –8	80–85
9 hónap	–15 ... –20	85–90

10.7. Vajkészítési eljárások

10.7.1. Vajkészítés szakaszos eljárással

A gyártáshoz savanyú tejszínvaj esetében 28–30%-os zsírtartalmú tejszín, míg édes tejszínvaj gyártásához 33–36%-os zsírtartalmú tejszín használunk fel. A tejszín 95–110 °C-on hőkezeljük. A köpülőbe tölthető tejszín mennyiségét a tejszín zsírtartalma határozza meg. Általában 25–40%-os a töltési arány, amit a 10.2. táblázat szemléltet.

10.2. táblázat. *A köpülő töltési aránya a tejszín zsírtartalmának függvényében*

Zsír %	Köpülő töltési %
25	40
30	33
35	29
40	25

A köpülés megkezdése előtt lezárjuk a köpülőt, majd lassú fordulaton pár fordulatot teszünk, utána gáztalanítunk. A tejszínből felszabaduló gázok – főleg szén-dioxid – okozzák a köpülőben a túlnyomást. Ezt követően megkezdjük a köpülést, míg össze nem esik a hab, és látható vajszemcsék meg nem jelennek. Ezt a kémlelőablak megtisztulása is jelzi. Amikor a kívánt rögnagyságot elértük, a vaj tömörítése céljából lassan teszünk néhány fordulatot, majd pár perces pihentetés után az író leeresztjük. Következő lépés a gyártás során a vaj mosása. A mosóvíz és vaj mennyisége a köpülő térfogatának 40%-a lehet. Zárt ajtó és nyílások mellett pár fordulattal mosunk, majd a mosóvizet leeresztjük. Az előgyúrás nyitott íróleeresztővel és lazán zárt köpülőajtóval történik, hogy a felesleges víz eltávozzon. Az előgyúrás 15–20 percig tart, az ajánlott fordulatszám 4–6 fordulat/perc.

Utógyúrásakor szintén 4–6 fordulat/percen dolgozunk szárazra gyúrásig (köpülő belseje száraz). Utógyúrás után beállítjuk a vaj víztartalmát és pH-ját, majd ismét szárazra gyúrunk. Ezt követően ellenőrizzük a beállítás helyességét, majd kiadagoljuk a vajat.

Szakaszos működésű vajgyártó berendezések

A szakaszos működésű köpülők a legrégebben alkalmazott vajgyártó berendezések (10.12. ábra). Szerkezeti kialakításuk szerint két nagy csoportba sorolhatók: gyúróhengeres köpülők, verőléces vajkészítők.

A *gyúróhengeres* köpülőkben a vaj kidolgozása jó hatásfokkal végezhető el, de ma már nem használatosak a gyúróhengerek csapágyazási és tömítési problémái miatt.

A *verőléces* köpülők működésének lényege, hogy a köpülést, gyúrás a köpülőben lévő, egymáshoz különböző szögben elhelyezett lemezek (verőléc) való ütköztetésekkel biztosítjuk. A verőléces köpülő fő részei:

- hajtómű a motorral,
- támasztóbak,
- köpülődob,
- védőberendezés és szerelvények.

A hajtóműházban elhelyezett villanymotor ékszíjáltétellel hajtja a fokozat nélküli hajtóművet. A köpülődob rozsdamentes acélból készül, három verőléc-cel. A dob palástján van az ajtó, amely a tejszín, a vajmosóvíz bevezetésére szolgál, és azon keresztül borítjuk ki a vajat is. A köpülődob homloklapjain egy-egy nézőüveg található, melyeken keresztül a gyártást kísérjük figyelemmel.

10.7.2. A folytonos vajkészítés

A 8–13 °C-ra hűtött tejszín állandó keverés mellett csavarszivattyúval a vajgyártógép hűthető *köpülőhengerébe* továbbítjuk. Itt egy fokozatmentesen szabályozható, nagy fordulatszámmal működő (1250–2500 fordulat/perc) verőléc pár másodperc alatt kiköpüli a tejszín. A vajszemcse és írókeverék innen a szintén hűthető utóköpülőhengerbe jut. Itt a vajszemcsék tömörülnek, melyeket az íróval együtt egy csiga a terelőlécekkal ellátott, perforált falú *elválasztóhengerbe* továbbít. Az író ezután egy gyűjtőedénybe kerül, majd lehűtjük, tároljuk. A vajrögök az úgynevezett *mosóaknába* hullanak, ahol hűtött vízzel permetező mosást alkalmazunk. A mosóvíz hőfoka nyáron 4–5 °C, télen 8–10 °C.

A mosást követően a vajrögök a hűtőköpennyel ellátott *gyúróhengerbe* jutnak. Itt az egymással szembeforgó csigapár szabályozható fordulatszámmal (40–60 fordulat/perc) a vajat alapvíztartalomra gyúrja és a *gyúrófejbe* továbbítja. Az utógyúrás, a víz- és pH-beállítás itt történik. A kész vaj a továbbítócsőbe, majd az adagológépbe kerül. A víz és pH-érték beállítása az utógyúró részben egy változtatható teljesítményű adagolószivattyúval történik.

<i>Anyagok</i>	<i>Műveletek</i>	<i>Paraméterek</i>
Nyers tej	Fölözés	45–50%
Fölözött tej	↓	
	Pasztörözés (vákuumszellőztetés)	95–110 °C
	↓	
	Hűtés	
	↓	
	Fizikai érlelés	6–12 °C, 2–6 óra
	↓	
	Köpülés	11 °C-on, búza-, borsó méret
	↓	
Író	Íróleválasztás	
	↓	
Ivóvíz	Mosás	11 °C
	↓	
	Előgyúrás	15–16% víztartalomra
	↓	
	Utógyúrás (pH- és víztartalom beállítása)	5,1–5,6 pH
	↓	
	Csomagolás	azonnal
	↓	
	Hűtőtárolás	10 °C alatt

10.11. ábra. Édes tejszínvaj folytonos gyártásának folyamatábrája

Folytonos vajkészítő berendezések

Az első folytonos vajkészítő berendezést Fritz készítette el 1939-ben. Magyarországon a Fritz-elven működő továbbfejlesztett változat, az *FBFB-12* típusú berendezések terjedtek el. Fő részei: a köpülő, a leválasztó rész, a gyúró rész (10.13. ábra).

A gép felső részén helyezkedik el a köpülőhenger, amely hűthető. A köpülőben négy verőléc helyezkedik el. A köpülőhengerben jelentős mechanikai hatásra megy végbe a fázismegfordulás, és kialakulnak a vajrögök. A vajrögök és az író a köpülőhenger elején lévő ejtőaknán át a leválasztó hengerbe jutnak. A leválasztó részben találunk egy hűthető hengert, amelyben egy szállítócsiga van, és egy perforált hengert, amely együtt forog a szállítócsigával, és a vajrögöket terelőlemezekkel a mosóakna felé továbbítja. A perforált részben történik az író és a vajrögök elkülönítése. A leválasztott írot szűrőn keresztül elvezetjük, a vajrögök pedig a mosóaknába hullanak, ahol tetszőleges mennyiségű és hőmérsékletű vízzel mosunk.

A mosóaknából a még vizet is tartalmazó vaj a gyúróhengerbe jut. A gyúróhenger első részén perforált lemez, majd további két perforált lemez között egy-egy háromágú keverőlapát található, amelyek a megfelelő vízelosztásért fele-

lősek. A keverőlapátoknál becsatlakozó vezetéken át a vaj végleges víztartalma és pH-értéke állítható be. A köpülőtengely fordulatszáma 1250–2500 fordulat/perc értékek között fokozatmentesen szabályozható. A hajtóművek általában ékszíj meghajtásúak. A leválasztóhengert forgató motor fordulatszáma állandó, 16 fordulat/perc. A gyűrőcsigák 4 fordulat/perc fordulatszámon működnek. A köpülő, a leválasztócsiga és a gyűrőcsigapár köpenyét hűteni lehet. A vaj mosásához külön vezetéket építettek ki. A folyamatábrát a 10.9. ábra mutatja.

10.8. A vajkrém készítése

A vajkrém pasztörözött tejszínből sovány tej, vaj, tejpör hozzáadásával, esetleg adalékanyagokkal kiegészítve, tejsavbaktérium szintenyészettel alvasztva, homogénezéssel és hőkezeléssel készült, melegen kiszerezelt vajkészítmény.

A zsír a vízben emulziószerkezetű vajkészítmények jellemzői

Zsírartalmuk az összes vajkészítmény közül a legkisebb, általában 36–40%, szárazanyag-tartalmuk 46–49%. Zsír emulgeált állapotban van bennük jelen, így az emésztés során könnyen szívódik fel. Igen jól kenhető hidegen is. Táplálkozási értéküket jelentősen megnöveli viszonylag magas fehérjetartalmuk. Könnyen és jól ízesíthetők.

A vajkrémgyártás rövid leírása

Fölözéssel 38–40%-os zsírartalmú tejszint 10 °C alá hűtjük, és ezen a hőmérsékleten tároljuk a felhasználásig (10.10. ábra).

Az előkészített tejszín zsírartalmának és szárazanyag-tartalmának ismeretében hozzáadjuk a beállításához szükséges fölözött tej- és tejpormennyiséget a kívánt zsír és zsírmentes szárazanyag-tartalom elérése céljából. A beállított alapanyagot homogénezzük, majd hőkezeljük. A kis nyomáson való homogénezéssel célunk a tejpör tökéletes diszpergálása és a zsírgolyócskák átlagos átmérőjének csökkentése. Az előmelegített tejszint 50–70 bar nyomáson homogénezzük, majd a pasztörbe vezetve 98–102 °C-on 20 s hőntartással hőkezeljük. Pasztörözés után 22–24 °C-ra hűtjük le a tejszint. Ezen a hőmérsékleten 2% vajkultúrával beoltjuk. A beoltást követően újra homogénezzük, de most már 250–300 bar nyomáson, miközben az alapanyag hőmérséklete 30–32 °C-ra felmelegszik. A kétszer homogénezett, hőkezelt alapanyagot ezután megalvasztjuk. Az alvadékat az érlelőtank keverőjével simára törjük, majd szivattyúval a kutterbe továbbítjuk. Itt hozzáadjuk az állományjavító anyagot, az ízesítőanyagokat, vaját stb.

Ha a tejszín pH-értéke magasabb 4,5-nél, akkor azt citromsavoldattal állítjuk be az elvárt értékre. A kutterben állandó keverés mellett a terméket közvetlen gőzbevezetéssel 75–78 °C-ra hevítjük. A kutterezést követően a terméket szivattyú segítségével egy fűthető tartályba, majd az adagológép tölcserébe továbbítjuk.

160 ■ 10. Vaj és vajkészítmények gyártása

Az adagolás a végtermék állománya és bakteriológiai minősége miatt 65–72 °C-on folyamatosan történik. A termék 4,5 pH-n 70 °C feletti hőkezelés hatására gyakorlatilag steril lesz. A melegen való letöltés a reinfekciót minimálisra csökkenti. A vajkrém végső állománya a fogyasztói csomagolásban hűtés közben alakul ki.

<i>Anyagok</i>	<i>Műveletek</i>	<i>Paraméterek</i>
Tejszín, tejpör	Bekeverés, Zsírbeállítás	32–35%
	↓	
	Előmelegítés	50–55 °C
	↓	
	Homogénezés	50–70 bar
	↓	
	Hőkezelés	98–100 °C, 15–40 sec
	↓	
	Hűtés	22–24 °C
	↓	
Vajkultúra	Beoltás	2%
	↓	
	Homogénezés	280–300 bar
	↓	
	Savanyítás-érlelés	30–32 °C-on, 4,2–4,5 pH-ig
↓		
	Alvadékfeltörés	
↓		
Adalékanyagok, stabilizálószer	Kutterezés-hőkezelés	72–78 °C
	↓	
	Adagolás-csomagolás	65–72 °C
	↓	
	Hűtés, érlelés	5 °C alá 24 órán át

10.10. ábra. A vajkrémkészítés folyamatábrája

10.9. A vaj és vajkészítmények gyakoribb hibái

10.9.1. Állományhibák

Túl *kemény* vagy túl *lágú* állomány: a nyári vaj igen lágú, a téli vaj pedig túl morzsálódó 15 °C-on. A hiba eredete a vajzsír összetételében van. Megfelelő technológia alkalmazásával a hiba csökkenthető vagy megszüntethető.

Kenőcsös állomány: a vaj túlgyúrása okozza.

Vízeresztés: a rosszul elvégzett gyúrás okozza. Gyors mikrobiológiai romlás-hoz vezethet. Védekezés az előírás szerinti gyúrás.

10.9.2. Íz- és szaghibák

Tisztátalan íz és szag: a tejszín befülledése, kezeléskor nem megfelelő tisztaság az oka. Védekezés a technológiai utasítások betartásával.

Takarmány eredetű íz- és szaghibák: nagy mennyiségű, átható ízű vagy szagú takarmány etetése idézi elő. Megszüntethető a tejszín kezelésekor vákuumos szellőztetéssel, és megelőzhető az egyoldalú takarmányozás megszüntetésével.

Öreges íz és szag: oka a meginduló zsírbomlás.

Savanyú íz és szag: oka a tejszín túlsavanyodása.

Lipázos íz és szag: vagy az eredeti, vagy a baktériumok által termelt lipáz enzim okozza. Védekezhetünk a tejszín válogatásával, illetve a fertőzés elkerülésével.

Olajos-faggyús íz és szag: a hibáért a vajzsír oxidációs zsírbomlása a felelős, amit előidézhetnek fémsók, levegő oxigénje vagy akár fény is. Védekezés az oxidációt előidéző okok megszüntetésével.

Élesztős íz és szag: a hibát a tejszín vagy vaj fertőződése idézi elő. Védekezés: a gyártás során a tisztaság, higiénia betartásával lehetséges.

Főtt, kozmás íz és szag: kultúra eredetű hiba. A kultúratej túlhevítése okozza. El kell kerülni a kultúratej túlhevítését, a kultúrát le kell cserélni.

10.9.3. Szín- és küllemi hibák

Foltos, egyenetlen színű vaj: a vaj felületén eltérő színű foltok, csíkok, pettyek láthatók. A hibát okozhatják színtermelő mikroba, penészek megjelenése, különböző színárnyalatú vajak tökéletlen összegyűrése, rosszul elkevert vajszínezék.

Tompa fényű vaj: rendszerint a kenőcsös állományú vaj hibája és általában a vaj túlgyűrése okozza.

10.10. A vajgyártás gépei

A vajgyártó berendezések az anyagok szétválasztására szolgáló gépek közé tartoznak. A tejszínre gyakorolt különböző hatások alapján megkülönböztetünk:

- a zsírgolyócskák agglomerálásán alapuló eljárást (köpülés),
- fölözéses eljárást és
- vajzsír-emulgeáló eljárást.

A hazai alkalmazás szempontjából csak a köpüléssel van jelentősége.

Tejszínérlelő tank

A tankban lévő tejszín hűtése a kettős fal közé vezetett hűtőközeggel történik. A hűtés kialakítása szempontjából lehet:

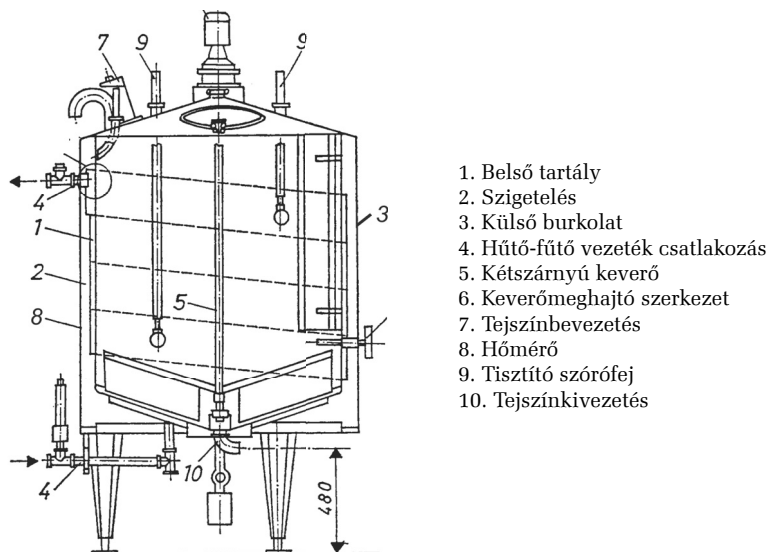
– vegyes rendszerű a berendezés, itt a fűtés és a hűtés azonos folyadéktérben történik,

162 ■ 10. Vaj és vajkészítmények gyártása

– a belső tartály falára hegesztett csőkigyóval végezzük a hűtést, a víztéren át a fűtést,

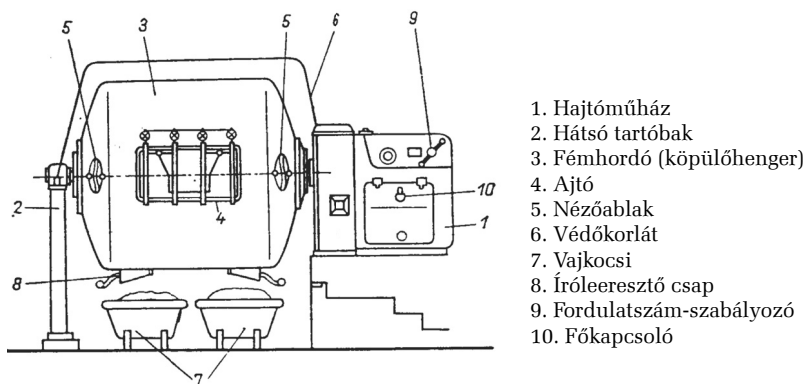
– a tartályfalra hegesztett teljesen zárt rendszerű csőkigyós hűtés, fűtés.

A tejszínérlelők keverőszerkezete kettős mozgást végző – bolygórendszerű – keverő. A hajtómotor tengelyéről kétszeres áttétellel külön hajtják a tartály geometriai tengelyében csapágyazott központi forgótengelyt, valamint az ehhez kapcsolt keverőkar végében csapágyazott és külön forgatott keretes keverőt. A keretes keverő így forog a saját tengelye és a központi tengely körül is. A bolygókeverős megoldáson kívül ismerünk lapátos-keverős megoldásokat is. A tejszínérlelő tankok tartozéka a tankmosó szórófej.



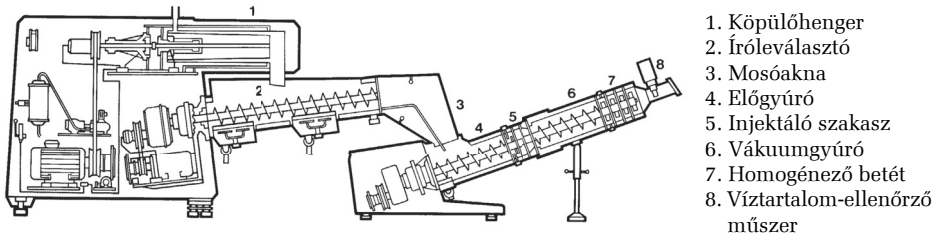
1. Belső tartály
2. Szigetelés
3. Külső burkolat
4. Hűtő-fűtő vezeték csatlakozás
5. Kétszárnyú keverő
6. Keverőmeghajtó szerkezet
7. Tejszínbevezetés
8. Hőmérő
9. Tisztító szórófej
10. Tejszínkivezetés

10.11. ábra. Tejszínérlelő tank



1. Hajtóműház
2. Hátsó tartóbak
3. Fémhordó (köpülőhenger)
4. Ajtó
5. Nézőablak
6. Védőkorlát
7. Vajkocsi
8. Íróleeresztő csap
9. Fordulatszám-szabályozó
10. Főkapcsoló

10.12. ábra. A BFA-6 típusú vajkészítő



10.13. ábra. Folytonos vajgyártógép

Sajtgyártás

11.1. A sajtok csoportosítása

A sajt elnevezés gyűjtőfogalom, amely olyan élelmiszert jelöl, amelyet tejből fermentálással, alvasztással, a savó elválasztásával, hosszabb-rövidebb érleléssel készítenek a legkülönbözőbb alak- és ízváltozatokban. A Magyar Élelmiszerkönyv szerint a fő sajtcsoportok a következők: oltós alvasztású sajtok, savas alvasztású sajtok, vegyes alvasztású sajtok, sajt készítmények.

A leggyakoribb *oltós alvasztású*, érlelt sajtok tejből, a sajt jellegének megfelelő kultúra hozzáadásával, enzimes alvasztással, a tejfehérje részleges vagy teljes koagulálásával, savóelvonással – membránszeparációs technológiával gyártott sajt esetén permeátelvonással – előállított szilárd vagy félszilárd termék, amelyben a savófehérje-kazein arány nem haladja meg a tejben levőt, és amelyet rövidebb-hosszabb idejű érlelés után fogyasztanak. Megfelelő ízesítőanyagok szükség szerinti hozzáadásával vagy füstöléssel előállíthatók az oltós alvasztású, érlelt sajtok ízesített (pl. köményes) és füstölt változatai is.

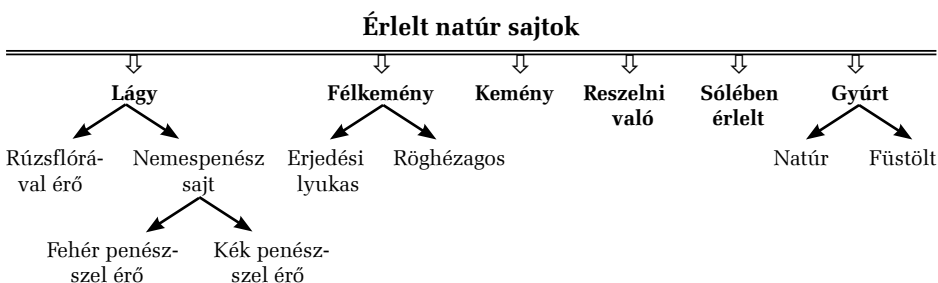
A savas alvasztású sajtok készítésekor az alvadék kialakulásában a keletkezett szerves savaknak, és ezen keresztül a pH 4,6-hoz közeli értékre csökkenése játsza a fő szerepet (pl. túró). A vegyes alvasztású sajtok esetében az alvadás a pH-csökkenés és az oltóenzim együttes hatására jön létre. A sajtokat többféle szempont alapján csoportosíthatjuk. Legelterjedtebb a tej eredete, a sajt típusa, a zsírtartalom, valamint a sajtészta szerkezete szerinti csoportosítás. A sajt típus alapján a Nemzetközi Tejgazdasági Szövetség (IDF) a következő csoportosítást javasolja:

- Kemény sajtok (pl. parmezán, ementáli, ceddar),
- Félkemény sajtok (pl. gouda, Edami, Trappista, tilziti, óvári),
- Lágy sajtok (pl. romadur, camembert, göcseji),
- Friss sajtok (pl. Sport sajt, krémsajt),
- Savanyútej-sajtok (pl. étkezési túrófélék, pogácsasajt),
- Savósajtok (pl. orda, ricotta).

Elsősorban az oltós alvasztású sajtok *zsírtartalom szerinti* csoportosításában megkülönböztetünk nagy zsírtartalmú, azaz zsírdús, zsíros, félszíros, kis zsírtartalmú és zsírszegény, vagy más néven sovány sajtokat. A zsírdús sajtok relatív zsírtartalma legalább 60%, a zsíros sajtoké 45–60%, a félszírosaké 25–45%, míg a sovány sajtoké kisebb mint 10% (relatív zsírtartalom: a zsír aránya a szárazanyagban).

A *sajttészta szerkezete szerint* erjedési lyukas (ementáli, Trappista), röghézagos (tilziti, óvári), lyukazottság nélküli (cheddar, étkezési túró, parmezán és kék-, zöldpenészes erezetű (roafort, stilton) sajtokat különböztetünk meg. E csoportosítások közül legáltalánosabb a típus és a zsírtartalom szerinti besorolás. Magyarországon a gyakorlatban a következő csoportosítás terjedt el: kemény, félkemény, lágy, friss sajtok és túrófélesek.

Az állomány szerinti megkülönböztetés esetén egy-egy állománytípusban eltérő technológiával, kultúrával készített, különböző lyukazottságú sajtokat is találunk. Újabb csoportosítási lehetőséget ad az, hogy a sajtok bevonat nélkül (pl. Trappista), de eltérő bevonattal is érlelhetők. Bevonattal érő sajtok a rúzskultúrával érő (pl. pálpusztai), ill. a penészkultúrával érő sajtok. A penészkultúra vagy csak a sajt felületén található (pl. camembert), vagy kívül és belül is (pl. márvány sajt) (11.1. ábra).



11.1. ábra. Az érlelt natúr sajtok felosztása

Kemény és extra kemény sajtok

A kemény és extra kemény sajtokat a szilárd, kemény sajttészta, általában a nagy méret és tömeg, a szabályos alak és a többhónapos, hosszú érési idő jellemzi. Egész tömegükben érnek, de egyes esetekben érésükben a kéregflórának is szerepe lehet. Az ide tartozó sajtok három alcsoportba sorolhatók: reszelni való sajtok, erjedési lyukas sajtok és cseddározással gyártott sajtok.

Reszelni való sajtok: Legfőbb jellemzőjük a kemény, szemcsés, nehezen vágható, inkább törhető, reszelhető állomány.

Erjedési lyukas sajtok: Legfőbb jellemzőjük a kemény, rugalmas, vágható állomány, a metszéslapon nagyjából egyenletes eloszlásban nagy, kerek (ementáli típusú) vagy kisebb, kerek (gruyer típusú), tompafényű vagy fényes erjedési lyukak.

Cseddározással gyártott sajtok: A sajtokra jellemző a kemény, de sajátosan képlékeny állomány, a zárt vagy legfeljebb kisebb röghézagokat, repedéseket mutató sajttészta.

Félkemény sajtok

A félkemény sajtokat a szilárd, de jól vágható állomány, a közepes méret és tömeg, a szabályos alak, a közepes, többhetes érési idő jellemzi. Egész

tömegükben egyenletesen érnek, egyes alcsoportok érésében a kéregflóra is szerepet játszik.

Erjedési lyukas sajtok: Közös jellemzőjük a nagyjából egyenletes eloszlásban, nem túl sűrűn elhelyezkedő, 3–6 mm átmérőjű, kerek erjedési lyukakat mutató metszéslap, és a száraz vagy kissé nyirkos sajtfelület (kéreg).

Röglyukas sajtok: A legfontosabb jellemző a röglyukas (röghézagos) sajtészta, továbbá hogy az ide tartozó egyes sajtféléségek érésében a kéregflórának többkevesebb szerepe van.

Hevített-gyúrt sajtok: Közös jellemzőjük a zárt, legfeljebb légzárványokat mutató, kemény, de sajátosan képlékeny sajtészta, az egész tömegben való lassú érés, az enyhe íz.

Nemespenészekkel és/vagy rúzsflórával érő sajtok: Legfontosabb jellemzőjük a vágható, zárt vagy röghézagos, esetenként kékeszöld penészszerzésű sajtészta, esetleg a fehér penészbevonat, a karakterisztikus, pikáns, csípős íz.

Lágy sajtok

A lágy sajtokat lágy, a kenhetőől a könnyen vághatóig terjedő állomány, a kis méret és tömeg, a rövid érési idő jellemzi. A sajtok nagy részének érésében a kéregflóra fontos szerepet játszik, és sok idetartozó sajt kívülről befelé érik.

Rúzsflórával érő sajtok: Közös jellemzőjük a lágy sajtészta, legfeljebb kevés apró erjedési vagy röglyukkal, a rúzsflóra meghatározó szerepe az érésben, a jellegzetes pikáns szag és íz.

Fehér nemespenésszel érő sajtok: Legfontosabb jellemzőjük a fehér penészbevonat, a lágy sajtészta, a gombára emlékeztető szag és íz.

Belső érésű sajtok: Közös jellemzőjük a lágy állomány, a zárt vagy kevés röglyukat, esetleg erjedési lyukat mutató metszéslap, az enyhe, savanykás íz.

Sólében érlelt sajtok: Legfőbb jellemzőjük, hogy a sajtok sós, savós-vizes lében, ún. szalamurában érnek és kerülnek rendszerint forgalomba. A fehér-csontfehér sajtészta mérsékelten lágy, képlékeny, de ugyanakkor törékeny, íze jellegzetesen savanykás, sós.

Nemespenészekkel és rúzsflórával érő sajtok: Legfontosabb jellemzőjük a lágy, zárt vagy röghézagos, esetenként kékeszöld penészszerzésű sajtészta, esetleg a fehér penészbevonat, a karakterisztikus, pikáns, csípős íz.

Savanyútej-sajtok

Ahogy már említettük, a savanyútej-sajtok alvadása esetében a pH-csökkenés (savanyodás) a döntő. Mivel a viszonylag alacsony pH több mikrobafélét jelentősen gátol, ezért ezeknél a sajtoknál nem végezhető ugyanolyan érlelés, mint az oltós sajtok esetében. A túrófélék pl. nem igényelnek semmilyen érlelést, mivel az ízkaraktert elsősorban a savanyodás határozza meg. Ettől függetlenül – elsősorban régebben – rövidebb ideig érlelt, ún. csípős túró is készítettek. A sajtként kezelt savanyútej-sajtokat is rövid, 3–7 napos érlelés után hozzák forgalomba (pl. pogácsasajt).

Savósajtok

A sajtgyártás során a tejmennyiség 80–90%-a savó formájában távozik, míg a maradék 10–20% képviseli az igen értékes sajtot. A savóban azonban igen értékes tápanyagok találhatóak, pl. a kiemelkedő táplálkozási előnyökkel rendelkező savófehérjék. A fehérjék kinyerése pedig alapvető fontosságú szempont gazdasági megfontolásból is. A savó megfelelő savanyításával, majd a fehérjék hővel történő kicsapásával növelhető a tejből készített összes sajt mennyisége. Az így készülő orda és ricotta ugyan nem vetekedhet a klasszikus oltós sajtok élvezeti értékével, ám újra egyre népszerűbbek a fogyasztók körében, különösen az ízesített változatok. A túróhoz hasonló állagú ricotta különösen kedvelt sütőipari, cukrászati alapanyag.

11.2. A sajttej kiválasztása

A jó minőségű, gazdaságosan gyártott sajt készítése a megfelelő alapanyagtej kiválasztásával kezdődik. A sajttejnek, a szokásos követelményeken túl, igen jó erjedési készséggel kell rendelkeznie, ami garancia a sajt kultúra megfelelő működésére, és ezen keresztül a megfelelő érzékszervi minőségre. Az alacsony csíraszám szintén fontos követelmény, amihez jó tudni, hogy az üzemi nyers tej csíraszama sohasem olyan, mint amit a dekádonkénti minősítés mutat. Már csak azért sem, mert a tejet az elszállításig tárolják, majd szállítják, végül a silókba átszivattyúzva tárolják a feldolgozóüzemben is. Fontos tehát, hogy az összcsíraszám minden esetben $300\ 000/\text{cm}^3$ alatt legyen. A félkemény és kemény sajtok esetében alapvető követelmény a gázképző *Clostridiumok* alacsony száma is ($<1/\text{cm}^3$), mivel ezek, az érés alatt elszaporodva, a sajt puffadását okozhatják. Baktófogakkal ez a probléma megoldható. Ugyancsak alapvető fontosságú a tej alacsony szomatikus sejtszáma, mivel az emelkedett sejtszámú tej alvadási rendellenességeket mutat, és nagyobb veszteséget okoz a gyártásban.

Ugyancsak fontos lehet, elsősorban a jövedelmezőség miatt, a tej magasabb fehérjetartalma, hiszen nagyobb fehérjetartalom (ezen belül nagyobb kazeintartalom) több sajt készítését teszi lehetővé. Önmagában a tej fehérjetartalmának figyelembevétele azonban csalóka lehet. Adott tejelő állománynál természetes, hogy pl. a laktációban változik a tej összetétele, így fehérjetartalma is. Ezzel együtt azonban (fordított arányban) a megtermelt tej mennyisége is változik. Ebben az esetben azt figyelték meg, hogy összességében a több, ám némileg kisebb fehérjetartalmú tej ad több sajtot, mivel a tej mennyisége nagyobb mértékben változik, mint a tej fehérjetartalma. Ideális esetben tehát úgy célszerű válogatni a sajttejet, hogy azonos termelési színvonal mellett legyen a tej fehérjetartalma nagyobb.

11.3. Zsírtartalom-beállítás, hőkezelés, érlelés

A tej zsírtartalmát a sajt kívánt zsírtartalmának figyelembevételével kell beállítani. A zsírtartalom beállításánál figyelembe kell venni, hogy a zsír egy része a savóban mint veszteség jelenik meg, azaz a zsír átvitele a sajtba nem 100%-os. Ugyancsak fontos tudni, hogy mivel a sajtszerkezet a fehérjéből, azon belül elsősorban a kazeinből alakul ki, a gyártott sajt mennyiségét, és így a szükséges zsír mennyiségét (így a tej zsírtartalmát is) a sajttej fehérjetartalma, ezen belül kazeintartalma határozza meg. Kisebb fehérjetartalmú tej esetén tehát a zsírtartalmat kissé alacsonyabb értékre kell beállítani. Persze azzal is tisztában kell lenni, hogy a tej kazeinje milyen arányban megy át a sajtba.

Mivel az EU területén csak hőkezelt tejből készült terméket lehet forgalomba hozni, nem hagyható el a sajttej hőkezelése. A legtöbb esetben a már beállított zsírtartalmú tej kerül hőkezelésre. A hőkezelés rontja a tej alvadóképességét, amely romlás 74 °C fölött nagyobb mértékű, ezért a sajttejet általában 60–65 °C-on vagy 72–74 °C-on 15–40 másodperces hőntartással pasztőrözik.

A sajttej érlelésének az a célja, hogy megteremtse a sajtgyártásban alkalmazott kultúrák működésének optimális feltételeit. A friss tej és az alacsony csíraszámú, hűtve tárolt tej savanyodási erélye, alvadóképessége gyenge. Mivel jó esetben pontosan ilyen tej áll rendelkezésre, ezért a tejnek a megfelelő előkezelésen kell átesnie. Előérlelés során általában a már pasztőrözött tejet visszahűtik 8–12 °C-ra, és 0,1–0,2% mezofil kultúrával (pl. vajkultúrával) beoltva 12–18 óráig nagy tömegben tárolják. Az előérlelés alatt megindul elsősorban a tejcukor lebontása, és a mikrobák olyan anyagokat termelnek, amelyek később tápanyagul szolgálnak a sajt érésében szerepet játszó mikrobáknak. Az elért savfokemelkedés csupán kb. 0,1–0,3 SH°. Az előérlelés a mai, korszerű sajtgyártás elengedhetetlen művelete, egyrészt a minőséget, másrészt a gyártást egalizálja.

A sajttej utóérlelésének célja a sajt jellegét kialakító mikrobák elszaporítása, anyagcsere-folyamataik beindítása. Az utóérlelés gyakran már a sajtkádban, sajt-tankban történik, beoltási hőmérsékleten (jellemzően 28–32 °C-on). Az utóérlelést a sajt típusától függő savfokemelkedésig kell végezni. Általában itt is 0,1–0,3 SH°-emelkedés a cél, amit 30–60 perc alatt el lehet érni, de az intenzív savanyodást igénylő sajtoknál (pl. a cheddar sajtnál) akár 2 óra is lehet az érlelési idő.

11.4. A sajttej feljavítása

Fontos, hogy a tej minden idegen anyagtól mentes és egészséges állattól származó legyen. Idegen anyagok vannak jelen, ha a tej vizezett, tartósítószeret, fertőtlenítőszer-maradványokat, antibiotikumokat tartalmaz. Rendellenes összetételű a tej, ha beteg állattól származik. A tőgybetegségekben, ivarszervi megbetegedésben szenvedő állatok teje ugyancsak alkalmatlan sajt készítésre. Hasonlóan bíráljuk el

a főcstejet adó vagy az öregfejős állatok tejét is. Az idegen anyagot tartalmazó és rendellenes összetételű tehenek tejét tartalmazó sajttejben a tejsavbaktériumok nem találják meg életfeltételeiket, a savanyodás nem a kívánt mértékű, az alvadék kidolgozása sem megfelelő, a sajt rendszerint hibásan érik. Ezekkel függ össze a tej renyhe alvadása is, amikor az alvadék lágy, vízkötő, oltó hatására nehezen alvad. A pasztörözött sajttej feljavítása segédanyagok hozzáadásával háromirányú:

- a pasztörözés és a tej eredeti kalciumhiánya következtében csökkent alvadóképesség helyreállítása,

- a pasztörözés utáni coli, aerogeneses fertőzés ellensúlyozása,

- az erjedési készség erősítése.

A sajttej csökkent alvadóképességét kalcium-klorid hozzáadásával némiképpen javítjuk. A kalcium-klorid vízben oldható, erősen higroszkópos, kristályos mészevegyület. Használata akkor célszerű, ha a tej mézstartalma már eredetileg alacsony, pl. mézszegény talajon termett, vagy kilúgozott takarmánynövények etetése esetén, vagy pedig ha a sajttejet valamilyen okból kissé magasabb hőmérsékleten, esetleg hosszabb ideig pasztörözték, továbbá a kemény sajtok gyártásánál minden esetben, ha azok 70 °C feletti hőmérsékleten pasztörözött tejből készülnek. Ha a tej kevés kalciumot tartalmaz, 100 kg tejre számítva 20–25 g-ot adagolunk. A kalcium-kloridot előzőleg felforralt, majd a beoltási hőmérsékletre lehűtött vízben feloldva, pasztörözés után adjuk a tejhez.

A pasztörözött sajttej gyakran fertőződik coliform baktériumokkal, amelyek nagymértékű elszaporodásuk esetén a sajtok ún. korai (préalatti) puffadását idézhetik elő. Ezek gátlására K- vagy Na-nitrátot alkalmaznak még napjainkban is annak ellenére, hogy a nitrátok alkalmazása kifogásolható. Az adagolás mértéke: 5–10 g/100 liter tej. A korszerű, jó higiéniai színvonalú sajtüzemekben, ott, ahol igen gondos munka folyik és a reinfekció nem számottevő mértékű, ma már nem alkalmazzák a nitrátokat. A nitrátok nem csak az ember egészségére gyakorolt hatásuk miatt rosszak, de rontják a tej alvadási készségét, keserű ízt és egyenetlen színeződést okoznak a sajtban. Ugyancsak gyakran előfordul, hogy K-nitrát adagolással „vak”, azaz lyuk nélküli lesz a sajt.

A kereskedelem megkívánja, hogy számos sajtféleség színe egész éven át egyforma legyen, és a sovány sajtok színben megközelítsék a kövér sajtokat, ezért a sajtokat gyakran festik. A sajtfestéket a tejben jól keverjük el, és különösen arra vigyázzunk, hogy a tej habjával ne érintkezzen, mert az erősebben festődik, aminek következtében a sajtészta foltos lesz.

11.5. A tej alvasztása

Az alvadást biztosító anyagok közül a tejtoltók az édes, a kultúrák a savanyú alvadást biztosítják. Sajtgyártásban mind a kétféle anyagot felhasználják. A sajtgyártásban a tej alvasztására korábban szinte kizárólagosan a borjúgyomorból készí-

tett oltóenzimet (kimozint) használták. Az állati eredetű enzimek közül egyre nagyobb tömegben használták fel a pepszint is. A pepszin az emlősök gyomrának nyálkahártyájában keletkező, jellegzetes fehérjebontó enzim. A tisztán pepszinnel alvasztott tej alvadéka kevésbé szilárd, mint a tisztán borjúgyomoroltóval alvasztotté. A pepszint így különböző arányban keverték kimozinnal. A keverési arány elérheti az 50:50%-ot is. Az utóbbi időben egyre terjed a mikroba eredetű oltóenzimek használata. Előtérbe kerülésüket magyarázza, hogy az oltóenzim mikrobiológiai úton sokkal olcsóbban állítható elő, és gyártási alapanyag beszerzési problémák sincsenek.

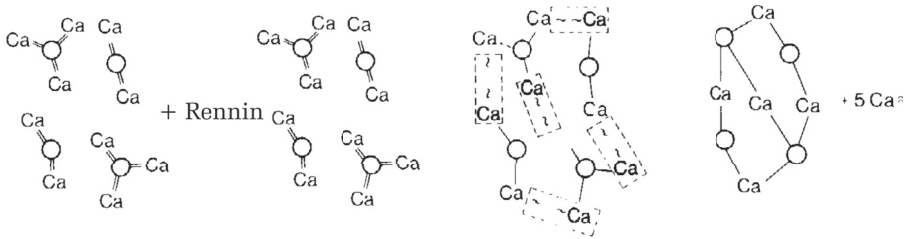
Az oltó csomagolásán feltüntetik az oltó erősségét, pl. 1:50 000. Az oltóerősség megmutatja, hogy 1 rész oltó 40 perc alatt hány rész 7,0 savfokú tejet alvaszt meg 35 °C-on. A tejoltókkal kombinálva alkalmazzák a sajtgyártásban az illető sajtra jellemző savanyítókat, a különböző kultúrákat. Ma már lehetőség van arra, hogy az egyes kultúraféleségeket, vajkultúra, sajt kultúra (*Str. thermophilus*, *Lb. helveticus*, *Lb. casei*, vagy *Str. thermophilus*, *Lb. lactis*), propionsavkultúra, rúzs-kultúra, roquefort kultúra, camembert szintenyészetet az üzemek készen kapják a kultúra laboratóriumból, és minden külön kezelés nélkül használják fel.

Ha a sajttejet a beoltáshoz előkészítettük, vagyis zsírtartalmát kellőképpen beállítottuk, kultúrázással és utóérleléssel a megfelelő savfokemelkedést elértük, a szükséges tejminőséget javító adalékanyagokat hozzáadtuk, és a beoltási hőmérsékletre felmelegítettük, az oltót a sajttejben eloszlatjuk. Az oltót vékony sugárban az egész felszínen egyenletesen végigöntve, állandó keverés mellett adjuk a tejhez. A keverést úgy kell végezni, hogy az egész tejtömeg örvénylő mozgásban legyen.

A beoltás célja a folyékony – szol – halmazállapotú sajttejet a beoltási tényezők figyelembevételével mellett az oltóenzim hozzáadásával bizonyos idő alatt meghatározott szilárdságú géllé átalakítani, illetve megalvasztani. Az alvadási idő fordítva arányos a beoltási hőmérséklettel (ez bír a legnagyobb hatással), az oltó mennyiségével (kisebb hatása van), a tej savfokával, és a tej kalciumion- (oldható mészsó) tartalmával. Mivel az alvadási idő és az alvadék szilárdsága között fordított viszony áll fenn, mindezek a tényezők az alvadék szilárdságára egyenes arányban hatnak. Tehát minél magasabb hőmérsékleten és nagyobb mennyiségű oltóval oltunk, továbbá minél magasabb a tej savfoka és kalciumion-tartalma, az alvadáshoz annál rövidebb idő szükséges, és az alvadék szilárdsága ugyanazon időre annál nagyobb lesz. A κ -kazein különböző genetikai variánsai is befolyásolják a tej oltós alvadását.

A tej oltós alvadásában a κ -kazeinnek van a legnagyobb szerepe. A kazeinmicella felületén elhelyezkedő κ -kazein ugyanis kettős (hidrofób és hidrofil) tulajdonsága miatt stabilizálja és a hidrofil résszel kifelé fordulva hidratálja a micellákat. Az oltóenzim a κ -kazeint bontja para- κ -kazeinre és glükomakropeptid részre, így az lehasad a micelláról. Mivel a stabilitásban szerepet játszó és negatív töltést hordozó (karboxil-csoport) rész kilép a micellából, a lehasadt κ -kazein elveszíti stabilizáló szerepét, és megkezdődik a micellák aggregálódása, amelyben a Ca-io-

noknak kiemelkedő jelentőségük van. A micellák aggregálódása, a kisebb aggregátumok térhálóba rendeződése, azaz végső soron a tej alvadása akkor válik szemmel láthatóvá (és kimérhetővé), amikor a κ -kazeinnek legalább 80–90%-a már lehasadt a micellákról. A reakció csak 15 °C fölött megy végbe, optimuma 45 °C. A micellák aggregációjában a van der Waals-féle vonzási erő, elektrosztatikus vonzás és a micellák hidrofób kötése játszanak szerepet (11.2. ábra).

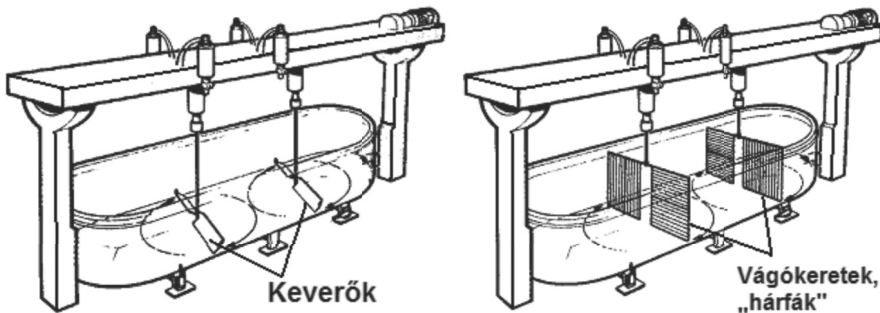


11.2. ábra. Az oltóhatás mechanizmusa

A túl sok oltóval készült kemény sajtok alvadási ideje erősen megrövidül, az alvadék túlságosan gyorsan szilárdul, az alvadékrögök a kidolgozás alatt gyorsan zsugorodnak – gyakran túlszáradnak –, és bár a kész sajt víztartalma alacsony, mégsem lesz tartós, mert pH-ja magas marad, ezért a jelen lévő vajsavbaktérium vagy coli-aerogeneses utófertőződés esetében könnyen puffad. A túl kevés oltó használatánál az alvadás tökéletlen. A kemény sajtoknál magasabb hőmérsékletű utómelegítéssel és hosszabb kidolgozással bizonyos mértékig lehet segíteni, de a félkemény és lágú sajtoknál – amelyek a magas utómelegítést nem bírják – nincs segítség, mert az ilyen sajtok alvadéka nehezen zsugorodik, az alvadékrögök nem adják le rendszeren a savót, a sajtok víztartalma magas marad, aminek következtében betúrósodnak.

11.6. Az alvadék kidolgozása

Az alvadék kidolgozásának az alvadék kiszárítása, illetőleg a savó eltávolítása a célja oly mértékben, hogy az alvadékrögök a gyártott sajt jellegének megfelelő állapotban kerüljenek formázásra. A kidolgozás folyamán az anyag tulajdonságainak, a kialakuló savhatásnak megfelelően alkalmazzák a technológiai tényezőket. Az alvadék kidolgozását három fő részre oszthatjuk: *elősajtolásra*, *utómelegítésre* és *utósajtolásra*. Egy vándorkeverős sajtkaád működését mutatja be a 11.3. ábra.



11.3. ábra. Vándorkeverős sajtka

11.6.1. Az elősajtolás

Az elősajtolás műveletének elvégzésekor az alvadék felaprítását, ülepítését végezzük, miközben a savó egy részét leszívátjuk. Az aprítással – az egy tömegben levő alvadékat kisebb-nagyobb rögökre darabolva – a savó eltávozását könnyítjük meg. A feldarabolással ugyanis az alvadéktömeg felülete viszonylagosan nagyobb lesz, éspedig annál inkább, minél kisebb rögökre aprítjuk azt. A felület növekedésével a savó eltávozásának lehetősége is nagyobb, mert egyrészt nagyobb felület válik szabaddá, másrészt a kisebb alvadékrögökben a savó útja rövidebb. Csak megfelelő szilárdságú alvadékat aprítsunk, mert ha az aprítást túl korán kezdjük – amikor az alvadék még nem eléggé kemény –, az könnyen roncsolódik, aminek következtében sok alvadékpor képződik, és mivel a laza alvadékból a zsírgolyócskák is könnyen kiválnak, a savó zsírmentes szárazanyag-tartalmával együtt zsírtartalma is a nem kívánt mértékben megnövekedik.

A magas víztartalmú lágy sajtok alvadékát rendszerint nagy rögökre aprítjuk, és minél alacsonyabb víztartalmú – keményebb – sajtot készítünk, annál kisebb rögökre aprítunk, mert az előbbi kevésbé, az utóbbi pedig nagyobb mértékben kell kiszáritanunk. A sajtok zsírtartalma a rögnagyságra annyiban van hatással, hogy a sovány sajtok alvadékát – a magasabb víztartalom és az erősebb savhatás elérésére – nagyobb rögökre aprítjuk, mint a zsíros sajtokét. Aprítás alatt az alvadékrögök zsugorodását és a savó állapotát állandó figyelemmel kísérjük. Az aprítás üteme az alvadék szilárdságától és az alvadékrögök zsugorodásától függ. Ha az alvadék az aprítás megkezdésekor túl szilárd, és az alvadékrögök aprítás alatt túl gyorsan zsugorodnak, akkor az aprítás ütemét gyorsítani kell, viszont ha az alvadék nem eléggé szilárd, és az alvadékrögök zsugorodása is kisebb mértékű, úgy lassan kell az aprítást végezni.

Az aprítás helytelen ütemére a savó állapota is figyelmeztet. Ha a savó fehér és sok benne az alvadékpor, akkor túl gyors volt az aprítás, tehát azt lassítani kell, ha azonban a savó színe zöld, úgy az aprítás ütemét fokozhatjuk, de ismét lassítsuk, ha alvadékpor-képződést észlelünk. Az aprítás üteme tehát az alvadék-

rögök zsugorodását követi, illetőleg ahhoz igazodik. Az aprítást úgy kell végezni, hogy befejeztével az alvadékrögök egyenlő nagyságúak legyenek. Az aprítás után az alvadékrögöket folyamatosan keverni kell. Üteme olyan legyen, hogy az alvadékrögök ne csomósodjanak össze. Időtartama az alvadékrögök zsugorodásának függvénye: nehezen zsugorodó alvadékrögök esetén hosszabb, gyorsan zsugorodóknál rövidebb ideig tart.

Az ülepítésnél néhány percre megszakítjuk a keverést, mire az alvadékrögök – nagyobb sűrűségüknél fogva – a sajt kád alsó részében gyűlnek össze, ahol egyrészt az oltó zsugorító hatása, másrészt a folyadéktömeg és önsúlyuk nyomása következtében a savót fokozottabb mértékben szorítják ki magukból. A savóleszívással a folyamatos savókiszivárgás következtében feleslegessé vált savómenyiséget távolítjuk el. Keverés közben az alvadékrögök egymáshoz ütődése, sűrűsödése fokozottabb savókiszorítással jár. Az alvadékrögöket további keveréssel készítjük elő az utómelegítéshez, tehát az mindaddig tart, amíg az alvadékrögök a szükséges szilárdságot elérték.

11.6.2. Az utómelegítés

Általánosságban a kemény és félkemény sajtok gyártásánál alkalmazunk utómelegítést, a lágy sajtok készítésénél pedig csak akkor, ha valamilyen ok, pl. gyenge oltóhatás következtében az alvadékrögök nem zsugorodnak kellő mértékben, de ebben az esetben is csak nagyon lassan emelkedő és kismértékű hőhatásnak teszszük ki azokat. Az utómelegítés célja a további savóeltávolítás elősegítése, ezáltal az alvadék szárítása, nedvességtartalmának csökkentése. Ha túl korán kezdjük az utómelegítést, továbbá ha az utómelegítés elején túl gyors ütemben emeljük a hőmérsékletet, az alvadékrögök felületén tömör hártya képződik, amely megakadályozza a savó kiszivárgását, és így – a magas hőmérséklet ellenére – a hő alvadékszugorító hatása nem érvényesülhet.

Az utómelegítési hőmérséklet a sajttej baktériumflórájától és a sajt víztartalmától függően az egyes sajtfeleségekre jellemző. Bizonyos körülmények között azonban a hőmérsékletet változtatni kell, de csak a sajttej érlelésénél alkalmazott mikrobák optimális hőmérsékleti határain belül, vagyis a változtatás nem lehet olyan nagymérvű, hogy a sajttej mikroflórájának működését gátolja. Az utómelegítési hőmérséklet a sajttej zsírtartalmával egyenes arányban áll: sovány sajtoknál alacsonyabb, kövér sajtoknál magasabb utómelegítési hőmérsékletet kell alkalmazni. Az alvadékrögök zsugorodása és az utómelegítési hőmérséklet között fordított viszony állapítható meg: gyorsan zsugorodó alvadékrögök alacsonyabb, lassan zsugorodók pedig magasabb hőmérsékletű utómelegítést kívánnak.

Az évszakok annyiban befolyásolják az utómelegítési hőmérsékletet, hogy nyáron, amikor a tej savfoka mindig magasabb, és a tej erjedési készsége is erősebb, alacsonyabb utómelegítési hőmérséklettel dolgozunk. Utómelegítés alatt állandóan figyeljük az alvadékrögök szilárdulását, mert az utómelegítés ütemét

ahhoz kell hangolnunk. Az erősen zsugorodó alvadékrögök utómelegítését gyorsabb, a nehezen zsugorodókét pedig lassabb ütemben végezzük. Mindenesetre az utómelegítést olyan ütemben kell végeznünk, hogy az alvadékrögök ne hártásodjanak be és ne csomósodjanak össze. A túl gyors ütemű utómelegítés következtében behártásodott alvadékrögökből a savó nehezen szivárog ki, ezért nem szárad kellő mértékben, a sajtészta víztartalma magas marad, és a préselés után fellépő túl erős savhatás miatt betúrósodik.

A csomós alvadék szintén veszélyezteti a sajtok minőségét: a csomók közepén lévő alvadékrögök a megmunkálást kikerülik, tehát a savót visszatartják, és a sajtésztaiba kerülve annak víztartalmát egyenetlenné teszik, aminek a szabálytalanul eloszlott lyukazottság a következménye. Ezenkívül a csomókban erősebb a savhatás, a csomók betúrósodnak, és az érett sajtésztaiban fehér pontokat, kisebb foltokat okoznak. Ezért intenzív keverés szükséges a művelet teljes időtartama alatt.

11.6.3. Utósajtolás és alvadékmosás

Az utómelegítés befejezése után következik az utósajtolás, vagyis az alvadékrögök készre keverése, ami abból áll, hogy az alvadékrögöket mindaddig keverjük, míg a gyártott sajtfeleségnek megfelelő szárazsági fokot elérik. Utósajtolásnál a keverés ütemét az alvadékrögök csomósodási hajlamához mérten fokozzuk.

A sajtgyártás folyamán két fő tényezővel kell számolnunk: az oltóhatással és a savhatással, amelyeket szükség szerint erősíteni vagy gyengíteni kell a beoltási és kidolgozási tényezők helyes alkalmazásával. Az oltóenzim három irányban fejti ki hatását: a beoltásnál a kazeint bontja, az alvadékot szilárdítja és a sajtészta részénél a para-kazeint alacsonyabb molekulatömegű fehérjevegyületekre tovább bontja. A tejsav a gyártás folyamán – alvadás, kidolgozás – három irányban fejti ki hatását: az oltóenzim hatását fokozza, az alvadást elősegíti, az alvadékrögök zsugorodását erősíti. A tejsav természetesen kihat az állomány kialakulására és a mikrobák működésére is. Általános szabály: minél hosszabb ideig tart az alvadás és az alvadék kidolgozása, annál erősebb savhatás alakul ki a sajtgyártás folyamán, ezért annál nagyon mértékben savanyodik a sajtészta.

A sajttej beoltáskori savfoka az egész sajtgyártáson végigmenő savhatás kiindulási pontja. Ha a beoltáskori savfok túl magas, akkor a kidolgozás alatt is erős savhatással kell számolnunk, ezért már a beoltásnál a savhatást gyengítő és az oltóhatást erősítő tényezőket kell alkalmaznunk, tehát alacsony beoltási hőmérsékleten és nagyobb mennyiségű oltó használatával rövidebb alvadási időre kell törekednünk. Ha beoltáskor a sajttej savfoka túl alacsony, ami azt jelenti, hogy a kidolgozás folyamán gyenge savhatással számolunk, akkor az alvadási időt hosszabbítjuk anélkül, hogy az oltó mennyiségét csökkentenénk, tehát alacsonyabb hőmérsékleten oltunk.

A tejsavas erjedés lefolyása és az alvadékrögök zsugorodása között kialakuló viszony nagymértékben hat a sajtészta pH-értékére. A gyenge oltóhatás és a –

kidolgozás folyamán fellépő – túl erős savhatás mellett készült sajtok pH-értéke rendszerint magas marad (5,35–5,45 pH) még abban az esetben is, ha a sajtészta történetesen betúrósodik. Ugyanez vonatkozik a túl erős oltóhatás és gyenge savhatás mellett készült sajtokra is. Ha azonban a kidolgozás alatt mind az oltóhatás, mind a savhatás gyenge, akkor a sajtok túl magas víztartalma következtében a préselés folyamán vagy közvetlenül az után igen erős savhatás lép fel, ami a sajtészta pH-ját nagymértékben – esetleg 4,7 értékre is – lecsökkenti.

Az alvadékrögök zsugorodására ható mechanikai tényezők, az ún. kidolgozási tényezők kiegészítik az oltó- és savhatás alvadékszugorító tevékenységét. Miután az alvadás befejezésekor kialakult oltó- és savhatás már kész tények, a kidolgozási tényezőknek csak kétféle feladatuk lehet: az alvadékrögök zsugorodását gyorsítani vagy lassítani a kidolgozás folyamán kialakult savhatással összhangban. Az alvadékrögök zsugorodását elősegítő mechanikai tényezők a következők:

- felaprítás kisebb alvadékrögökre,
- ülepítés,
- nagyobb mértékű savóleszívás,
- rövidebb elősajtolás,
- gyorsabb ütemű és magasabb hőfokú utómelegítés,
- erőteljesebb keverés.

Ha az alvadás befejezésekor erős oltóhatás mellett gyenge savhatás alakul ki, úgy az alvadékrögök zsugorodását lassító mechanikai tényezőket kell igénybe venni, hogy az alvadékrögök zsugorodása „bevárja” a savfok emelkedését, illetőleg a megfelelő savhatás kialakulását. Az alvadékrögök zsugorodását lassító mechanikai tényezők:

- felaprítás nagyobb alvadékrögökre,
- ülepítés mellőzése,
- kisebb mértékű savóleszívás,
- hosszabb elősajtolás,
- lassúbb ütemű és alacsony hőfokú utómelegítés,
- lassabb keverés.

Az alvadékrögök zsugorodását elősegítő tényezőket akkor kell igénybe venni, ha az alvadás befejezésekor az oltóhatás gyenge, a savhatás erős, a zsugorodást lassító tényezőket pedig akkor, ha az oltóhatás erős, viszont a savhatás gyenge. Az alvadékmosás célja az alvadékrögök tejcukor- és savtartalmának csökkentése a sajtészta túlsavanyodásának elkerülésére, a sajt jellegének kialakítása. Az alvadék mosását szükségessé tehetik: a sajttej elégtelen mézstartalma, a sajttej túl magas savfoka, kidolgozás alatti túl élénk tejsavas erjedés, a sajt jellegének kialakítása és az állomány biztosítása. Az alvadék mosásának sajtjelleg kialakító szerepe a holland típusú sajtoknál és a teasajtnál jön számításba. A teasajt magas víztartalmú lágy sajt, és eltérően a többi lágy sajtoktól, nem kívülről befele, hanem inkább egy tömegben érik. A sajt ilyen jellegzetességét csak erőteljes alvadékmosással érhetjük el.

Általában a sajtészta túlsavanyodásának ellensúlyozására alvadékosást alkalmazunk, ami célszerűbb, mert ezzel az eljárással a kidolgozás alatt fellépő savanyodási rendellenességeket is korrigálhatjuk. Leghatásosabb az alvadékosítás, ha azt az utómelegítés megkezdésekor végezzük, vagyis az alvadékosításhoz szükséges – természetesen kellően temperált – vizet a savóba öntve, az utómelegítésre használjuk fel. A mosóvizet legalább 90 °C-ra kell felmelegíteni, utána legalább 60 °C-ra lehűteni, és csak így csírátlanítva lehet a savóhoz önteni. 60 °C-nál magasabb hőmérsékletű vízzel mosva az alvadékrögök könnyen behártyásodnak, ami a savókiszivárgást meggátolja. Minél több savót szívátunk le az alvadékrögökről, minél kisebbek az alvadékrögök és minél hosszabb a mosási idő, a mosás hatása – ugyanazon mennyiségű víz használata mellett – annál nagyobb, mert a kisebb mennyiségű savó nagyobb mértékben hígul fel, a kisebb alvadékrögök gyorsabban lúgozódnak ki, és hosszabb mosási idő alatt az alvadékrögök kilúgozódása nagyobb mértékű.

11.7. Az alvadék formázása

Az alvadék formázásával adjuk meg a sajtok jellegzetes alakját és nagyságát. Aszerint, hogy röghezagos vagy erjedési lyukas sajtokat készítünk, az alvadék formázásának módja különböző. A formázás azonban a legtöbb esetben nem a sajt alakjának (formájának) megadását jelenti. Arról van szó, hogy az eddig önállóan lévő alvadékrögökből megkezdődik az egységes zárt vagy röghezagos sajtszerkezet, sajtészta kialakítása. Ehhez az alvadékrögöket, a sajt típusától függően, kisebb-nagyobb erővel össze kell „ragasztani”. A formázás végén a sajtok belső szerkezete hézagos, de a rögök már nem bonthatók újra szét. Vannak azonban olyan sajtok, elsősorban kisebb méretű lágy sajtok, amelyek formázásakor már a sajt végleges alakja is kialakul.

11.7.1. A röglyukas sajtok alvadékának formázása

A röglyukas sajtok formázásakor az a cél, hogy az alvadékrögök ne tapadjanak össze teljesen. Az ilyen sajtok formázásakor a savót elkülönítik az alvadéktól, majd az alvadékot levegővel érintkeztetve lehűtik. A lehűtés, valamint a levegővel való érintkeztetés következtében az alvadékrögök felülete kismértékben beszárad, és elveszti tapadóképeségét. Formázáskor az alvadékrögök között szabálytalan hézagok alakulnak ki. A röglyukas sajtok legegyszerűbb formázási módszere a kádban való formázás. Az alvadékot leülepítik, a savót leeresztik, majd kézi keveréssel vagy kavarószerkezettel az összetömődött alvadékrögöket elkülönítik egymástól. Az alvadékot ezután formákba merik. Az alvadék átkeverésével egy időben az esetleges ízesítőanyagok (kömény, só stb.) hozzáadását is el lehet végezni. Korszerűbb formázási mód a leeresztéses eljárás. Az alvadék-savó elegyet

perforált lemezre engedik le a kádból. A perforált lemezen a savó eltávozik, és az alvadékrögök lehűlnek. A lemezről kézzel juttatják az alvadékokat a formákba.

A gépesített formázásnak három módját ismerjük: a csurgatószalagos, a forgódobos és a vibrosztás eljárást (11.4. ábra).

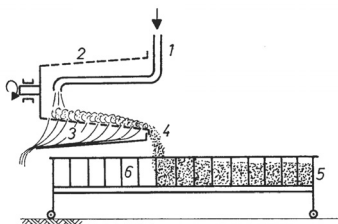
A *csurgatószalagot* lágy alvadék formázására használják. A kidolgozott alvadékokat leeresztéssel juttatják a csurgatószalagra. A csurgatószalag szállítja az alvadékokat és elkülöníti a savót. A sajtfeleségtől függően egy, két vagy három, egymás fölött elhelyezett szalagon végzik a csurgatást. Mivel a lágy alvadékok mechanikai behatás nem éri, a csurgatószalagon a porlási veszteség minimális. A csurgatószalagról a formákba hull az alvadék.

A *forgódobos* és a *vibrosztás* formázást a félkemény sajtok készítésekor alkalmazzák. A lassan forgó, enyhén lejtős perforált forgó hengerbe juttatott alvadék elkülönül a savótól, és a dob végén elhelyezett formákba hull. A vibrosztás módszerben a nagy frekvenciával mozgó perforált lemezen megy végbe a savó leválasztása és az alvadék lehűtése. A két módszer közül újabban a forgódobos formázást helyezik előtérbe. A vibrosztás működése zajos, az alvadék megfelelő szállításához a vibrálás fokát időnként változtatni kell, és az alvadékpor-veszteség is nagy.

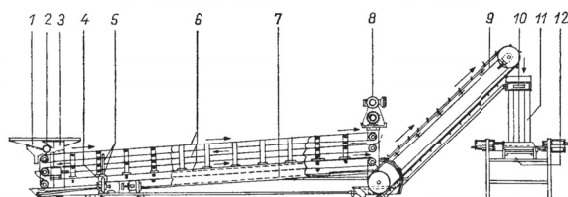
1. Bevezető cső
2. Savóleválasztó
3. Eltávozó savó
4. Sajtavadék
5. Préskocsi
6. Sajtformák

1. Garat
2. Alvadékosztó henger
3. Savó-, mosóvízgyűjtő tartály
4. Mosóvízszivattyú
5. Tisztítófejek
6. Csurgatószalag

7. Savófelfogó tálca
8. Hajtómű
9. Felhordószalag
10. Alvadékosztó
11. Formázó-daraboló
12. Csurgatótálca



Többrekeszes sajtformázó



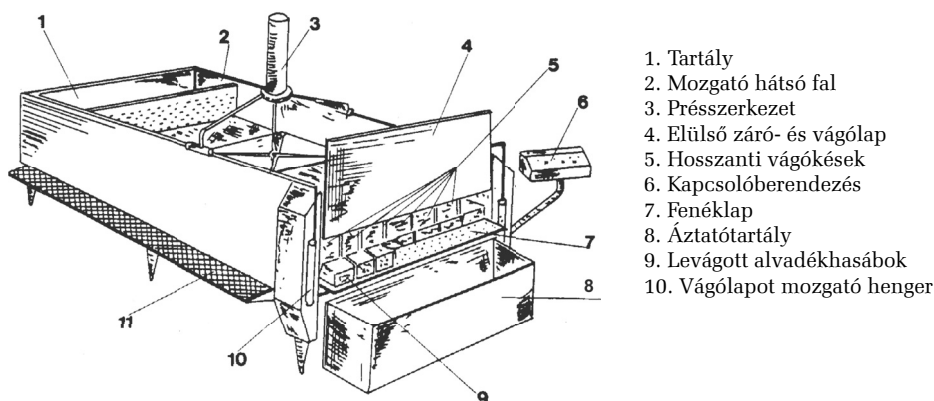
Csurgatószalag

11.4. ábra. Röghézagos sajtok formázására alkalmas berendezések

11.7.2. Erjedési lyukas és zárt tésztájú sajtok formázása

Az erjedési lyukas és zárt tésztájú sajtok formázásakor az alvadékrögök hézagmentes, lehető legtökéletesebb összehúzására kell törekedni. A formázás az előpréslésből és a formába rakásból áll. Az ementáli, illetve a Pannónia sajt gyártásakor a formázást korábban alvadékleeresztő kocskiban végezték. Az alvadékkocskiban a Pannon sajt méretének megfelelő magas sajtforma van, amelyet

kendővel bélelnek ki. Az alvadékot ebbe a formába engedik a savóval együtt. A formázókocsi alján lévő csapot kinyitva időnként leengedik a savót, ügyelve arra, hogy az alvadékot mindig fedje. A leeresztéses formázás vagy egyenként, vagy elosztócsatornával történik. Ezután a sajtok felületét kendővel letakarva préselik, majd a savó leeresztése után a sajt préselése következik. A nagyméretű (10 000–16 000 literes) sajtkészítők alvadék előpréseléséhez és formázásához külön berendezéseket használnak, amelyek folyamatos gépi formázást tesznek lehetővé (11.5. ábra).



11.5. ábra. Tebel rendszerű formázó-előpréselő berendezés

Működésük a következő: a savó-alvadék keveréket rendszerint szivattyúzással juttatják az elosztó csőrendszerbe. Lényeges, hogy ebben a rendszerben ne keveredjen az alvadék levegővel (levegő hatására a sajtok röghézagosak lesznek). Az elosztórendszer üzemeltetésének másik fontos feltétele, hogy ne kerüljenek bele alvadékcsomók, mert ha a csövek részlegesen vagy teljesen eldugulnak, a sajt mérete egyenetlen lesz. Az elosztórendszerből az alvadék egyedi formákba kerül. A sajtok egyenletes méretének kialakításához ebben a formázási rendszerben is gyakran szükséges a kézi beavatkozás. A sajtok előpréselése a formákban történik. A legkorszerűbb eljárásoknál az elő- és végső préselést azonos berendezéssel végzik. Az előpréselés időtartama a berendezéstől függően 20–40 perc.

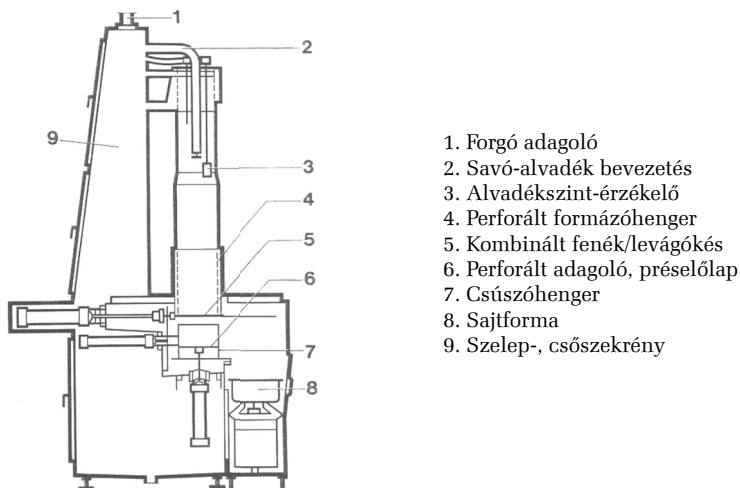
A szegletes (blokk) kemény sajtokat rendszerint nagy tömegben előpréselik. Az alvadék elosztására, egyenletes elterítésére itt is nagyon kell ügyelni. Az egyengetést hosszú nyelű tolólapáttal, kézzel végzik. Az előpréselés után a sajtot vagy formába helyezik, vagy végig a formázóberendezésben préselik. A félkemény sajtok előpréselését és formázását korábban általánosan vándorkeverős sajtádkákban végezték. Az alvadékot a kád közepére tolják. Feltoláskor ügyelni kell, hogy a savó a feltolólemez fölött folyjon át, különben a savó sok alvadékrögöt visz magával, és amennyiben ezt utólag szórják a már lepréselt alvadék tetejére, a sajtok felső része röghézagos lesz. A feltolás után rögzítik a feltolóleme-

zeket, és az alvadékot a savó alatt elegyengetik. Ezután az egész alvadékfelületet préslapokkal kell lefedni és egyenletesen préselni. A préselés befejeztével a savót leengedik, ügyelve arra, hogy a préslapokon kívül maradt alvadékot a savó ne vigye magával. Az alvadéktömböt ezután osztóléc segítségével megfelelő méretű kockákra osztják, és éles késsel feldarabolva a formákba rakják.

Hasonló elven működnek azok az előpréselő berendezések, amelyekbe a savóalvadék-elegyet legtöbbször gravitációs úton engedik le. Az alvadék előpréselését, majd felvágását pneumatikával vezérelt szerkezetek segítségével végzik.

A félkemény sajtok formázására újabban az alvadék-előpréselő (Tebel) berendezéseket használják (11.5. ábra). A savó-alvadék keveréket leeresztéssel vagy szivattyúval juttatják az előpréselőbe, ahol egyenletesen elterítik, majd savó alatt préselik. A préselés időtartama 20–30 perc. Préselés után a fenéklapot a vágóberendezés felé húzzák, a vágóberendezés a sajtokat felaprítja. Az előpréselő berendezés alkalmazása lényeges munkaerő-megtakarítással jár, és az így készült sajtok mérete is egyenletesebb. A kisebb alvadékrögök jobb visszatartása folytán rendszerint a sajttermelés is nagyobb az előpréselő használatakor.

Újabban folyamatos üzemű formázó-előpréselő gépeket is használnak (11.6. ábra). Az alvadék-savó elegyet függőleges elhelyezkedésű perforált hengerekbe engedik. A savó eltávozik a perforáción, miközben az alvadékrögök saját tömegüknél fogva tömörödnek, összetapadnak. Így a henger alján megfelelő állagú alvadéktömb alakul ki, amit a hengerek forgása egy álló kés segítségével vág le a szükséges vastagságban.



1. Forgó adagoló
2. Savó-alvadék bevezetés
3. Alvadékszint-érzékelő
4. Perforált formázóhenger
5. Kombinált fenék/levágókés
6. Perforált adagoló, préselőlap
7. Csúszóhenger
8. Sajtforma
9. Szelep-, csőszekrény

11.6. ábra. Folytonos üzemű formázóberendezés

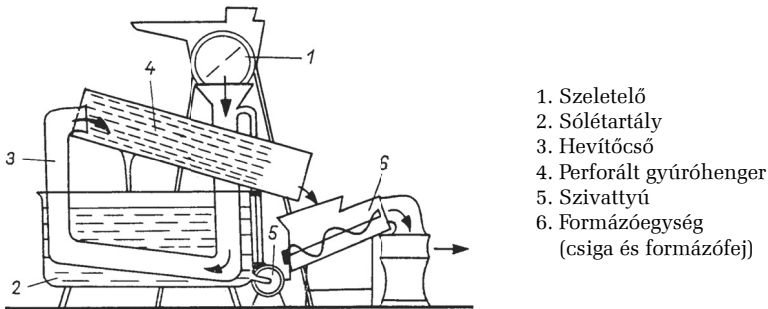
A lágy sajtok alvadékát kisebb-nagyobb tömbökbe formázzák. A sajt méretétől függően 30–50 sajt befogadására alkalmas keretekbe merik, vagy korsze-

rűbben az emelvényen lévő sajtkádból leeresztik az alvadék-savó keveréket. A keretekben az előpréselés rendszerint önsúllyal, csurgatással történik. A lágy-sajt-formázó gépeket alkalmazva, a savó egy részét csurgatószalagon vagy más savócsurgató berendezésen leválasztják. Ezután az alvadékot csövekbe juttatják. A keletkezett alvadékoszlop összetömörödik. Az oszlopokból géppel vágják le a sajtdarabokat. A vágóberendezésből csoportformákba kerül a sajt.

11.7.3. A hevített alvadék gépi és kézi formázása

A Kaskaval, Hajdú, sonka sajt alapanyagát felszeletelve hőkezeljük. A parenyica hevített anyagát szalag alakúra nyújtják, majd lehűlés után tekercsbe göngyölik, és a sajtanyagból kialakított fonattal összeerősítik a tekercsot.

Gépi formázáskor a Kaskaval hőkezelt sajtanyaga a formázógép tölcserébe kerül (11.7. ábra). A tölcseréből csiga szállítja tovább a sajtot a könyökcsőbe. A könyökcső a formázó emelhető asztalkájára helyezett formába vezeti a sajtot. A formázóasztal süllyesztésével megtelik a forma, és a vágófej elkülöníti a formázott sajtot. Hasonló módon formázzák gépi úton a sonka sajtot is.



1. Szeletelő
2. Sólétartály
3. Hevítőcső
4. Perforált gyűrűhenger
5. Szivattyú
6. Formázóegység
(csiga és formázófej)

11.7. ábra. Kaskaval sajt formázó aggregát

11.8. A sajtok préselése

A sajtok préselésével:

- a lazán összefüggő alvadékrögöket tömörítjük,
- a sajtok alakját meghatározzuk,
- a felesleges savót eltávolítjuk és
- a sajtkerget kialakítjuk.

A formázásnál az alvadékrögök még lazán összefüggő, többé-kevésbé alakatlan tömeget alkotnak, és csak a préselés hatására veszik fel a sajtformák alakját, és tömörülnek egységes tömeggé. A sajtok préselését különböző nyomással végzik. Erősen, vagyis nagy nyomással préselt sajtok általában a kemény sajtok,

kivéve a parmezán sajt, amely a legmagasabb szárazanyag-tartalmú sajtok egyike ugyan, de ennek dacára aránylag kis nyomással préseljük.

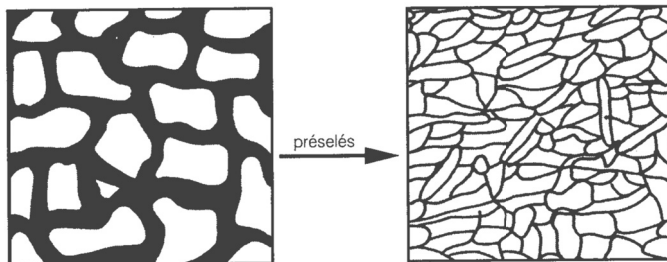
A félkemény sajtokat általában kisebb nyomással préselik, de ezeknél is vannak kivételek, mert egyes sajtféleségeket, mint pl. a Mosonmegyei csemege sajtot, a tilsiti sajtot egyáltalán nem préseljük. A lágy sajtok rendszerint préselés nélkül készülnek. Általános szabály: minél keményebb, vagyis minél alacsonyabb víztartalmú sajtot készítünk, annál nagyobb nyomással kell préselnünk.

A préselés mérve a sajtok érésére is kihat. Az erősen nagy nyomással préselt kemény sajtokban kevés savó marad vissza, szárazabbak lesznek, az alacsony víztartalmú sajtok éréséhez pedig több idő szükséges, mert bennük az érés kialakító erjedési folyamatok lassabban haladnak. Ezzel szemben a kisebb nyomással préselt félkemény sajtok gyorsabban érnek, mert magasabb víztartalmuk következtében erjedési folyamataik élénkebben, gyorsabban folynak le. A préselés hatása a présnyomás nagyságától, a préselési időtől és a préselt felület nagyságától függ. A présnyomás és a préselt felület nagysága között fordított a viszony: minél nagyobb a préselt felület, annál nagyobb préréssúly kell ugyanolyan nagyságú nyomás eléréséhez: tehát ugyanazon nyomás mellett a préselt felület növekedésével a fajlagos (1 cm²-re eső) nyomás csökken. Különböző elrendezésű sorozatpréseket mutat a 11.9. ábra.

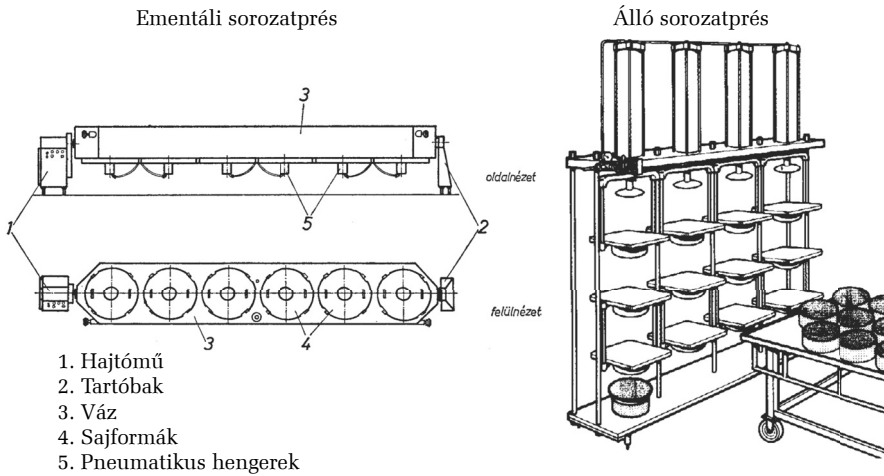
Mivel a sajtok féleségenként általában egyforma présfelületűek, és tömegük is nagyjából egyforma, a présnyomás nagyságát a sajtok tömegére vonatkoztatva adjuk meg. Pl. a Pannónia sajt előírt présnyomása tömegének hússzorosa akkor, ha a sajt 40 kg, a préselésnél $20 \cdot 40 = 800$ kg présnyomás szükséges. A présnyomás nagysága fordított arányban áll a préselési idővel. A présnyomás növelésével – de csak bizonyos határig – megrövidíthető a préselési idő, rendes körülmények között azonban a nagyobb présnyomás nem helyettesíthető a hosszabb préselési idővel.

A présnyomásnak és préselési időnek összhangban kell lennie egymással. A présnyomás kiszorítja a savót a sajttestzából, de ahhoz, hogy az összes felesleges savó eltávozzon, meghatározott idő szükséges (11.8. ábra).

A préselésnél, pl. állóprésnél, háromirányú nyomás lép fel: a présnyomás, amely a sajtra felülről hat, az ellennyomás, amely alulról indul ki és felfelé irányul: mivel a sajt préselés alatti állapotában – különösen a préselés kezdetén – képlékeny, oldalnyomást is számításba kell vennünk.



11.8.a. ábra. A préselés hatása a sajttestzátára



11.8.b. ábra. Különböző elrendezésű sorozatprések

Miután a préseléssel a sajtból a savót – vizet – akarjuk kiszorítani, ami a nyomás következtében oldalt igyekszik eltávozni, a sajt vízeloszlása, különösen a préselés elején, nagyon egyenetlen. A kerületi rész víztartalma sokkal nagyobb, mint a középrészé. Később azonban, ha a szabad víz már teljes mértékben eltávozott, a víztartalom kiegyenlítődik. Ha tehát ugyanazon nyomás mellett rövidebb ideig préseljük a sajtot, vagyis abbahagyjuk a préselést még mielőtt a szabad víz teljesen eltávozna, akkor a sajt víztartalma egyenetlen marad, aminek következtében a lyukelosztás sem lesz egyenletes, hanem a kerületi részben több, a középrészben pedig kevesebb lyuk képződik. Ugyanez következik be, ha a préselőhelyiség túl hideg, és ezért a sajtok külseje nagymértékben lehűl, ami a savóelfolyást akadályozza.

A préselést úgy kell irányítani, hogy a sajttészta állapota, a savóelfolyás és a sajt szilárdsága mindig összhangban legyen. A préselés lefolyását a savó elfolyásán és színén, a sajt rugalmasságán és színén ellenőrizhetjük. A préselés elején a savóelfolyás gyors, de ne túl gyors legyen. A túl gyors savóelfolyás túl gyorsan száradó – kissé savanyú – sajttésztát jelent, viszont a lassú savóelfolyás nehezen száradó, alacsony savhatású sajttésztára vall.

Rendes körülmények között a préselés folyamán elfolyó savó teljesen tiszta, vízszerű. Ha az elfolyó savó fehér, ez azt jelenti, hogy a présnyomás túl erős, vagyis a sajttészta még nem elég száraz a présnyomás nagyságához. Ebben az esetben tehát a présnyomást csökkenteni kell. A fehér savó azonban a sajttészta túlsavanyodását is jelentheti. A préselés előrehaladtával a sajtok rugalmassága fokozódik. A sajtok rugalmasságát forgatásuk alkalmával ellenőrizhetjük. Kifejezett öt ujjunkkal megnyomjuk a sajt felületét, s ha az ujjunk okozta horpadások nem simulnak ki, akkor a sajtban még sok savó van, és minél gyorsabban kismulnak, annál rugalmasabbak, annál szárazabbak a sajtok.

A sajtok színe száradásukkal párhuzamosan sárgul, „kivirágosodik”. A jól préselt sajtok kérge sárga, „virágos”, tapintása rugalmas, hangja a zárt tésztájú sajtoknál éles, a röghézagos sajtoknál tompa.

A sajtok préselését mindig gyenge nyomással kezdjük, és a nyomás fokozásánál mindig a sajtészta állapotát kell tekintetbe vennünk. Különösen lassan fokozzuk a présnyomást, ha a sajtészta túl sok savót tartalmaz, és a savót nehezen adja le. Ennél a préselést egészen kis nyomással kezdjük, és mindaddig ezzel a nyomással dolgozunk, míg a savó nagy része eltávozik, mert a nagy présnyomás következtében képződött erős kéreg a nagy nyomásnál a savóelfolyást lehetetlenné teszi. Ha azonban a sajtészta gyorsan szárad – erős savhatásnál –, akkor a présnyomást gyorsan fokozzuk, hogy minél előbb erős kéreg képződjön, ami megakadályozza a túl gyors savóelfolyást. A kissé savanyú, gyorsabban száradó sajtészta rövidebb ideig préseljük, mint a túl édes, a savót nehezebben leadó sajtészta.

A présnyomás nagysága a sajtok zsírtartalmától is függ. A gyorsabban száradó sovány sajtoknál (erősebb savhatású) kisebb présnyomással kell dolgozni, mint a nagyobb vízkötőképességű kövér sajtoknál. Nyáron nagyobb nyomással kell préselni, mint télen, mert nyáron az erjedési folyamatok élénkebbek, és ezáltal a savóelfolyás is gyorsabb, nagyobb a savhatás.

A sajtészta víztartalmát tekintve különbséget kell tennünk szabad és kötött víz között. A szabad víz az alvadékrögök külső burkához tapadva jut a sajtészta felületére, és a préselés folyamán a rögök között képződött és az egész sajtészta felületére keresztül-kasul átszövő hajszálcsatornán át távozik a sajtból. A kötött víz, intermicelláris víz azonban a préselés folyamán is fennálló szinerézis következtében szorul ki az alvadékrögök belsejéből, és jut a rögök közötti csatornahálózatba, amelyen keresztül a présnyomás hatására elhagyja a sajtot. Mivel a szinerézis bizonyos savkoncentrációnál megszűnik, a sajtészta kötött vize csak részben távozik el a sajtból. Az egyenletes vízeloszlás elősegítésére a sajtokat préselés alatt forgatni kell, a préselés elején, amikor a sajtokban még sok savó van, gyakrabban. A forgatás hiánya lyukazási hibához vezet, ami az egyenetlen vízeloszlás következménye.

Rendkívül fontos, hogy savfokemelkedés a préselés folyamán is előírás-szerűen bekövetkezzék. Mivel a savfok emelkedése, illetőleg a sajtészta pH-értékének csökkenése a sajtban végbemenő tejsavas erjedéssel, és ezen belül a tejsavbaktériumok működésével szoros összefüggésben van, a préselést olyan hőmérsékleten kell végezni, ami a tejsavbaktériumok fejlődésére kedvező. Ezért a préselés alatt meg kell akadályozni a sajtok lehűlését, tehát a préselőhelyiséget a hidegebb időjárás beálltával feltétlenül fűteni kell. A préselőhelyiség hőmérséklete a kemény sajtoknál 25 °C, a félkemény sajtoknál pedig általában 16–18 °C legyen.

11.9. A sajtok sózása

A sajtok sózását elsősorban az íz megadása céljából végzik, hatása azonban a sajtészta-állomány kialakulásánál is érvényesül, és ezen kívül a sajtok érésére is hat, mert a mikroflóra szaporodását gátolja.

11.9.1. Az alvadéksózás

Alvadéksózást általában azoknál a sajtfeleségeknél alkalmazunk, melyeknél a gyártásra az alvadék nagyobb mértékű savanyítása jellemző – pl. cheddar –, vagy pedig amelyeknél a lágyabb állomány biztosítása megkívánja a gyors és erős hatású sózást, mint pl. az alvadékgyúrással készült sovány köményes sajt. Az ilyen esetekben a sôt formázás előtt adjuk az alvadékhoz, a cheddar sajt nál darálás után, a köményes sajt nál pedig az utolsó „gyúrás, átkeverés” alkalmával.

Az alvadéksózáshoz minden tekintetben kifogástalan minőségű, finomra őrölt konyhasót használunk. Az alvadéksózás hátránya a nagy sószükséglet és az, hogy az alvadékrögök túlságosan kiszáradhatnak, ezért igen gondos és pontos munkát igényel. Gyengébb minőségű tej feldolgozásakor az alvadéksózás eléggé jó eredménnyel véd a sajtok korai puffadása ellen. Ebben az esetben a sôt az utómelegítés után kell az alvadékhoz adni. Az alvadéksózásnak ez a speciális esete a savóban történő sózás. A savóban sózás általában nagyobb víztartalmat és lágyabb sajtállományt idéz elő.

11.9.2. A sajtok sózása sófürdőben

A sófürdőben való sózás esetén a sajtokat – a körülményektől függően – rövidebb-hosszabb ideig meghatározott koncentrációjú sóoldatban tartjuk. A sózás alatt két ellentétes folyamat megy végbe: a só diffúziója a sajtba és a víz ozmózisa a sajtból. A só diffúziója és a víz ozmózisa annál gyorsabb és nagyobb mértékben következik be, minél magasabb a sajt víztartalma, minél nagyobb a sóoldat koncentrációja, és minél magasabb hőmérsékleten történik a sózás. A sófürdőnél elsősorban három körülményre kell tekintettel lenni:

- a hőmérsékletre,
- a sókoncentrációra,
- a savfokra (pH-ra).

Préselés után a sajtokban még savófelesleg van, aminek sózás alatt kell eltávoznia. A túl hideg sófürdő hátráltatja a savóelfolyást, a víz ozmózisát a sajtól, és ezért a sajt víztartalma az előírtnál magasabb marad – betúrósodási veszély. A só diffúzióját is lelassítja, ezért a sajtok kevesebb sôt vesznek fel, valamint kérgük sem lesz eléggé szilárd, ezen kívül a tejsavas erjedési folyamatot is megállítja, ugyanis 2 °C alatti hőmérsékleten a tejsavbaktériumok beszüntetik

életműködésüket. A túl meleg sófürdőben gyors a savóelfolyás, a sófelvétel is túlzott mértékű, és ezért a sajtok kérgé erősen megszilárdul – túl vastag kéreg –, a tejsavas erjedés rendellenes mértékben felfokozódik, aminek következtében sok, gyakran túlajtott lyuk keletkezik, és a tej utófertőzése esetén a sajt könnyen felpuffad.

A sófürdő koncentrációja meghatározott, ugyanis a monokalcium-parakazeinát gyenge sóoldatban oldódik, erős sókoncentrációnál oldhatatlan. Ha tehát a sófürdő kevés sót tartalmaz, akkor a kéregképződés elmarad, a sajtok felülete krétás, súlyosabb esetben nyálkás lesz. A megfelelő szilárdságú kéreg képződéséhez a sajtokat legalább 22% sótartalmú sófürdőben kell sózni.

Vannak azonban sajtféleségek, pl. a romadur-félék, amelyeknél az erős kéreg hibát jelent. Ha tehát az ilyen sajtféleséget sófürdőben sózzuk, akkor a sótartalmat 16–17%-ra csökkentjük. A sófürdő erősségét a sósűrűségméréssel állapítjuk meg, 15 °C hőmérsékleten mérve, és közvetlenül leolvassa a só százalékos mennyiségét.

A telített sóoldat sűrűsége 15 °C hőmérsékleten mérve 1,20433, ami 26,395% konyhasó-tartalomnak felel meg. A sófürdő telítettségét az mutatja, hogy az alján fel nem oldódott sókristályok találhatók. A sajtok minőségére nagymértékben kihat a sófürdő savtartalma, illetőleg savfoka. Túl magas savfokú sófürdőben a sajtok könnyen keserű ízt kapnak, viszont a túl alacsony savfoknál a sajtok kérgé nem szilárdul meg kellőképpen, kilúgozódik. Miután a sajtokból kiszivárgó savó sok tejsavat tartalmaz, ezért a sófürdő savfoka idővel a megengedett felső határértéknél magasabb lesz, a sóoldatot tehát időnként, de legalább havonta közömbösíteni kell, vagyis szaknyelven fel kell újítani. A felújítás további célja a sóoldat kémiai és biológiai megtisztítása.

A sófürdő felújítását a következőképpen hajtjuk végre. A sózókádból a sóoldatot egy külön tartályba szivattyúzzuk, arra vigyázva, hogy az üledéket fel ne keverjük, majd az üledéket is eltávolítva a sózókádat alaposan kimossuk, úgyszólván csíramentes állapotba hozzuk. Ezután a kiszivattyúzott sóoldatot felforraljuk, savfokát letompítjuk, lehűtjük, majd a sózókádba visszük. A forralás következtében az oldott fehérjevegyületek kicsapódnak, és az oldat csíramentessé válik. A savtartalom csökkentése szénsavas mésszel történik, ami a sóoldatból egyszerűen az esetlegesen jelen lévő vasvegyületeket is kicsapja.

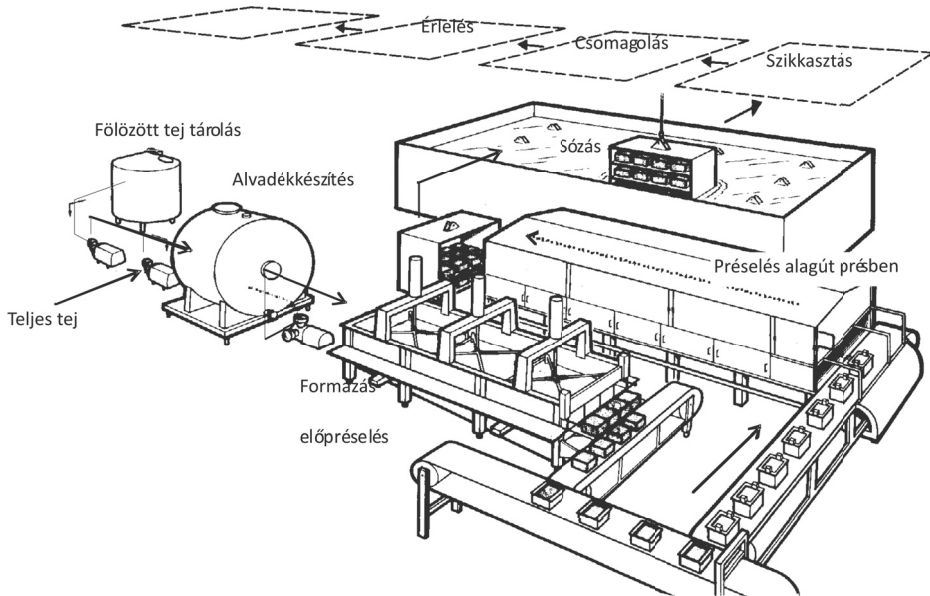
A sófürdő pH-értéke a kemény és félkemény sajtok sózásakor, a sajtok préseles utáni felső pH-határértékének megfelelően, 5,2 legyen, a lágy sajtok sózásánál az illető sajt savhatását kell tekintetbe venni, pl. a roquefort sajtnál 4,7. A kemény és félkemény sajtok sófürdőjének hőmérséklete 12–16 °C, sótartalma 22–25%, titrálható savfoka 10–18 °SH, pH-ja 5,2. Függetlenül a sófürdő állapotától, a sajtok sózási ideje a sózandó felület nagyságától, a sajtok alakjától, a sajtok féleségétől és a sajtészta szerkezetétől függ. Minél nagyobb – viszonylagos értelemben – a sajt felülete, annál rövidebb ideig kell sózni ugyanazon sótartalom elérésére. A kisebb méretű, tehát az aránylag nagyobb felületű sajtokat ezért rövidebb ideig tartjuk a sófürdőben, mint a nagy sajtokat. A lapos sajtok gyorsabban sózódnak

át, mint a magasabbak, ezért az előbbieket rövidebb, az utóbbiakat hosszabb ideig kell sózni.

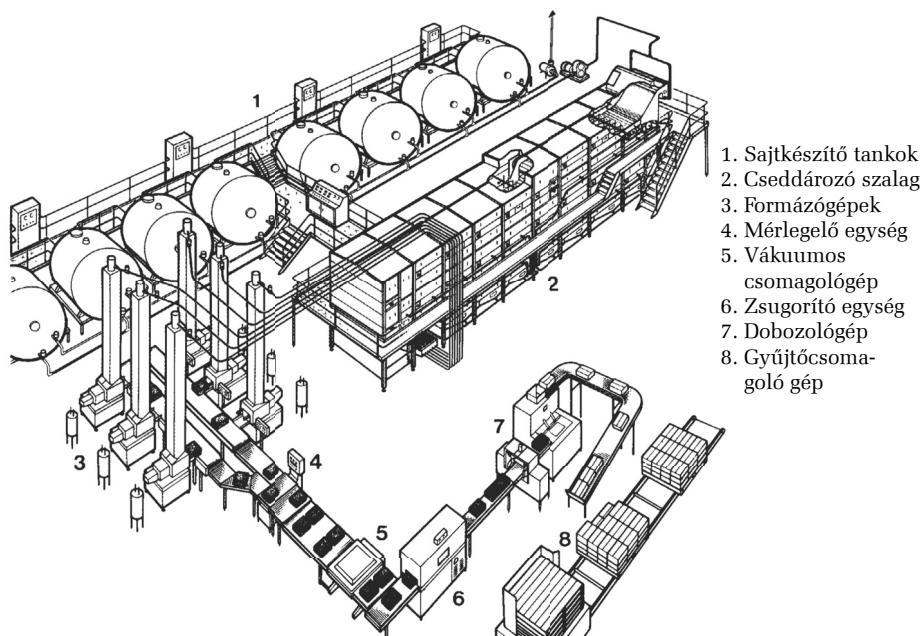
A sajtészta szerkezete annyiban van hatással a sózási időre, hogy a tömör tésztájú – erjedési lyukú – sajtok nehezebben sózódnak át, mint a laza szerkezetű, röglyukas tésztájú sajtok, ezért ugyanazon körülmények között az előbbieket hosszabb, az utóbbiakat rövidebb ideig tartjuk a sófürdőben. Miután a sófürdőben sózásnál kevesebb savó távozik el a sajtból, mint a száraz sózásnál, a lágy sajtokat, ha sózásukat a sófürdőben végezzük, szárazabbra dolgozzuk ki, mint egyébként.

A penésszel érő sajtok felülete a sófürdőben sózás esetén könnyen kilúgozódik, ami a felületi penészfejlődést hátráltatja, ezért ha az ilyen sajtokat sófürdőben sózzuk, akkor a sóoldat savfokának, illetőleg pH-jának beállításánál erre a körülményre feltétlenül figyelemmel kell lenni.

A sófürdő töménységét állandóan ellenőrizni kell. Ne felejtjük el, hogy a sajt saját tömege 5%-ának megfelelő savómennyiséget ad le a sófürdőnek, ami a fürdő folyadékmennyiségét szaporítja, ezáltal annak sókoncentrációját csökkenti. A sózás során mindig több víz távozik el, mint amennyi só diffundál a sajtba, ezért a sajtok a sózás végére veszítenek súlyukból, amit sózási veszteségnek nevezünk. Egy, a félkemény sajtok gyártására alkalmas vonal látható a 11.9. ábrán, a 11.10. ábra pedig a gyúrt sajtok gyártására alkalmas vonalat mutatja be.



11.9. ábra. Félkemény sajtok gyártására alkalmas vonal



11.10. ábra. Gyúrt sajtok előállítására alkalmas vonal

11.9.3. A száraz sózás

A száraz sózás vagy porsózás a leglassabban ható sózási módszer a lágy sajtok sózására. Ma már a lágysajt-féleségeket is nagyrészt sófürdőben sózzák, ami a cél-nak nagyjából szintén megfelel – természetesen csak akkor, ha a lágy sajt gyártás-technológiáját e körülménynek megfelelően megváltoztatjuk –, erősebb savhatás, szárazabb kidolgozás. Az azonban nem vitás, hogy a lágy sajtok gyártásánál nem a minőség javítása miatt tértek át a sófürdő-sózásra, hanem inkább azért, mert a száraz sózás erősen munkaiigényes művelet, és túl nagy mennyiségű sót kíván.

Száraz sózás esetén a sajtok kérgét száraz kenyhasóval dörzsöljük be. A száraz só egyrészt a levegőből, másrészt a sajtból nedvességet von el, abban feloldódik és behatol – diffundál – a sajt belsejébe. Száraz sózáshoz durva, 1,8–2,0 mm szemcse-nagyságú, tökéletesen száraz kenyhasót használunk. Mivel a kemény sajtok száraz sózása befolyásolja a lyukazottság kialakulását is, ezért ezt a sózási formát a félke-mény és lágy sajtok esetében alkalmazzák inkább (pl. rokfort típusú sajtok).

Már tárgyaltuk, hogy a fehérjéknek milyen szerepe van a termékek gyártásá-ban. Ehhez kapcsolódik a *sajtnyeremény* fogalma, ami tulajdonképpen azt fejezi ki, hogy mennyi terméket tudunk gyártani az alapanyagból, tehát egyszerű, de fontos gazdaságossági mutató. Elsősorban a sajtfélék gyártásában van kiemelke-dő jelentősége, és két kifejezést használunk ezzel kapcsolatban.

A *kitermelés* az egységnyi alapanyagból (kádtejből) gyártott, illetve gyártható termék mennyiségét fejezi ki, amit célszerűen százalékban adunk meg. Ha a kitermelés pl. 9,81%, akkor 100 liter kádtejből 9,81 kg sajtot nyerünk.

A *ráfordítás* az egységnyi termék előállításához szükséges alapanyag mennyiségét adja meg (pl. 100 kg túró előállítására 650 liter kádtejet fordítottunk). A 11.1. táblázatban néhány sajtra vonatkozó kitermelés- és ráfordítás-adatok találhatók.

11.1. táblázat. *Néhány sajtféleség szokásos kitermelési/ráfordítási adatai*

<i>Termék</i>	<i>Kitermelés %/ Ráfordítás l/100 kg</i>	<i>Termék</i>	<i>Kitermelés %/ Ráfordítás l/100 kg</i>
<i>Lágy sajtok</i>		Hajdú sajt	9,8/1020
Pálpusztai	12,2/819	<i>Kemény sajtok</i>	
Teasajt	11,4/877	Ementáli	8,6/1163
<i>Nemespenész sajt</i>		Cheddar	9,3/1075
Márványsajt	11,3/885	Parmezán	6,8/1470
<i>Félkemény sajtok</i>		<i>Fehér sajt hagyományos</i>	11,8/847
Lajta sajt	11,2/893	<i>Krémfehér sajt UF (tehén)</i>	21,8/458
Mosonmegyei csemege	10,1/990	<i>Krémfehér sajt UF (juh)</i>	31,6/316
Óvári félzsíros	8,3/1203	<i>Túró-gomolyafélék</i>	
Trappista zsíros	9,5/1053	Túró félzsíros	17/588
Edami	9,1/1100	Krémtúró fzs.	18,9/530
Parenycica (tehén)	10,2/980	Tehéngomolya fzs.	7,7/1298
Sonkasajt	10,1/990	Kazeintúró savas	7,5/1333

Mindkét jellemző vonatkozhat sajtok esetében a nyers és az érlelt késztermékre. Az értékeket döntően módosítja az alapanyagtej szárazanyag-tartalma, ezen belül fehérje-, elsősorban kazeintartalma, és az alkalmazott technológia, illetve paraméterek. Végül a késztermék beltartalmi értékei is fontosak, hiszen ha össze akarjuk hasonlítani pl. két eltérő technológia kitermelési vagy ráfordítási adatait, akkor fontos, hogy a késztermékek szárazanyag-tartalma, relatív zsírtartalma közel azonos (optimálisan azonos) legyen. A gyártás jellemzésére a kitermelési mutatók meghatározásával párhuzamosan célszerű a veszteségek vizsgálata is.

11.10. A sajtok érése

A sajtérés során végbemenő fizikai-kémiai folyamatok ugyan az alvadék mindhárom (zsír, fehérje, oldat) fázisát érinti, a döntő kémiai átalakulások a fehérjefázisban játszódnak le.

11.10.1. A fehérjefázis változása a sajtérés során

Az enzimek hatására a gél szerkezetbe beépült kazeinláncok a proteolitikus enzimek hatására bomlanak. A hasadás a peptidkötéseknél következik be, így a fehérjéből peptonok, polipeptidek, majd peptidok keletkeznek, amelyek tovább bomolhatnak aminosavakra, majd ammóniára.

A sajtok érettségét a fehérjebomlás terjedelmével és mélységével szokták jellemezni. A fehérjebomlás terjedelme az összes nitrogénre vonatkoztatott nitrogénszázalék, amelyet a fehérjebomlás akármilyen fokon érintett. A fehérjebomlás mélysége az oldható nitrogénnek az összes nitrogénre vonatkoztatott mennyisége százalékban. Egy konkrét példa a fehérjebomlásra.

Oldható nitrogén 18% (4,6 pH)		Oldhatatlan nitrogén 82% (4,6 pH)	
Hidrolízis-termékek Mol.tömeg <3.000 ~5%	Hidrolízis-termékek Mol.tömeg >3.000 ~13%	Hidrolízis-termékek Mol.tömeg <16.000 ~50%	Nem hidrolizált, nem bontott kazein ~32%

A fehérjebomlás terjedelme 68%, mélysége 18%.

A bomlástermékek a sajtok aroma- és zamatanyagai a következők szerint.

– Ammónia: elsősorban a rúzzsal és a nemespenésszel érő sajtokra jellemző, de minden sajtféleleg tartalmazza.

– Kén-hidrogén: a sajtok alapízének fontos komponense.

– Szénhidrogén: elsősorban a lyukképződés szempontjából fontos, de szerepe van a sajtok, főleg a friss sajtok ízének kialakításában.

– Alkoholok: egyértékű első- és másodrendű, továbbá két- és háromértékű alkoholok mutathatók ki a sajtokban. A rokfort sajtban 5–9 szénatomszámú másodrendű alkoholok vannak.

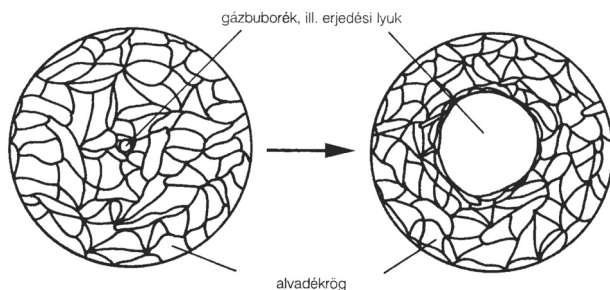
– Aldehidek: fontos aromaanyagok a kis szénatomszámú aldehidek. Az izovaleraldehid a cheddar sajt jellegzetes komponense. Az oxialdehidek közül az édeskés ízű glicerin aldehid mutatható ki a kemény sajtokban.

– Ketonok: a sajtoknak is aromakomponense a diketonokhoz tartozó diacetil. A nagyobb szénatomszámú (7–11) metilketonok a rokfort típusú sajtok jellegzetes pikáns ízét okozzák.

– Savak: a kis szénatomszámú illó zsírsavak nyomokban minden sajtfélelegben megtalálhatók. Az ementáli jellegzetes aromaanyaga a propionsav.

Az izovaleriánsav a limburgi jellegű sajtok pikáns aromakomponense. A 4–10 szénatomszámú illó zsírsavak nagyobb mennyiségben a rokfort sajtban mutathatók ki. Az oxisavakhoz tartozó tejsav elsősorban a friss sajtok alapízének meghatározója.

Külön kell megemlíteni az érés során keletkező szén-dioxidot, ami a sajtok lyukazottságát alakítja ki. A szén-dioxid az érés során folyamatosan képződik, és első lépésben a gél vízfázisa telítődik. A további képződés túltelítődést eredményez, amelynek hatására megkezdődik a kiválás az oldatból úgy, hogy a gél szerkezetben számos apró szén-dioxid buborék keletkezik (11.11. ábra).



11.11 ábra. A lyukképződés

Röghézagos sajtok esetében a gáz a gélstruktúra gyengébb tapadási pontjait, a röghézagokat tölti ki. Erjedési lyukazottság esetében azonban a gáz a kisebb átmérőjű, nagyobb nyomású buborékok felől a nagyobb átmérőjű, kisebb nyomásúak felé vándorol. Az áramlással a kisebb szén-dioxid-buborékok eltűnnek, és egyre nagyobb lyukazottság alakul ki. Tekintettel arra, hogy az áramlás nem ellenállásmentes, és az ellenállás a kisebb lyukak megszűnése miatt a távolság növekedésével növekszik, a folyamat leáll, ha a nyomáskülönbség már nem képes azt fenntartani. A lyukak nagysága tehát a nyomáskülönbségtől, a sajtészta ellenállásától és az érlelési időtől függ.

11.10.2. A zsírfázis változása az érlelés során

A zsírfázisban a sajtérés során a trigliceridek hidrolízise következhet be a sajtfeleségtől függően. Előrehaladottságát a zsírfázis „savfokával” jellemezhetjük, ami a hidrolízis mértékével arányos. A nagyobb mértékű zsírbomlás a rúzzsal és a penésszel erő sajtokra jellemző (11.2. táblázat).

11.2. táblázat. A zsírfázis savfoka néhány sajt esetében

Sajt megnevezése	Kora	Zsírfázis „savfoka”
Tejszín sajt	friss	4,5–5,0
Edami	60 napos	8,0–10,0
Romadur	30 napos	15,0–19,9
Camembert	30 napos	21,4–22,0
Roquefort	60 napos	40,0–44,0

11.10.3. Az oldatfázis változása

Az oldatfázis egyrészt felveszi azokat az anyagokat, amelyek a másik két fázisból a lebomlás során vízoldható formába jutottak, másrészt az eleve oldatfázisban lévő tejcukor mikrobiális bomlása útján, a már korábban ismertetettek szerint, tejsav, etilalkohol, aromaanyagok és szén-dioxid keletkezik. Az oldatfázisban a

sajt sózását követően az érlelés során megindul a sótartalom koncentrációjának kiegyenlítődése, amely az érlelt sajtoknál az érlelés végére be is következik.

11.11. A sajtok csomagolása

A sajtok csomagolásával kettős feladatot kell megoldani. A csomagolásnak védenie kell a sajtot a külső behatásoktól és tetszetősnek kell lennie. A sajtcsomagolás minőségmegőrzési feladata az, hogy védje a sajtot a szennyeződéstől és az állati kártevőktől, hogy megakadályozza a vízvesztést, és gátolja a káros mikroba-tevékenységet.

A kemény és félkemény sajtokat főként a penészedéstől kell megóvni, a rúzzsal érő lágy sajtokban és a nemespenészsajtokban az érlelőflóra túlszaporodását kell meggátolni. A friss sajtokban és a túróféleségekben az élesztőszaporodás megakadályozása a csomagolás fő feladata.

A sajtokat csak egészségügyileg engedélyezett anyagokba szabad csomagolni. Lényeges, hogy a csomagolóanyagtól a sajt ne kapjon mellékízt. Egyes sajtokat a csomagoláshoz – a csomagolástól elkülönített helyiségben – elő kell készíteni. A kemény és a félkemény sajtok felületéről eltávolítjuk a penészfoltokat, a bevonat nélkül érlelt sajtok felületét lemoszuk. Egyes sajtféleségek felületét penészgátló anyaggal vonjuk be. Rúzzsal érlelt sajtok felületét lemoszuk és megszáritjuk.

A friss sajtok és a túróféleségek nem igényelnek csomagolás előtti előkészítést. A csomagolóhelyiség tökéletesen tiszta legyen, csak így kerülhető el a reinfekció veszélye. Kemény és félkemény sajtok kis adagos csomagolásakor a csomagolóhelyiségek légtérét UV-lámpával csírátlanítják. Az UV-lámpás csírátlanítást alkalmazzák a sajtok felületének alagútban való kezelésekor is.

A kemény sajtokat egészben, darabolva, szeletelve vagy reszelve csomagolják. A nagyméretű sajtokat egészben rendszerint csak exportra csomagolják, felületüket papírral vagy műanyag fóliával burkolják, majd faládba vagy dobozba helyezik őket.

Az 5–5 kg tömegű darabolt sajtokat általában hőre zsugorodó műanyag fóliába csomagolják. A fogyasztói csomagolású (15–20 dkg-os) darabolt kemény sajtot mélyhűzött műanyag fóliába, a szeletelt sajtot pedig polietilén-celofán tasakba rakjuk. Mindkét csomagolás vákuumozással és vákuumozás utáni védőgáz-töltéssel (szén-dioxid, nitrogén) végezhető. A reszelt parmezánt műanyag vagy kasírozott alufóliába, műanyag tégelybe, alufóliával bélelt papírdobozba csomagolják.

A félkemény sajtokat egészben rendszerint az érlelőfóliában vagy műanyag sajtviasz bevonattal (sonkasajt) hozzák forgalomba. Amennyiben az érlelés során a felületen penészesedés indul meg, annak eltávolítása után a sajtot újra be kell vonni. A félkemény sajtokat is csomagolhatják darabolva vagy szeletelve, 10–20 dkg-os fogyasztói csomagolásban. Külföldön a kemény és félkemény sajtok 40–60%-a fogyasztói csomagolásban kerül forgalomba.

A nagyméretű lágy sajtok műanyag fóliában vagy alumínium fóliában csomagolva kerülnek a kereskedelembe. Elsősorban a sérülékeny és „illatos” sajtok esetében előnyös a műanyag fóliás fogyasztói csomagolás (Szekszárdi csemege). A pálpusztai sajtot kasírozott alufóliába, a camembert sajtot alufóliába és dobozba csomagolva forgalmazzák.

A friss sajtok jól eltarthatók evakuált műanyag fóliás csomagolásban (vákuumzárás). A rögös állományú túrót műanyag tasakba (akár vákuumozva is), perlapapírba vagy kasírozott alufóliába csomagolják. Az eltarthatóság tekintetében ezek közül legjobb a vákuumzárásos csomagolás, mivel az élesztő- és penészfejlődés ellen jó védelmet nyújt. Külföldön a túróféleségek csomagolására elterjedten alkalmazzák a műanyag tégelyeket. Ezeket alufóliával vagy pattintófedéllel zárják.

A csomagolt sajtokat gyűjtőcsomagolásban szállítjuk a kereskedelmi hálózatba. A kemény és félkemény sajtok gyűjtőcsomagolása a kartondoboz. A félkemény sajtok szállítására a műanyag rekeszek jól használhatók. A kisméretű lágy és friss sajtokat kartondobozba rakva, zsugorfóliával zárják le. A túróféleségeket rendszerint műanyag ládákban szállítják a kereskedelembe. A sajtokat a szállítás alatt védeni kell a felmelegedéstől, illetőleg a megfagyástól. Szállításra legalkalmasabbak a szigetelt falú vagy hűthető tehergépkocsik. Nagyobb távolságra való szállításkor hűthető vagonokat kell használni.

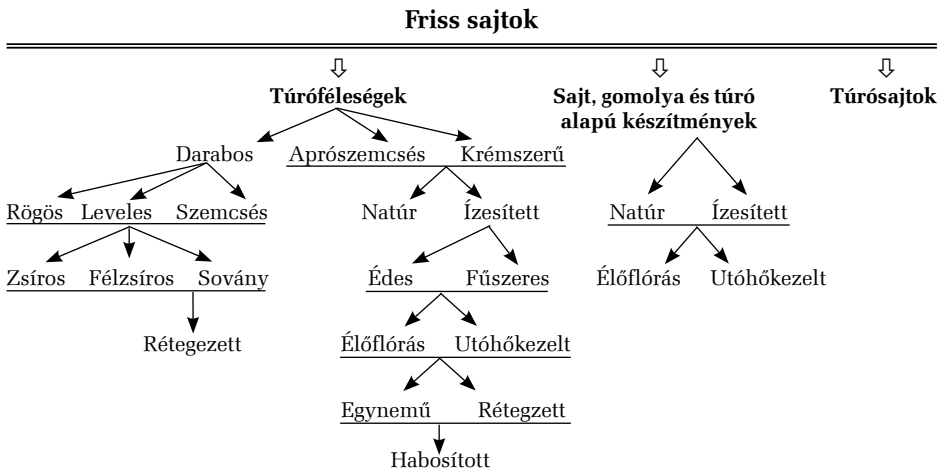
11.12. Érlelt sajtok gyakoribb hibái

Az *egyenetlen alak* és *nagyság* a gondatlan formázási és préselési munka eredménye. A régebben gyakori *kéreghibák* a mai gyártási színvonalon (műanyag fóliás érlelés) ritkábban fordulnak elő. Az ún. „*rövid*” *állomány* a sajtalvadék túlsavanyodására, a *pépes állomány* emellett még a túlzott alvadékosásra vezethető vissza. A *rágós állomány* gyakorisága főleg a sovány és a félzsíros, félkemény sajtoknál az előírt víztartalom beállításával csökkenthető. Főleg a félkemény sajtoknál a *korai*, a Pannónia sajtnál az *utólagos puffadással* sok és rendellenes lyuk, néha állomány-repedezettség, valamint édeskés, émelyítő íz és szag jár együtt. Az előbbit a bélsár eredetű kóli-aerogeneszek, az utóbbit főleg a siló eredetű klosztridiumok idézik elő. Hosszú érlelés és tárolás esetén fordul elő inkább – egyes anaerob spórások okozta – *fehér-* és *szürkerothadás*. Ugyancsak fogyasztói kifogás alá esik a vak, vagy a jellemzőnél gyérebb lyukazottságú sajt, ami zömmel technológiai (túlsózás, alacsonyabb sózási és érlelési hőmérséklet stb.) eredetű.

Étkezésitúró-gyártás

Túró alatt csak savanyodás, vagy savanyodás és oltó hatására kicsapódott, nem érlelt tejfehérjét (kazeint) értünk. A túró Közép-Európára jellemző sajtféleség. Gyártás után azonnal fogyasztható, és magas víztartalma miatt általában csak rövid ideig tárolható. A túró nagy fehérjetartalma, emellett könnyen emészthető természetes élelmiszer.

Az alkalmazott technológiák szerint savanyú és oltós, a berendezések tekintetében szakaszos és folytonos túrógyártást különböztetünk meg. A savanyú étkezési túró készítésekor a tej kizárólag tejsavbaktériumok által termelt sav hatására alvad meg. Az oltós étkezési túró esetében a sav mellett az oltóhatás is szerepet játszik a tej alvadásában. A szakaszos technológiával gyártott túró végterméke egyaránt lehet kelvirág (rögös) és krémszerű állományú, míg a folytonos technológiával gyártott túró mindig krémszerű. A friss sajtok (túróféleségek) felbontását a 12.1. ábra mutatja.



12.1. ábra. A friss sajtok csoportosítása

12.1. A túrógyártás általános technológiai szempontjai

Jó minőségű túrot csak kifogástalan minőségű, antibiotikumtól mentes tejből lehet gyártani. A tej zsírtartalmát a gyártott túróféleségnek (sovány, félzsíros, zsíros) megfelelően kell beállítani. A túrókészítmények gyártására szolgáló tej erőteljesebb hőkezelése indokolt, aminek célja a savófehérjék fokozottabb mértékű denaturálása, és ezzel a kitermelés növelése. Ez a cél vagy alacsonyabb hőmérsékleten hosszabb hőntartással, vagy magasabb hőmérséklet alkalmazásával érhető el.

Az étkezési túrógyártásnál általános a zsírfázis homogénezése, amellyel a melléktermék (savó) zsír- és fehérjetartalmának csökkentését kívánják elérni. Beoltásra a tej erjedési készségének és a kultúrasavanyító erejének megfelelő mértékben vajkultúrát használnak. Az alvadás mintegy 12–15 óra alatt következik be. Alvadás után legkedvezőbb, ha az alvadék felvágása 4,8–5,0 pH között történik. Ha a felvágást túl korán végzik, fokozottabb lesz a szinerézis hatása, és az állomány szárazzá válik. Késői felvágás esetén az alvadék nehezen adja le a savót, könnyen túlsavanyodik, és a túró íze a kívántnál savanyúbb lesz. A felvágás rögnagyságára vonatkozóan általában az az irányadó, hogy minél magasabb a végtermék szárazanyag-tartalmára vonatkoztatott zsírtartalma, annál kisebb rögnagyságra kell aprítani az alvadékat.

Ha az alvadék már savóban úszik, következik az utómelegítés 30–34 °C-ra. A megfelelő szilárdságot elért alvadékat leggyakrabban műanyag hálóval bélelt csurgatókocsikba engedik, ahol a szabványban előírt szárazanyag-tartalom eléréséig csurgatják. Az eljárás hátránya, hogy a csurgatás ideje viszonylag hosszú, és a fertőzés veszélye nagy. Alkalmaznak csurgatódobot is a savó eltávolítására, amikor az alvadékat közvetlenül perforált hengerbe engedik. A dob perforált palástján keresztül távozik el a savó.

A kifogástalan minőségű késztermékben is folytatódik a magas víztartalom miatt az intenzív baktériumműködés, és a túró rövid idő alatt túlsavanyodik. Ez ellen a túró minél gyorsabb hűtésével, majd később a hűtőlánc folyamatos biztosításával védekezhetünk. A túró hűtésének több módját alkalmazzák: történhet kádban, csurgatókocsiban, vagy kiszerezelt állapotban hűtőkamrában.

Az alvadék kádban hűtése esetén a savó kb. 2/3 részének leszívátása után a visszamaradt savót hűtőn keresztül cirkuláltatják a túróra mindaddig, amíg az alvadék a kívánt hőmérsékletre hűl. A csurgatókocsiban történő hűtés esetén a túrot hűtőkamrába szállítják, ahol hideg levegővel hűtik. A módszer gazdaságtalan, nagy a helyszükséglete, és a hűtés hatásfoka is kedvezőtlen. Helytelennek ítéltető meg az a gyakorlat, amikor a túró hűtését víz felhasználásával valósítják meg. Az így végzett mosás legkárosabb következménye, hogy igen jelentős szárazanyag-veszteséget okoz, ezáltal a kitermelés csökken. Szükséges lehet a mosás akkor, ha a csurgatás folyamán az alvadék túlsavanyodott (ilyenkor a felesleges sav egy részét eltávolíthatjuk). Szükséges továbbá akkor, ha hibás nyersanyagot

dolgozva fel a túró hibás ízű. (Ilyenkor a vízben oldható kellemetlen melléktermékeket kilúgozzuk vagy csökkentjük.)

A hagyományos kelvirág állományú túró gyártásának hátránya, hogy nagyon időigényes, az alvadási idő hosszú. Korszerűtlen az alvadék csurgatása és hűtése. Kívánatos még a kitermelés növelése, a melléktermékekben előforduló értékes tejalkotók csökkentése.

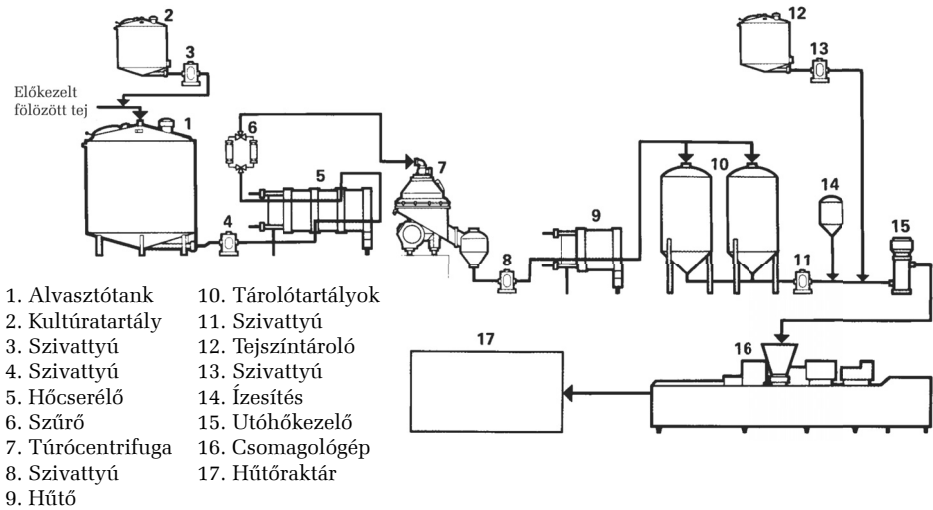
A túrógyártás folyamata a következő: a nyersanyagul szolgáló sovány tejet 74–76 °C-on 15–40 másodperc hőntartással, vagy 80–82 °C-on hőntartás nélkül pasztörözik. A beoltott tejet vajkultúra hozzáadásával (0,5–1%) 9–11 SH° eléréséig előérlelik. A kellő savfok elérése után a tej beoltási hőmérsékleten a túrókészítő tartályba kerül, és homogénezett tejszínnel a választéktól függően 1,1–2,1%-ra állítják be zsírtartalmát. Ezt követően 4–5% vajkultúrával beoltják és 32–36 SH° eléréséig savanyítják. Az alvadási idő 4–6 órára csökken. Az alvadékot dió nagyságúra aprítják, majd a savó 2/3 részét leszívattják. Az utómelegítés 36–48 °C-on történik. A hűtést 5 °C-os savóval végzik 3–4 °C/perc sebességgel 18–22 °C-ra. A csurgatást csurgató dobba történő leeresztéssel oldják meg. A leeresztés a szabványos szárazanyag-tartalom eléréséig 10–15 percet vesz igénybe. Ezzel a technológiával a túrókészítés ideje lényegesen rövidíthető, a kitermelés növelhető.

12.2. Folyamatos túrógyártás

A hagyományos túrógyártás nehéz, kézi munkát igényel. Ezenkívül az üzemben nagy területet foglalnak el az alvasztókádák, a préselő- és csurgatókocsik. Hagyományos gyártás esetén nagy a savóveszteség, emiatt az üzemet nehéz tisztán tartani, és a környezetszennyező hatás is számottevő.

A gyártás gyorsítására, a gépesítettség növelésére, a kisebb költségek elérésére, egyszersmind a biztonságosabb gyártás elérésére dolgozták ki az eljárást, amely azonban a Közép-Európában megszokott kinézetűtől eltérő készterméket, az úgynevezett krémtúrót eredményez. A folyamatot a 12.2. ábra mutatja.

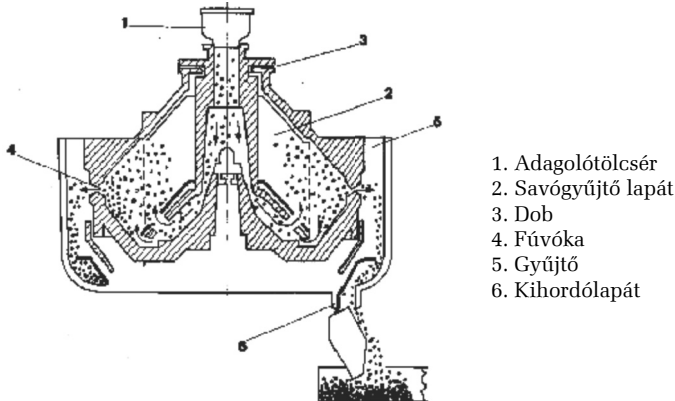
A gyártás a tej szokásos előkészítésével kezdődik. El kell végezni a tej szűrését, előmelegítését és fölözését. A sovány tejet ezután magas hőmérsékleten (80–90 °C) hőkezelik, részben a savófehérjék részleges denaturációjának céljával. A 26–29 °C-ra visszahűtött tejet alvasztótankban feljavítás (CaCl₂ hozzáadás) után vajkultúrával beoltják és savanyítják, előérlelik 8,0–9,0 SH°-ig. Ezután a vegyes alvasztás biztosítása érdekében oltóenzimet kevernek bele. 36–40 SH° elérése után az alvadékat a tank keverőjével feltörik, majd hőcserélőben kb. 60 °C-ra felmelegítik. A melegítés célja az alvadék zsugorítása, a savó kiválás megkönnyítése. 30–32 °C-ra történő visszahűtés után kerül az alvadék a túrócentrifugára, ahol az alvadék víztartalmának (savó) nagy részét eltávolítják, miközben a savanyú alvadék krémszerű állagot vesz fel.



12.2. ábra. Folytonos túrókészítő (krémtúró) vonal

A folyamatos túrógyártás leglényegesebb gépegysége a túrócentrifuga (12.3. ábra). Felépítése és a dob szerkezete hasonlít a tisztító centrifugához. Lényeges különbség, hogy a dob köpenyén fúvókák helyezkednek el, vagyis a centrifuga önürítő szerkezettel. Az alvadék-savó elegyet a dobba felülről a forgástengelynél vezetik be. A nehezebb sűrűségű fehérjereszek a centrifugális erő következtében a dob külső kerülete felé haladnak. A savó a középpont felé áramlik, majd a dob felső nyílásán lép ki.

A dob kerülete felé haladó túró a dobköpeny megfelelő kiképzése a fúvókák felé irányítja. A fúvókák 0,4–0,8 mm-es furatokkal vannak ellátva. A túró áthaladását a fúvókákon a dobban uralkodó mintegy 120 bar nyomás biztosítja.



12.3. ábra Túrócentrifuga

A centrifuga lényeges alkatrésze az ún. túrókihordó. Ez egy lapátokkal ellátott, kör alakú szerkezet, amely a dobból a túróat az ürítőnyílás felé tereli. A centrifugából kilépő túróat le kell hűteni. A hűtést rendszerint lemezes vagy csöves berendezésekkel végzik.

Túrócentrifugával csak sovány túróat lehet készíteni. Félzsíros vagy zsíros túrógyártás utólagos zsíradagolással történik. A zsírtartalom beállításához használt pasztörözött tejszín a kívánt zsírtartalomnak megfelelő mennyiségben keverik a krémtúróba. Ezután szóba jöhet még az ízesítés, az utóhőkezelt termék esetében pedig a pH beállítása 4,4–4,5-re, a hőkezeléshez szükséges stabilizátor bekeverése és az utóhőkezelés. Ezt a csomagolás, majd a hűtőraktározás követi. Az utóhőkezelést, melyet 68–75 °C-on végeznek, a termék hosszabb eltarthatósága indokolhatja. Ebben az esetben a csomagolást melegen végezik, így a csomagolóeszköz anyaga is részben hőkezelhető.

12.3. Túrókészítmények

A túrókészítmények egyik csoportját az olyan, általában kenhető (krémszerű) állományú termékek képezik, amelyeket túróból vagy gomolya alapanyagból különböző ízesítőszerrel hozzáadásával, keveréssel állítanak elő (pl. juhtúró, gomolyatúró).

A túrókészítmények másik csoportját a desszertkészítmények alkotják (pl. vaníliás és mazsolás, banános stb. krémtúró, Gervais túróhabok stb).

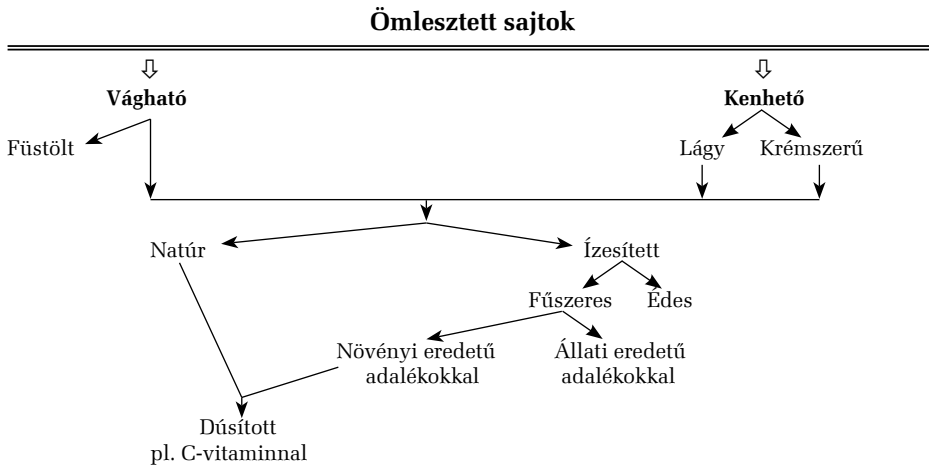
12.4. Gyakoribb túróhibák

A túró leggyakoribb hibája a savóeresztés, ami megfelelő pasztörözéssel, homogénezéssel, gyors lehűtéssel, illetve a hűtőlánc biztosításával megszüntethető. A száraz, fojtós állomány a nagyobb szárazanyag-tartalom esetében gyakoribb.

A túlsavanyodás, az élesztős, az ecetes és keserű íz a mikrobiológiai romlásra vezethető vissza.

Az ömlesztett sajt gyártása

Az ömlesztett sajtok egy vagy több sajtajtából és egyéb tejeredetű alapanyagból állíthatók elő, a termikus, mechanikai és fizikai-kémiai tényezők együttes hatására lejátszódó ömlesztés során (13.1. ábra).



13.1. ábra. Az ömlesztett sajtok csoportosítása

13.1. Az alapanyag tulajdonságai

Víztartalom: az alapanyag víztartalma befolyásolja a gyártás során adagolt víz mennyiségét.

A pH: az alapanyag pH-értékének az ömlesztőső megválasztásánál van jelentősége, mert az ömlesztősők az alapanyag pH-ját csak adott határok között képesek megváltoztatni. A pH-t 5,4–5,6 közé kell beállítani, mert az 5,4 pH-érték alatt fehérjekicsapódás lép fel.

Érzékszervi tulajdonságok: kis íz-, szag- és kéreghibás sajtok még felhasználhatók a gyártáshoz. Az érzékszervileg erősen kifogásolt sajtok ömlesztett sajt gyártásához nem használhatók fel, mivel a hibák az ömlesztés során nem szűnnek meg, sőt fel is erősödhetnek. Érettségi fok: az érettségi fok jellemzésére a relatív kazeintartalom alkalmas. A relatív kazeintartalom a sajtban végbemenő

fehérjebomlás hatására csökken. A fiatal sajtok relatív kazeintartalma 90% körül mozog, az érett félkemény és kemény sajtoké 70% körüli értékű.

13.1.1. Fizikai hatások az ömlesztéskor

Hőmérséklet: a sajtban lévő fehérjéket ömlesztősókkal hidegen is feltárhatjuk, erős mechanikai kidolgozás mellett. Az ömlesztett sajt számára az ilyen feltárási körülmények nem biztosítják a kívánt szerkezet kialakulását, ezért az ömlesztett téstának legalább 65–70 °C-ot kell elérnie.

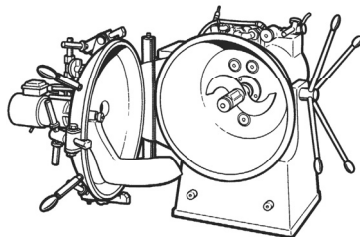
Nyomás: az ömlesztés során alkalmazhatunk vákuumot (32–60 KPa). Ebben az esetben az aromaanyagok eltávozásával kell számolni.

Mechanikai erők: az ömlesztési alapanyag, az ömlesztősó és a víz, valamint az oldási folyamat kölcsönhatása, illetve krémesedése annál gyorsabban megy végbe, minél erőteljesebb keverést alkalmazunk.

13.1.2. Kémiai hatások az ömlesztéskor

A szükséges víz mennyiségét két részletben adagoljuk, az ömlesztési folyamat elején és végén. Így a krémesítési folyamat gyorsabban és intenzívebben játszódik le, mintha egyszerre, a folyamat kezdetén adagolnánk a vizet.

Ömlesztősó: minősége az ömlesztési folyamat és a végtermék minősége szempontjából döntő fontosságú. Ömlesztősóként a citromsav és a foszforsav sóit alkalmazzák. Az ömlesztett sajt végső pH-értékének kialakítása szempontjából a foszfátos ömlesztősók használata kedvezőbb. A foszfátos ömlesztősók széles pH-tartományban – 2,5 és 12 pH-érték között – alkalmazhatók, ezen felül kiváló pufferoló képességgel rendelkeznek. Az alapanyag mennyiségére vonatkoztatva általában 2–4% ömlesztősót használunk.



13.2. ábra. Ömlesztőkutter

Az előömlesztett alapanyag olyan ömlesztett sajt, amit másodszor is megömlesztenek megfelelő körülmények között. Az előömlesztett alapanyag nagymértékben befolyásolja az ömlesztett sajt viszkozitását, a szol szerkezetét és ezzel együtt a konzisztenciát. Az előömlesztett alapanyag adagolásakor a sajtészta gyorsan krémesedik.

13.2. Az ömlesztettsajt-gyártás gyakorlata

Tisztítás: az ömlesztésre szánt és gondosan kiválogatott alapanyagot meg kell tisztítani.

Aprítás: a nagyobb sajtokat (pl. Pannónia) először kisebb darabokra kell felválni. Ezt kézzel, vékony acélhuzal segítségével vagy szeletelőgéppel végzik. A rendelkezésre álló darálón az ömlesztési alapanyagot ledarálják a jobb feltáródás biztosítása végett (13.2. ábra).

Ömlesztés: a sajtok megömlését és az egységes szerkezet kialakítását a keverék pH-értéke határozza meg. A keverék pH-ja az ömlesztésre kerülő sajtfeleségtől és érettségi állapotuktól függ. Az érettségi állapotot jól jellemzi a relatív kazeintartalom. Vágható állományú ömlesztett sajtok készítésénél zömében fiatal sajtokat (hosszabb szerkezetű sajttészta), a kenhető ömlesztett sajtok készítéséhez főleg közepes és érett sajtokat (rövid szerkezetű sajttészta) használunk. Az optimális pH-érték meghatározása céljából kisméretű üstben, 1–2 kg-nyi anyagmennyiséggel próbaömlesztést végeznek.

Vágható állományú terméknel 5,4–5,6 pH-t, kenhetőnél 5,7–5,9 pH-értéket biztosítanak. A kenhető állományú terméknel a sajtanyag egy részét előömlesztik, és így keverik a többi alapanyaghoz. Az előömlesztett sajtanyag elősegíti, mintegy katalizálja a krémesítés folyamatát.

Próbaömlesztés eredményének ismeretében összeállított végleges receptúra alapján történik az előkészített alapanyag pontos bemérése a főzőüstbe, ahol hozzáadják az ömlesztősót és a kívánt mennyiségű vizet. Az ömlesztett sajtok gyártásának főbb műveleteit a 13.3. ábra mutatja.

<i>Anyagok</i>	<i>Műveletek</i>	<i>Paraméterek</i>
Előkészített alapanyagok	Keverék összeállítása	
	↓	
Ömlesztősó	Próbaömlesztés	
	↓	
Ömlesztősó	Ömlesztés	2–4%
	↓	
	Homogénezés	50–200 bar
	↓	
	Hőkezelés	80–140 °C
	↓	
	Töltés-csomagolás	
	↓	
	Hűtés	vágható lassan, kenhető gyorsan
	↓	
	Hűtőraktározás	10 °C alatt

13.3. ábra. Az ömlesztett sajtok gyártásának főbb műveletei

Az ömlesztés egyik legfontosabb irányelve, hogy az ömlesztendő anyagot lehetőleg gyorsan és egyenletesen melegítsük fel a kívánt hőmérsékletre. Fontos, hogy a kiolvadt zsírcseppeket gyorsan eloszlassák, és mielőbb képződjön felületükön fehérjevédő burok. Ha a zsír megolvadása és a fehérjék oldódása között hosszabb idő telik el, olyan nagy zsírcseppek keletkezhetnek, amelyek később már oldott fehérjék jelenlétében sem tudnak megfelelően diszpergálódni. Az ömlesztéskor tehát az a cél, hogy az ömlesztendő anyag egész tömegében mielőbb lépje túl a 60 °C-ot.

Blokksajt készítése esetén, ahol ügyelni kell arra, hogy a szol szerkezet az ömlesztőüstben lehetőleg még ne változzon meg, csak rövid ideig hevítünk. A kenhető ömlesztett sajtok esetében a nyersanyag tulajdonságaitól függően a hevítés hosszabb ideig történik. Ugyancsak eltérést találunk a keverés intenzitását illetően is. Vágható állományú sajtok készítésekor alacsony fordulattal, kenhető állományú sajtoknál gyors fordulattal (120 fordulat/perc) végezzük a keverést. Általános szabály, hogy vágható állományú terméknel a krémesedési folyamat megindulása előtt kell az ömlesztést befejezni, ami kíméletesebb mechanikai megmunkálással és alacsonyabb hőmérséklettel érhető el.

Mivel így az ömledék viszkozitása még alacsony, a csomagolást követő lassú hűtés miatt a kazeinrézecskek rendeződhetnek, aminek hatására nagy szilárdságú gél jöhet létre, és az így készített ömlesztett sajtra (pl. Hóvirág, Karaván stb.) hosszú szerkezet lesz jellemző. A kenhető állományú terméknel az ömlesztést, a krémesedés meghatározott pontjában, általában az ömledék maximális viszkozitásánál fejezik be. Ez erőteljesebb mechanikai megmunkálással és magasabb hőmérséklettel érhető el. A túlkrémesedés elkerülése érdekében az ömledéket a csomagolást követően gyorsan kell lehűteni, aminek következtében nincs idő a kazeinrézecskek rendeződésére. Mindezek eredményeként kevésbé szilárd állományú sajtot kapunk (Camping, Boci, Mackó stb.), amelyre a rövid szerkezet a jellemző. E sajtoknál az állomány javítására szokás alkalmazni a homogénezést is.

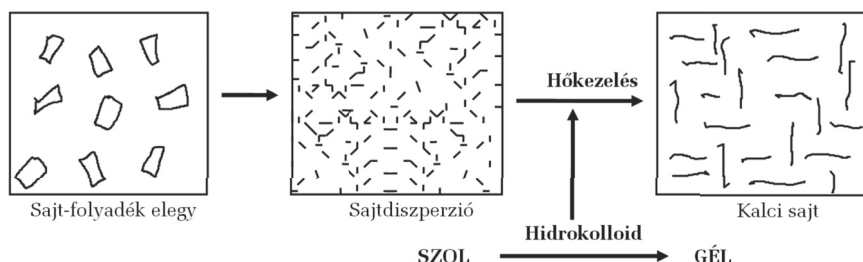
13.3. Ömlesztett sajt gyártása ömlesztősó nélkül

A tej és tejtermékek Ca-tartalma, Ca:P aránya élettanilag igen fontos érték mérő tulajdonság. A hagyományos ömlesztett sajtok gyártása során azonban igen gyakori a foszfát tartalmú sók használata, így e jó tulajdonsággal ezek az ömlesztett sajtok általában nem rendelkeznek.

A következő eljárással a Ca-P arány megtartható, ugyanakkor az ismert állagú ömlesztett sajt keletkezik. Az ömlesztett sajtok Ca:P arányának javítása kalciumsó adagolása segítségével nem lehetséges, az ömlesztés során ugyanis a sajtgélből a foszfátos ömlesztősó megköti a kalciumot; az ionos formában jelenlévők után a kalcium-hidakból kihalászottakkal reagál, és így hő- és mechanikai hatásra megtörténik a gél-szol átalakulás, a peptidáció, majd lehűlés hatására újra gél (ömlesztett sajt) képződik.

Az ömlesztés lényegét tekintve a peptizációhoz a kalciummal arányos foszfor szükséges, így kalciumdúsítás esetén az ömlesztősó mennyiségét is arányosan növelni kellene. A Ca:P arány javítása érdekében tehát a cél az, hogy *peptizáció nélkül gyártható legyen* olyan hőkezelt sajtermék, amely a fogyasztó számára funkcionálisan azonos, mint a kenhető, vágható, szeletelhető és lappá formázott ömlesztett sajt.

Az új eljárással úgy állítható elő funkcionálisan „ömlesztett” sajt, hogy a klasszikus peptizációs folyamat nem játszódik le, azaz a kalciumhidakat a sajtból nem hasítják ki. Az eljárás lényege a 13.4. ábrán látható.



13.4. ábra. Peptizációs folyamat a kalci sajt készítésénél

A technológia első lépésében mechanikai megmunkálással (pl. kutterben 3000/perc fordulatszámú keveréssel) vizes sajtdiszperziót készítenek. A sajtfehérjék hőkicsapódásának meggátolására hővédő hidrokolloidokat adagolnak, az ömlesztett sajtnak megfelelő állományt pedig viszkozitásnövelő és gélesítő hidrokolloidok kombinációjával alakítják ki.

A hőkezelés hatására a diszperzió hidrokolloidjaiból szol képződik, majd lehűtéskor ugyancsak a hidrokolloidok alakítják ki a sajt gél szerkezetét.

A kenhető állományú termék viszkozitása a hidrokolloidok kombinációival széles tartományban szabályozható. A vágható, a szeletelhető és a lappá formázott sajtoknál a kifejlesztett új eljárással készült termékek állományszilárdsága 20–40%-kal kisebb, rugalmasságuk (törési szilárdságuk) viszont ugyanilyen mértékben nagyobbak bizonyult, mint a kontroll ömlesztett sajtoké.

Ha a peptizáció nélküli hőkezelés során a kalciumhidak nem hasadnak le, akkor az ilyen típusú, ömlesztősót nem tartalmazó sajtok kalciumban nagy valószínűséggel dúsíthatók. A peptizáció nélkül hőkezelt sajtok kalciumdúsítására kalcium-karbonátot használtak. A kalciumdúsítás kalcium-karbonáttal a peptizáció nélkül hőkezelt sajtok mindegyik formájánál (kenhető, vágható, szeletelhető, lappá formázott) elvégezhető. A dúsítás mértékének nem a kolloidkémiai sajátosságok, illetve az állomány szab határt, hanem az érzékszervi tulajdonságok (kesernyész íz). Erre való tekintettel a dúsítás felső határát 1200 mg/100 g kalciumnak megfelelő kalcium-karbonátban állapították meg. Figyelembe véve az alapanyag eredeti kalciumtartalmát is, 100 g termék akár 1600 g kalciumot is tartalmazhat.

A dúsítást követően pH-változás történik, hiszen a dúsítóanyag kalciumionja és a tejalkotórészek (tejsav, tejfehérjék) reakcióba lépnek egymással. A folyamat a gyártás során azonnal megindul, egy nap alatt 90%-ban lejátszódik, majd igen lassan, négy nap alatt fejeződik be.

A peptizáció nélkül hőkezeléses eljárással előállítható és az ún. kalci sajtok fontosabb tulajdonságai a hagyományos ömlesztett sajtokéival összehasonlítva a 13.1. táblázatban láthatók. A táblázat adatai jól szemléltetik, hogy közel azonos beltartalmi értékek mellett a több mint kétszeres foszfortúlsúly hatszoros kalciumtúlsúlyra növelhető.

13.1. táblázat. *Hagyományos, reform és kalci ömlesztett sajtok jellemzői*

<i>Megnevezés</i>	<i>Hagyományos ömlesztett sajt</i>	<i>Reform ömlesztett sajt</i>	<i>Kalci ömlesztett sajt</i>
Száranyag-tartalom, g/100 g	42–56	40–50	42–54
Zsirtartalom a száranyagban, g/100 g	33–60	30–50	30–50
Fehérjertartalom a száranyagban, g/100 g	24–40	30–45	30–45
Kalciumtartalom, mg/100 g	300–500	300–500	600–1600
Foszfortartalom, mg/100 g	1000–1500	250–400	250–400
Kalcium:foszfor arány	1:2,5–3,0	1,4–1,6:1	2,5–4,4:1
Energiatartalom, kJ/100 g	1000–1300	800–1200	800–1200
Termékválaszték a termék állománya szerint	Kenhető Vágható Szeletelhető Lappá formázott	Kenhető Vágható Szeletelhető Lappá formázott	Kenhető Vágható Szeletelhető Lappá formázott

13.4. Az ömlesztett sajtok gyakoribb hibái

Külső hibák: A penészesedést hibás, lyukas csomagolóeszköz vagy rossz csomagolás okozza, levegő maradt a termék és a fólia között. Fóliához ragad a sajt, ha pH-értéke 6,2 felett van, amit a ragacsos, pépes állomány is okozhat.

Színhibák: Barnás elszíneződést okoz a túlzott mértékű hőkezelés, a túl magas tejcukortartalom. Lassú lehűlés és 20 °C feletti tárolás is előidézheti. Pettyes-foltos sajttszétát okoz, ha meg nem ömlött, vagy az üst falára ragadt kiszáradt részecskék kerülnek a sajtba. Üveges, barnás foltok formájában is megjelenhetnek. Márványos elszíneződés főleg bloksajtokban fordul elő, amikor eltérő színű csíkok jelennek meg a metszéslapon. Nem megfelelő ömlesztés vagy friss és száradtabb ömledék keveredése okozhatja. A fehérfoltosság a *Cl. sporogenes* okozta rothasztás eredménye. Fehér, részben elfolyósodott foltok láthatóak, amelyek bűzősek.

Szerkezeti hibák: Lyukacsos, repedezett vagy puffadt a sajt. Oka legtöbbször a levegőbuborékok bekeverése, és ezzel kémiai, mikrobiológiai romlás lép fel.

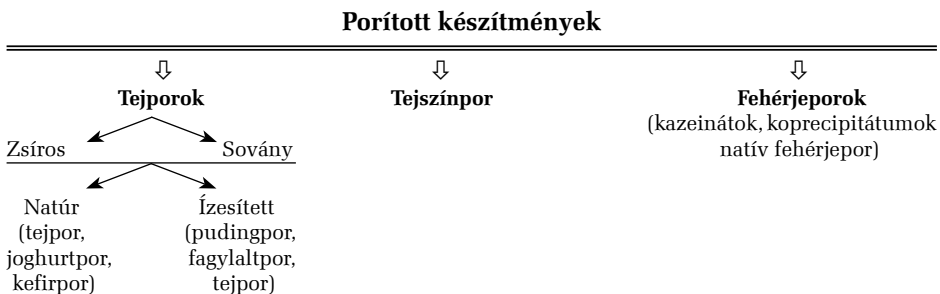
Folyadékkal telt lyukak megjelenése arra utal, hogy az ömlesztőső csak a kész sajtban oldódott fel teljesen. Lyukazottság keletkezhet kémiai vagy mikrobiológiai okból. Így okozhatja pl. kólis fertőzés, de az ömlesztőső-keverékek késői reakciójaként felszabadult CO_2 is. Vajsavas puffadás lép fel, ha a sajt *Clostridium baktériumokkal* fertőzött. Durva hiba, puffadást, repedezettséget okoz.

Állományhibák: Zsírkiválást és vízeresztést okoz a nem megfelelő ömlesztési technológia, durva hiba. Lisztes, darás állomány alakulhat ki, ha rosszul oldódó ömlesztősőt használunk, de a túlzottan savanyú sajt is lehet ilyen. Túl lágy állományú vágható sajtszerkezet alakul ki, ha nem jól választjuk meg az ömlesztősőt, vagy keveset adagolunk, ha túl nagy lett a víztartalom, ha gyors volt a lehűtés és 5,7 pH felett. Túl szilárd vágható sajtot eredményez a túl sok előömladék használata, az erősen krémesítő és sok ömlesztőső, az alacsony víztartalom és az 5,4 alatti pH. Kagylós törésű, szilárd lesz a kenhető sajt, ha nem megfelelő vagy túl sok ömlesztősőt használunk, és nem tartjuk be a már ismertetett technológiai irányelveket (pl. lassan hűtjük le a sajtot). Pépes állományt okoz a 6 feletti pH, a sok lágy sajt vagy kizárólagosan monofoszfátot tartalmazó ömlesztőső használata.

Íz- és szaghibák: Vegyszeres, lúgos ízt okozhat a foszfátos ömlesztősők túl adagolása, elősegíti a 6 feletti pH. Főtt, karamellíz és -szag együtt járhat barnulással, hőkezelésre visszavezethető okai vannak, fokozza a savópor vagy tejjpor nagyobb aránya a sajtkeverékben. Keserű íz általában keserű alapanyag használatakor lép fel, előfordulhat sokáig tárolt 6 pH feletti sajtokban is. Dohos, penészes íz és szag rossz, főleg penészes alapanyag keverékbe kerülésekor jelentkezik. A vajsavas és a rothadásos hibák szaghibával is járnak.

Tejporgyártás

A szárított tejtermékeket a közvetlen fogyasztáson kívül az édesiparban, a sütőiparban és más iparágakban használják fel. A fontosabb termékek: a teljes (zsíros) és a sovány tejpor, a tejszínpor, a savópor, az írópor és a termékek ízesített és kombinált változatai, pl. a fagylaltpor. Ezek a termékek folyékony alapanyagból, általában henger- vagy porlasztva szárítással, illetőleg inert testeken történő szárítással készülnek.



14.1. Az alapanyaggal szemben támasztott követelmények

A tejporgyártásra felhasznált tejjel szemben szigorú követelményeket kell támasztani. A tej hamisítatlan legyen. A kitermelés a szárazanyag-tartalom függvénye, ezért a mennyiségi átvétel alkalmával a tej összetételének – zsír- és zsírmentes szárazanyag-tartalmának – meghatározása feltétlen szükséges.

A tej savfoka legfeljebb 7,4 SH° lehet. A látszólag megfelelő savfokú tej ne tartalmazzon túlsavanyodott tételeket. A denaturált fehérje a gyártás folyamán technológiai problémákat okoz, és ilyen körülmények között egyértelműen romlik a tejpor minősége. Ezért a tejtételeket alkoholpróbával kell minősíteni és változtatni. A 70%-os alkohollal pelyhes kicsapódást adó tejet a tejporgyártáshoz nem szabad felhasználni.

A tej egészséges állatoktól származzon. A beteg tőgygyulladásos állatok teje tejporgyártásra nem használható fel. A nagy szomatikus sejtszámú, a rendellenes összetételű tejből készült tejpor oldhatósága nem lesz megfelelő.

A tej összcsíraszama – ezen belül a termotoleráns, termorezisztens, aerob és anaerob spórás baktériumok aránya – kicsi legyen. A speciális célokra gyártott,

kíméletesen hőkezelt sovány tejpor gyártásához kiemelten fontos a tej megfelelő mikrobiológiai tisztasága.

A tej legyen tiszta, ne tartalmazzon idegen anyagokat. A teljes tejpor minősége, tárolhatósága szempontjából fontos, hogy a tejben a zsíroxidációt katalizáló réz- és vasionok mennyisége minimális legyen.

14.1.1. A tej tisztítása, a zsírtartalom beállítása, a tej előtárolása

A tisztítás célja a szennyeződések eltávolításával a berendezések mechanikai védelme, a hőátadó felületek szennyeződésének elkerülése és a hőkezelés csíraölő hatásának fokozása. A tej tisztítása tisztítócentrifugával hatékony. A tej zsírtartalmát olyan értékre kell beállítani, hogy a tejporszabványban előírt zsírtartalom biztosítva legyen. A teljes tejpor gyártásához felhasznált tej zsírtartalmát a zsírmentes szárazanyag-tartalom figyelembevételével kell beállítani. A zsírbeállítás teljes vagy részleges kifölözéssel, vagy a teljes tej és a fölözött tej megfelelő arányú keverésével történhet.

A tejszínnel való zsírbeállítás a tejpor szabadzsírtartalmának a növekedését és ezáltal a minőség romlását okozhatja. A minőség megőrzése végett a tejet 5 °C-ra kell hűteni, és a feldolgozásig ezen a hőmérsékleten kell tárolni.

14.1.2. A tej hőkezelése

Az alapanyag hőkezelésének kettős célja van:

- a tej pasztörözése, a pasztörözés általános követelményeinek maradéktalan kielégítése,
- felhasználási céloknak megfelelő tejportulajdonságoknak, a „funkcionális tulajdonságoknak” a kialakítása.

14.2. Bepárlás (sűrités)

A bepárlás – eljárás technikailag – három szakaszban folyik le:

- a víz elvonása hőkezeléssel,
- sűrítmény (koncentrátum) elválasztása a páráktól,
- a párák kondenzálása.

A bepárlás folyamata háromfokozatú, egyenes átáramlású, erősáramú vákuum filmbepárló berendezés alapulvételével a következő:

A tej az első előmelegítőben az utolsó fokozatból a kondenzátorba vezetett párák hatására felmelegszik, a hideg tej ugyanakkor részt vesz a párák kondenzálásában. Az első előmelegítőből a tej a harmadik fokozat fűtőtestének fűtőköpenyében lévő második előmelegítőbe jut, majd a második fokozat fűtőtestének fűtőköpenyében lévő harmadik előmelegítőbe kerül. Itt a hőmérséklete tovább

emelkedik, és a tej az első fokozat fűtőtestének fűtőköpenyében lévő negyedik előmelegítőbe jut.

A tej hőmérséklete a gőzsugár-pára kompresszorral az első test fűtőköpenyébe vezetett gőz-pára keverék hatására eléri a végső előmelegítési hőmérsékletet, általában a 68–72 °C-ot. A tej előmelegítése kíméletesen, kis hőfoklépcsőkkel történik, kedvező hatásfokkal, a tejből, illetve a sűrítményből felszabaduló párákkal. A tej az előmelegítőből a hőkezelő berendezésbe kerül, 95 °C hőmérsékletig gőzsugár-pára kompresszorral, efölött általában közvetlen gőzbevezetéssel fűtik. A hőkezelés hőmérsékletét és idejét a tejpor felhasználási céljától függően választják meg.

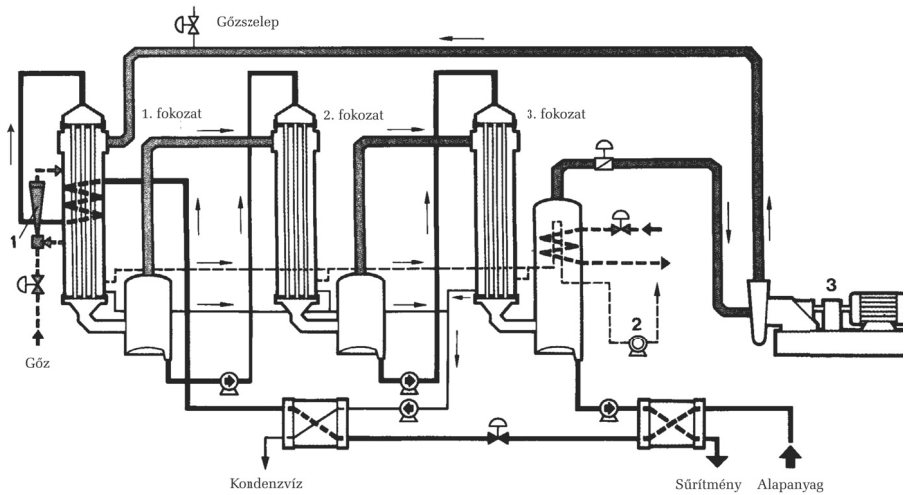
A hőkezelő berendezésből a tej a vákuumbepárló első fokozatának fűtőtestébe, annak fűtőcsöveire kerül. A fűtőtest nyalábcsőes hőcserélő. A tej fűtőcsövekre való egyenletes elosztását és a tejfilm kialakítását a felső tejelosztó biztosítja. A tejet, illetve a tejsűrítményt a fűtőtestekre nagyobb hőmérsékleten vezetik, mint a forrási hőmérséklete (páratéri hőmérséklet). Így ugyanis a kisebb nyomású, illetve hőmérsékletű térben a belépés pillanatában expandál, és ez elősegíti a csöveken a tejfilm kialakítását és áramlásának megindítását. A fokozatok számának növekvő sorrendjében az egy-egy fűtőtestbe beépített csőszám csökken. A koncentráció növekedésének hatására ugyanis az anyag mennyisége csökken, viszkozitása pedig növekszik, és ezek ellenére így egyenletes filmet kell kialakítania. A fűtőfelület méretét úgy választják meg, hogy a fűtőtér és a páratér hőmérséklet-különbsége 8–12 °C között legyen.

A forrási (bepárlási) hőmérsékletet a hőtartási idő figyelembevételével úgy kell megválasztani, hogy az a bepárlandó anyagnak a minőséget nem károsító hőmérsékleti értéke alatt maradjon. A tej eredeti tulajdonságainak megtartása szempontjából a bepárláskor a legfontosabb tényező az alkalmazott hőmérséklet.

Az eredeti tulajdonságok megtartása végett szükséges, hogy a bepárlás alacsony hőmérsékleten menjen végbe. A forráspont alacsonyabb környezeti nyomással csökkenthető, ezért a bepárló berendezés, illetve annak fűtőtestei vákuum alatt vannak. Az első testet gőzsugár-pára kompresszorral fűtik. A gőzsugár-pára kompresszor hatására általában 1 kg gőzhöz 1 kg pára keverhető.

A tejből a hőközlés hatására párák szabadulnak fel, a tej koncentráلódik, miközben a tejfilm a fűtőcsöveken a gravitáció és a felszabaduló párák hatására nagy sebességre felgyorsulva áramlik.

A tejből felszabaduló párákat a folyadéktól – a sűrítménytől – centrifugális elven működő páraleválasztóval (páraszeparátorral) választják el. A párák leválasztása után a sűrítményt a második, majd a harmadik fokozat fűtőtestére vezetik. A harmadik testet a második testben felszabaduló párák fűtik. A tej itt éri el a végső koncentrációt. A sűrítményt a párák leválasztása után a berendezésből szivattyúval vezetik el. A párákat kondenzálni kell, ezt a célt szolgálják a kondenzátorok. (Egy háromfokozatú esőáramú vákuum filmbepárló sematikus rajza látható a 14.1. ábrán.)

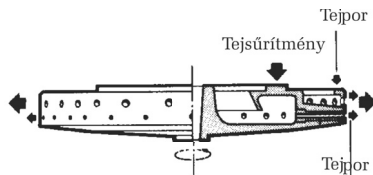


1. Gőzsugárkompresszor, 2. Vákuumszivattyú, 3. Párakompresszor, 4. Kondenzátor

14.1. ábra. Háromfokozatú esőáramú vákuum filmbepárló

14.3. A porlasztva szárítás technológiai irányelvei

A porlasztva szárítás (14.2. ábra) jellemzőit úgy kell megválasztani, hogy megfelelő minőségű tejport kapjunk. Ez a szárítólevegő hőmérsékletének és a porlasztótárcsa kerületi sebességének, illetve a cseppméretnek a helyes megválasztásával érhető el. A szárítókamrába belépő levegő optimális hőmérséklete teljes tejporgyártásakor 180–200 °C, sovány tejporgyártásakor 190–210 °C. A szárítókamrából kilépő levegő hőmérséklete 95 °C-nál nagyobb ne legyen. A tejsűrítményt lehetőleg homogén méretmegoszlású, 30–100 μm átmérőjű cseppekre kell porlasztani. Ezt a porlasztótárcsa 115–150 m/s kerületi sebessége mellett érjük el.



14.2. ábra. Porlasztótárcsa instant termékhez

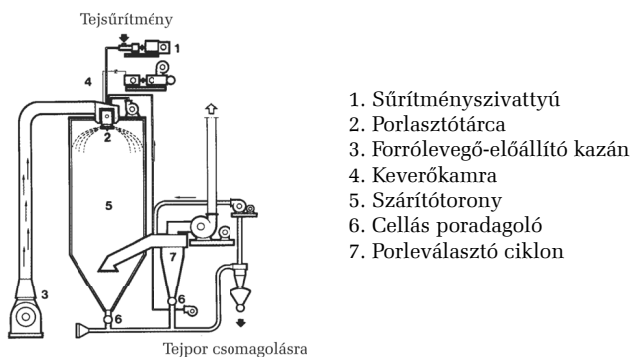
Az optimálisnál nagyobb hőmérsékletű szárítólevegő alkalmazása a szárítás gazdaságossága szempontjából kívánatos lenne, de ez a hagyományos porlasztva szárítás körülményei között minőségromlást okoz (romlik az oldhatóság, csökken a térfogatsúly, égett szemcsék, karamelles-kozmás ízhiba). A kilépő levegő

hőmérsékletének az optimális érték fölé növelése csökkenti a nedvességtartalmat, túlszáradáshoz, az oldhatóság romlásához, a szabad zsírtartalom növekedéséhez, a térfogatsúly csökkenéséhez vezethet és energiavesztéséget okoz.

A kilépő levegő hőmérsékletének csökkentése a víztartalom növekedését idézi elő.

Az átlagos cseppméretet – a tejsűrítmény adott szárazanyag-tartalma és viszkozitása mellett – döntően a porlasztótárcsa (14.2. ábra) kerületi sebessége határozza meg.

Az optimálisnál kisebb cseppméret, illetve szemcseméret következtében – a szemcse méretéből eredően – romlik a tejpor nedvesedő-, diszpergáló- és szabadonfolyó-képessége. Romlik a porleválasztás hatásfoka, nőnek a porvesztések. A cseppek túlszáradása az oldhatóság romlásához vezet.



1. Sűrítményszivattyú
2. Porlasztótárcsa
3. Forrólevegő-előállító kazán
4. Keverőkamra
5. Szárítótorny
6. Cellás poradagoló
7. Porleválasztó ciklon

14.3. ábra. Porlasztva szárító

Az optimálisnál nagyobb cseppméret következtében a száradás diffúziós szakasza meghosszabbodik, a tejpor víztartalma nem éri el a kívánatos értéket. A nagyobb tömegű csepp a kamra falára lerakódhat, túlszárad, megég, rontja a minőséget.

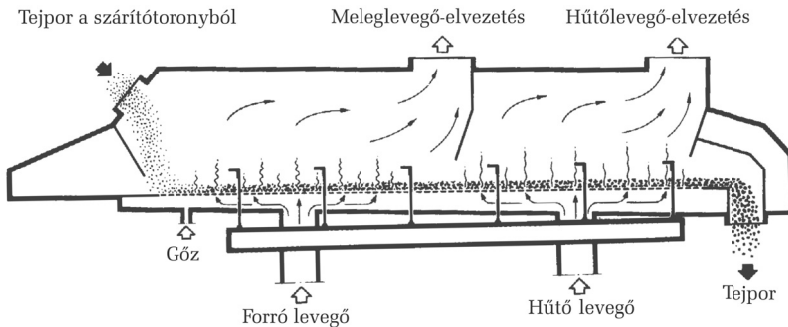
A szárítólevegő hőmérsékletének és a porlasztótárcsa kerületi sebességének megválasztásával bizonyos határig ellensúlyozható az optimálistól eltérő tejsűrítmény minőségromtó hatása. A nagyobb szárazanyag-tartalmú, illetve viszkozitású sűrítmény szárításához a porlasztótárcsa kerületi sebességét növelni, a szárítólevegő hőmérsékletét csökkenteni kell.

14.4. A tejpor hűtése

A szárítókamrából távozó levegőből leválasztott tejpor hőmérséklete 60–80 °C. A tejporszemcsék felületén adszorbeálódott nagy páratartalmú szárítólevegőből a tejport le kell választani. A szárítólevegőből való leválasztás után a sovány tejporthoz 25–30 °C-ra, a teljes tejporthoz 20–25 °C-ra kell azonnal lehűteni. A lehűtéshez

a tárolási hőmérsékleten nem kondenzálódó 60–65% relatív páratartalmú, hideg (15 °C hőmérsékletű) levegőt használnak.

A tejport vagy pneumatikus porszállító rendszerben, vagy porhűtőben (vibrációs lebegtető-szárítóban, vibrofluidizerben) lehet lehűteni. Ez utóbbira általában akkor van szükség, ha zsírtartalma meghaladja a 35%-ot. A kamrából kilépő hőmérsékleten az ilyen zsírtartalmú tejpor betapadna a pneumatikus szállítórendszerbe.



14.4. ábra. Vibrációs lebegtető-szárító (vibrofluid ágy)

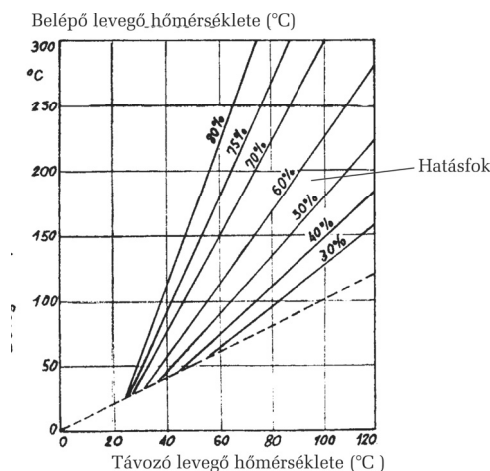
A vibrációs lebegtetőszárító a kúpos fenekű szárítókamrához csatlakozik. A szárítókamrában elkülönült porból a lebegtető-szárítóban annak perforált fenéklapján átbocsátott hűtőlevegő, valamint a berendezés alternáló (vibráló) mozgásainak együttes hatására lebegő porréteg (fluidréteg) alakul ki. Eközben a por előremozogva lehűl, és az ürítőnyílást elérve az osztályozószitára kerül. A fluidrétegből elragadott kis térfogatsúlyú, finom porrészecskéket ciklonnal választják le a hűtőlevegőből.

A folyamatosan üzemelő tejporgyárakban a tejporcsomogolás előtt rendszerint szükség van a tejporsilóban való előtárolásra. Silóban csak megfelelő víztartalmú (maximum 4,5%) és hőmérsékletű (sovány tejpor 25–30 °C, teljes tejpor 20–25 °C) tejpor tárolható, különben csomósodás, beboltozódás és öngyulladás léphet fel. A silót rendszerint pneumatikus úton töltik, a szállító levegő relatív páratartalma legfeljebb 50–60%, hőmérséklete 20–22 °C legyen. A tárolt port mechanikus vagy pneumatikus módszerrel folyamatosan lassú mozgásban kell tartani.

14.5. Energiatakarékos módszerek a porlasztva szárításban

A porlasztásos szárításnál a hőkihasználásnak a következő korlátjai ismeretesek. Mint ahogy a 14.5. ábra mutatja, a lehetőségek a levegő belépési hőmérsékletének növelésében vagy a felhasznált levegő hőmérsékletének csökkentésében rej-

lenek. Mindkét megoldás problémákat vet fel. A belépő levegő nagyobb hőmérséklete termikusan árthat a terméknek akkor, ha a levegő és a termék keveredése a toronyban nem kifogástalan. Ha a levegő belépési hőmérsékletét csökkentjük, a végtermék nedvesebb lesz, úgyhogy itt is határok vannak, ha el akarunk tekinteni egy másik fokozatban történő utószárítástól.



14.5. ábra. A hőkihasználás hatásfoka a levegő be- és kilépési hőmérsékletétől függően 20 °C-os környezeti hőmérsékletnél

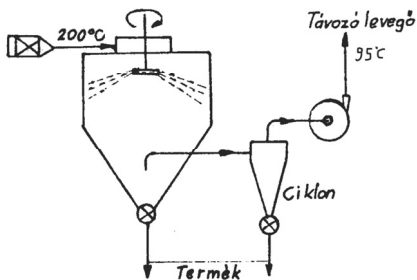
Jelenleg is vannak lehetőségek a felhasznált levegő hőjének hasznosítására. Ezek a lehetőségek a 14.6., 14.7. ábrán láthatók. A 14.6. ábra először egy hagyományos porlasztásos szárítást mutat be léghevítővel, szárítótoronyral, ciklonleválasztóval és ventilátorral. A levegő belépési és kilépési hőmérsékletére vonatkozó adatok olyan értékeket reprezentálnak, amelyeket manapság sok tejporgyárban alkalmaznak. Könnyen belátható, hogy a 95 °C-os elhasznált levegővel hatalmas hőmennyiség kerül a szabadba. Ezen kívül figyelembe kell venni a termékvesztéseket, amelyek egyrészt vállalati jövedelemcsökkenéshez, másrészt pedig környezetvédelmi problémákhoz vezetnek.

A 14.7. ábra egy már több helyen alkalmazott lehetőséget mutat, az elhasznált levegő hőmérsékletének csökkentését egy nedvesleválasztó segítségével. A hőkihasználás azonban csak akkor jó, ha ezt a berendezést termék-előmelegítésnél alkalmazzák. Ehhez olyan tejet használnak, amelynek még nem történt meg a sűrítése.

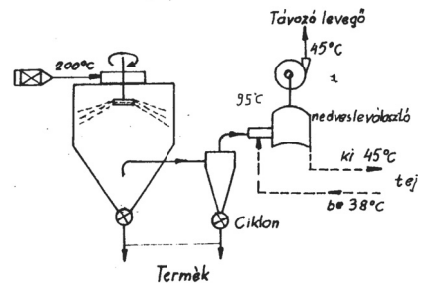
Mind a tej, mind a felhasznált levegő 45 °C határhőmérséklettel hagyja el a nedvesleválasztót. Semmi esetre sem szabad annyira lehűteni az elhasznált levegőt, hogy a víz kicsapódjék belőle és a termékbe kerüljön.

A leválasztás további előnye, hogy az elhasznált levegőben levő porrészecskéket a kimosás visszatartja. Hátrányt jelentenek a bakteriológiai problé-

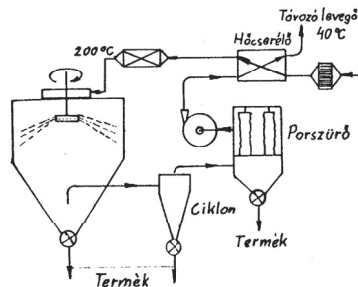
mák, mivel a 45 °C-os hőmérséklet ideális feltételeket biztosít a mikroorganizmusok szaporodásához. Ezért a nedvességleválasztókat az üzemi gyakorlatban rendszeresen, azaz minden 20 üzemelési óra után ki kell kapcsolni a folyamatból és ki kell tisztítani. Ha a nedvességleválasztót az elősűrítésnél alkalmazzuk, nem érünk el nagyobb energiamegtakarítást, mivel a nedvesmosóban történő elősűrítésnél 100%-os az energiafelhasználás. A sűrítőben csak egy tört részre lenne szüksége, úgyhogy az elhasznált levegő energiájának szintén csak egy tört része hasznosul.



14.6. ábra. Hagyományos porlasztásos szárítás



14.7. ábra. Porlasztásos szárítóberendezés ciklonnal és nedvesleválasztóval



14.8. ábra. Porlasztásos szárítóberendezés ciklonnal, szűrővel és levegő-előmelegítővel

Az energia szempontjából itt tehát ajánlatos a 14.8. ábra sémája szerinti eljárást alkalmazni. A ciklonból jövő 95 °C-os elhasznált levegőt bevezetik egy porszűrő berendezésbe, amellyel értékes termékviszanyerés is elérhető. Innen a megtisztított, használt levegő egy hőcserélőbe jut, ami a szűrt friss levegőt ellenáramban 75 °C-ra képes előmelegíteni. A használt levegő kb. 40 °C-kal hagyja el a hőcserélőt. Bakteriológiai okokból ajánlatos a szűrő állandó szárazon tartása.

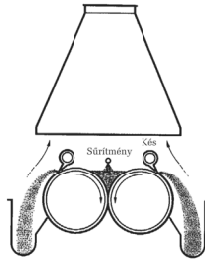
14.6. Tejpor gyártása hengersizáritással

A tejpor hengersizáritása általánosan elterjedt. Napjainkban a hengersizáritást részben kiegyenlítésre, részben a kevésbé igényes vagy a speciális céloknak megfelelő (pl. édesipari és sütőipari készítményekhez) tejporok gyártásához veszik igénybe. A tejsűrítményt vagy a tejet fűtött hengerek külső felületén – kontakt hőközléssel – szárítják.

Hengersizáritáskor a száradó anyag hőmérséklete 100 °C feletti ($110\text{--}130\text{ °C}$). A szárazanyag-tartalom emelkedése – a kritikus pontig – a fehérjék hőérzékenységének fokozódását és az anyag hőmérsékletének emelkedését idézi elő. Ezek együttes hatása nagymértékű fehérjedenaturálódáshoz vezet, ami a biológiai érték csökkenésében és a tejpor oldhatóságának romlásában nyilvánul meg. A lizin hasznosíthatósága (felvehetősége) – mint a biológiai érték egyik jellemzője – csökken, és a tejpor oldhatósági indexe a porlasztva szárítással gyártott sovány tejporéhoz viszonyítva lényegesen rosszabb.

A gyártás folyamata

A hengeres szárítók (14.9.) többféle típusa ismert a hengerek számától, az üzemi nyomástól és az anyagfelhordás módjától függően. A tejiparban általában a kéthengeres, légköri nyomáson üzemelő hengeres szárítókat alkalmazzák.



14.9. ábra. Hengeres szárító

A tejsűrítményt a folyadékelosztón keresztül az egymással szembe forgó fűtött hengerek közé vezetik. A hengerek felületén $50\text{--}150\ \mu\text{m}$ vastag tejfilm alakul ki, ami a hengerek kb. $3/4$ fordulata alatt megszárad. A szárításkor keletkező vízpárát légárammal távolítják el. Az összefüggő száraz tejfilmet a hengerek felületéről kaparókésekkel választják le, levegővel hűtik, porrá őrlik és szitálással osztályozzák, majd csomagolják.

A gyártás irányelvei

A tejet általában $85\text{--}90\text{ °C}$ hőmérsékleten $3\text{--}5$ perc hőntartással kell hőkezelní, hogy kialakuljon a hengersizáritás alatt a tej megfelelő hőstabilitása. A tejet a hengersizáritáshoz $40\text{--}45\%$ szárazanyag-tartalomra sűrítik. A hengeres szárítás-

ból eredően a szárítás hőmérséklete 100 °C fölötti, általában 110–130 °C. Ennek folytán a tejpor minőségét a szárítás sebessége határozza meg. Ez érdeemben a henger felületén kialakított filmréteg vastagságától függ. A filmréteg vastagsága a hengerek közötti távolságtól (hézagtól), a hengerek kerületi sebességétől, a henger felületének hőmérsékletétől és a sűrítmenny szárazanyag-tartalmától függ.

A hengerek közötti távolságot és a hengerek fordulatszámát a tejsűrítmenny szárazanyag-tartalmának (viszkozitásának) és a szárítás hőmérsékletének figyelembevételével úgy határozzák meg, hogy biztosítsa a tejpor kívánt víztartalmát a legrövidebb száradási sebesség mellett.

A 40–45% szárazanyag-tartalmú tejsűrítmenny szárításakor a hengerek közötti hézag 0,5–0,3 cm, a kerületi sebesség 75–80 m/perc, a szárítás ideje 1,6–1,4 s, ezzel biztosítható a por kívánatos 4,0–4,5% közötti víztartalma.

<i>Anyagok</i>	<i>Műveletek</i>	<i>Paraméterek</i>	
Nyers tej	Nyers tej előtárolása	45 °C	
	↓		
	Előmelegítés		
	↓		
	Tisztítás		
	↓		
Sűrített tej	Fölözés	85–90 °C, 3–5 perc	
	↓		
	Tej hőkezelése		
	↓		
	Vákuumbepárlás		40–45% sza.
	↓		
Hengeres szárítás			
↓			
Porhűtés			
↓			
Tejpor	Aprítás, őrlés		
	↓		
Csomagolóanyag	Szitalás, osztályozás		
	↓		
	Csomagolás		

14.10. ábra. A hengerszárításos tejporgyártás folyamata

A száraz tejfilm hőmérséklete a leválasztás pillanatában 100 °C fölött van, és felületén a nagy nedvességtartalmú levegő adszorbeálódott. A por minőségének kialakítása végett gyors hűtésre és a nagy páratartalmú levegő eltávolítására van szükség. Ez általában a levegőaláfúvással való porhűtéssel érhető el. A megfelelő szemcseméretet, a porszerű állományt a száraz tejfilm őrlésével és szitalással

alakítják ki, majd a port csomagolják. A hengerszáritásos tejpörgyártás folyamata a 14.10. ábrán látható.

14.7. Az instant tejpör gyártása

A tejpör újraoldási tulajdonságainak javítását célzó eljárást instantizálásnak, a mechanikai beavatkozás nélkül gyorsan és tökéletesen oldódó tejpört instant tejpörnek nevezzük. A sovány és a teljes tejpör akkor tekinthető instantnak, ha az újraoldás 15 s alatt végbemegy. Az újraoldás négy folyamatra osztható fel:

- a tejpör nedvesedése,
- a tejpör süllyedése a vízben,
- a tejpör egyedi részecskék alakjában való eloszlása, diszpergálódása a vízben,
- a tejpör részecskék újraoldódása.

Ezeknek megfelelően a tejpör újraoldhatóságát nedvesedőképessége, süllyedőképessége diszpergálódóképessége és oldhatósága határozza meg. Az instantizálás célja az, hogy ezeknek a portulajdonságoknak a javításával növelje a tejpör rekonstitúciós képességét.

Az instant sovány tejpör gyártása visszanedvesítéses instantizálással

Az instantizálás folyamata

A porlasztva szárítással előállított, az instantizálás szempontjából is megfelelő minőségű tejpört az agglomeráló csőbe vezetik, egyidejűleg nedves levegőt (vagy gőzt) vezetnek be tangenciálisan. Ennek hatására a tejpör szemcsék felülete megnedvesedik, tapadóssá válik, és a szemcsék az agglomeráló csőben ütköznek egymással, összetapadnak, agglomerálódnak. Ekkor szekunder részecskék, agglomerátumok jönnek létre. A nedves agglomerátumokat a szárítókamrában, majd a lebegtető szárítóban a kívánt nedvességtartalomra szárítják, hűtik, és ezt követően szitálással osztályozzák, csomagolják (14.11. ábra).

A gyártás irányelvei

Általános kívánalom, hogy az instantizálásra kerülő sovány tejpör minősége feleljen meg a kíméletes hőosztályozású tejpörének, különös figyelmet kell fordítani kiváló oldhatóságára (oldhatósági index $0,1/\text{cm}^3$), illetve vakuóla-térfogatára.

Az instant sovány tejpör minősége szempontjából a tejpör agglomerálási nedvességtartalmának (a visszanedvesítés fokának), az agglomerálási időnek és a hőmérsékletnek van döntő jelentősége. A tejpör agglomerálási víztartalma 8–10%, hőmérséklete 30–50 °C, ideje 20–40 s legyen.

Az agglomerált szekunder részecskéket a szárítókamrában, illetve a lebegtető szárítóban 3,5–4,5% nedvességtartalomra szárítják, általában 80–100 °C alatti szárítólevegő-hőmérséklet mellett. A tejpört 20–25 °C-ra hűtik, majd a részecskék mérethomogenitását szitálással teremtik meg.

<i>Anyagok</i>	<i>Műveletek</i>	<i>Paraméterek</i>
Tejpor	Porlasztva szárított sovány tejpor	
	↓	
Víz	Visszanedvesítés	
	↓	
	Agglomerálás	30–50 °C, víztartalom
	↓	8–10%
	Agglomerátumok szárítása	80–100 °C, víztartalom
	↓	3,5–4,5%
	Hűtés	20–25 °C
	↓	
	Osztályozás	
	↓	
Csomagolóanyag	Csomagolás	

14.11. ábra. A visszanedvesítéses instant tejporgyártás folyamata

14.8. A tejpor minőségét befolyásoló környezeti hatások

Nedvességfelvétel

A tejpor higroszkópos tulajdonságú, az egyensúlyi relatív páratartalmánál nagyobb páratartalmú levegőből vizet adszorbeál. Ezt a tulajdonságát elsősorban az amorf tejcukor okozza. A tejpor víztartalmának növekedése fizikai és kémiai változásokat idéz elő, illetve gyorsít fel, és a mikrobatevékenység feltételeit teremti meg, tehát minőségromláshoz vezet.

A fény hatása

A természetes fény a tejsír romlását katalizálja, gyorsítja a tejpor minőségromlását.

Mechanikai hatások

Az agglomerátumok széttöredezésével az instant tulajdonságok megszűnnek, ezért instant tejport csak az agglomerátumok szerkezetét nem károsító, a mechanikai hatásokkal szemben is védelmet nyújtó, alaktartó módon szabad csomagolni.

Idegen íz- és szaganyagok

A tejpor összetétele és nagy fajlagos felülete folytán hajlamos a különféle illóanyagok adszorbeálására, könnyen vesz fel idegen íz- és szaganyagokat.

A csomagolóanyagok megválasztása

A csomagolóanyagokat úgy kell megválasztani, hogy a tárolás várható időtartama és körülményei között maximális védelmet nyújtsanak. A csomagolás-

hoz különböző anyagú (papír, műanyag, fém) fóliából célszerűen kialakított csomagolóeszközöket (tasakokat, dobozokat, zsákokat) használnak.

A csomagolóanyagok védőhatása döntően a fajlagos vízgőz- és gázáteresztőképességtől függ. A csomagolóanyagokat úgy kell megválasztani, hogy a tárolás alatt a tejpör vízfelvétele legfeljebb 1% legyen, az oxigénkoncentráció a védőgáz-as csomagolásban ne változzék, és a fényt ne engedje át.

Csomagolási módok

Rendeltetését tekintve megkülönböztetünk nagyfogyasztói és kisfogyasztói csomagolást. A nagyfogyasztók részére a tejpört 25–50 kg-os egységű, 1–1,4 g/m²/nap/133,3 Pa vízpáraparameabilitású, 60–80 μm vastag polietilénnel bélelt, négyrétegű papírzsákba csomagolják, amit hajtogatás után zsákvarró géppel zárnak le.

A tejpör tárolása

A megfelelően csomagolt tejpör tárolhatósága függ a tárolótér hőmérsékletétől és páratartalmától.

A tejpör átlagos minőségmegőrzési idejét figyelembe véve a tárolási hőmérséklet ne haladja meg a 25 °C-ot. Hosszabb – 6–24 hónapos – tároláshoz 10–15 °C hőmérsékletet kell kialakítani. A páratartalom hatása megfelelő csomagolóanyaggal ellensúlyozható, de a túlzott páravédelmet nyújtó csomagolás gazdaságtalan, ezért a tárolótér relatív páratartalma legfeljebb 75% legyen.

14.9. A tejpör gyakoribb hibái

A nem megfelelő oldhatóság: Elsősorban a kazein denaturálódásának a következménye. Fő oka az emelkedett savfokú tej, a szomatikus sejtek nagy száma, a hőmérséklet és a hőtartási idők helytelen megválasztása a tej hőkezelése, vákuumbepárlás és a szárítás során a tejsűrítmény optimálisnál nagyobb szárazanyag-tartalma és viszkozitása, a homogénezés paramétereinek helytelen megválasztása, a rendkívül inhomogén cseppméretet okozó porlasztás, a tejpör melegen való csomagolása, az optimálistól eltérő víztartalom, a nagy tárolási hőmérséklet.

A barnulás a tejcukor karamellizálódásának és a Maillard-reakciónak a következménye. Barnulást idéz elő az optimálisnál nagyobb szárítási hőmérséklet, a tejpör túlszárítása, a tejpör melegen való csomagolása, az előírtnál nagyobb nedvességtartalom és a tárolási hőmérséklet.

Égett szemcsék akkor keletkeznek, ha a tejpör egy része túlszárad, vagy a nagy szárítási hőmérséklet hatására megpörkölődik. Porlasztva szárításakor az égett szemcsék keletkezésének fő oka a szárítókamra falára kirakódó por túlszáradása, megbarnulása. Hengeres szárításakor égett szemcsék a nagy szárítási hőmérséklet, a henger felületének egyenetlensége, a kés hibás beállítása miatt keletkeznek.

Csomósodás. Oka a nagy víztartalom vagy a tárolás alatti vízfelvétel. A csomósodást elősegíti a tejpor melegen való csomagolása és a tárolási hőmérséklet ingadozása.

Főtt íz a túlzott hőkezelés következménye.

Állott íz a hosszú ideig tárolt sovány tejpornál lép fel, kialakulását gyorsítja a víztartalom és a tárolási hőmérséklet emelkedése.

Faggyús íz a teljes tejporoknál lép fel a tejszír oxidációs romlásának következményeképpen. Kialakulását elősegíti a nehézfémek katalizáló hatása, az oxigén jelenléte, a magas tárolási hőmérséklet.

Avas íz a teljes tejpornál fordul elő, oka a hőkezeléssel hatástalanított baktérium lipáz tevékenysége.

Fagylaltgyártás

A fagylalt pasztörözött alapanyag-keverékből fagyasztással-habosítással készített szilárd vagy krémszerű állományú termék, amely ebben az állapotban fogyasztható. Állományuk alapján két fő csoportra oszthatjuk a fagylaltokat:

- kemény fagylalt (jégkrém) a fagyasztás után kiadagolt, csomagolt, majd keményített (utófagyasztott) szilárd állományú termék,
- lágy fagylalt (fagylalt) a fagyasztás után közvetlenül fogyasztásra kiadagolt krémszerű termék.

A kemény- és lágyfagylaltok az állományukon kívül főleg a fagyasztás, illetve a fogyasztás hőmérsékletén a jéggé fagyott víz mennyiségében és a habosítás mértékében különböznek egymástól.

Összetételük szerint, illetve a felhasznált alapanyagok alapján megkülönböztetünk tejszínfagylaltot, tejesfagylaltot, sörbetet és gyümölcsfagylaltot. A gyümölcsfagylaltokat gyakran vizes fagylaltnak is nevezik.

15.1. táblázat. A tejszínfagylaltok szokásos összetétele

Összetevő, jellemző	Mennyiség %
Tejsírtartalom (min.)	8
Zsírszentes tej szárazanyag-tartalom (kb.)	10
Cukortartalom (kb.)	14
Emulgeáló- és stabilizálószer-tartalom	0,4
Összes szárazanyag-tartalom (min.)	32
A habosítás mértéke	100

A fagylalt igen értékes táplálék. Tápanyagokban dús, nagy élvezeti értékű élelmiszer. Viszonylag sok zsírt és szénhidrátot, ugyanakkor valamivel kevesebb fehérjét, ásványi sót és vitamint tartalmaz, ezért elsősorban kiváló energiaforrásnak tekinthető. A fagylalt táplálkozási jelentőségét növeli, hogy kedvező hatással van az emésztésre. Igen sok változatban készíthető, így ismert kalóriaszegény, diétás és diabetikus változata is, ezért gyakran mint diétás élelmiszert alkalmazzák.

15.1. A gyártáshoz használt alap- és adalékanyagok

A fagylaltkeverék alapja a víz, amelyben az egyes anyagok valódi oldat, kolloidoldat vagy emulziós állapotban vannak. Az oldható tejfehérjék, a cukor, a vízzoldható

vitaminok, a tejcukor és az ásványi sók alkotják a valódi oldatot, míg a kazein és az adagolt stabilizálószer a kolloidoldatot. A zsír az emulgeálószer használata révén kis golyócskákat alkotva, emulzió formájában található a vízben.

A fagylaltgyártásban a tejszírt elsősorban természetes formájában, mint tejszín, sűrített tej vagy tej használják fel. A nagy fagylaltgyárak ezen kívül a vaját vagy a jól tárolható vízmentes tejszírt is használják zsírforrásként. A tejszíron kívül növényi zsiradékkal is készítenek fagylaltokat. A fagylalt zsírmentes tej szárazanyag-tartalmát tej, sűrített tej, tejpor, esetleg író- vagy savópor hozzáadásával állítják be a kívánt értékre. A folyékony alapanyagok felhasználása egyszerűsíti a gyártást.

A cukor egyrészt kiegyensúlyozza a zsírtartalmat, másrészt növeli a szárazanyag-tartalmat és vizet köt meg, ami a sima állomány feltétele. Természetesen ízkialakító hatása sem elhanyagolható. Édesítésre répa- vagy nádcukrot, ritkábban dextrózt, néhány terméknél újabban cukorszörpöket használnak.

A megfelelő szerkezet kialakításához kis mennyiségben emulgeáló- és stabilizálószerket is kell alkalmazni a keverék összeállításakor. Az emulgeálószer a zsírgolyócskákat tartják stabil állapotban az emulzióban, és hozzájárulnak a fagylalt sima állományának kialakításához. A stabilizálószer fő feladata a víz megkötése, ezen keresztül a nagy jégkristályok kialakulásának megakadályozása a fagylaltban. A gyakrabban alkalmazott stabilizálószer a zselatin, nátrium-alginát, karragén, guarliszt, szentjánoskenyérmag-liszt.

Az ízesítőanyagok közül talán a csokoládé a legfontosabb, de elterjedten használják a legkülönbözőbb gyümölcsöket, karamellt, vaníliát stb., valamint természetes eredetű aromákat. Ugyancsak szükség lehet, elsősorban a gyümölcs-fagylaltoknál, az engedélyezéshez kötött színezőanyagok alkalmazására is.

15.2. A fagylaltok gyártásának technológiája

A keverék készítésénél, a keverékkészítő tankban, intenzív keveréssel és hűtéssel, kombinálható köráramoltatással egynemű keveréket készítenek, amelyet a megfelelő kezelés után keveréktároló, -érlelő tartályokba juttatnak. A keverék kezelése szűrésből, homogénezésből (70 °C, 180–200 bar), pasztórozásból (80 °C, 40 s hőntartással), hűtésből (4–5 °C-ra) és érlelésből (3–8 óra) áll. A fagyasztáskor cél a kisméretű jégkristályok kialakítása (10–50 µm) és a megfelelő térfogatnövekedés elérése. A fagylaltok készítésének folyamata jól nyomon követhető a 15.1. ábrán.

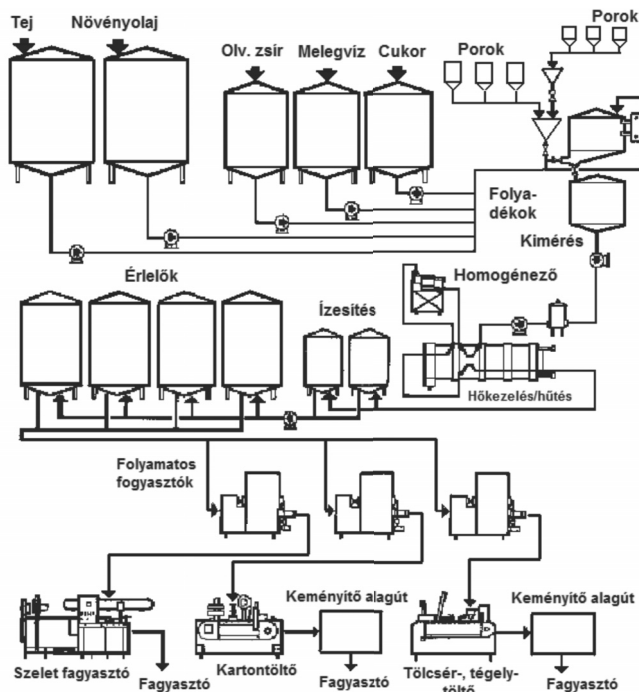
15.2.1. A keverék készítése

A fagylaltkeverék összeállításakor a következő főbb alapelveket kell figyelembe venni:

- A fagylalt minimális zsír- és szárazanyag-tartalmát általában szabványok írják elő. A gyártók az előírtnál rendszerint több zsírt, szárazanyagot és ezen

belül is főleg cukrot adagolnak, hogy a termék a fogyasztói igényeknek jobban megfeleljenek.

– A keverék összetételét és szárazanyag-tartalmát elsősorban a habosítás mértéke szabja meg. Ha ugyanis a nagy szárazanyag-tartalmú keverék térfogatát csak az optimálisnál kisebb mértékben növeljük meg, a termék túl „nehéz” és nem ízletes. Fordított esetben – a kis szárazanyag-tartalmú keverék túlzott habosításakor – a fagylalt túl „könnyű”, élvezeti értéke alatta marad az optimálisnak.



15.1. ábra. A fagylaltgyártás folyamata

A fagylaltkeverék összeállításakor igen lényeges a kétirányú „kiegyensúlyozás”. Ez egyrészt a keverékben a zsír-cukor egyensúlyát, másrészt pedig az összes szárazanyag- és víztartalom megfelelő arányát jelenti. Az előbbi gyakorlatilag arra utal, hogy adott zsírtartalomhoz bizonyos cukormennyiség szükséges, hogy a terméket fogyasztáskor ne érezzük túlzottan zsírosnak. A termék sima állománya, megfelelő szerkezete csak úgy érhető el, ha kialakítjuk a szárazanyag- és víztartalom megkívánt arányát. Ha túl nagy a keverék víztartalma, fagyasztás közben a viszonylag nagyobb jégkristályok képződésének a veszélye áll fenn. Az ilyen termék jeges ízű, fogyasztáskor túl hidegnek tűnik. Ha a szárazanyag-tartalom nagyobb az optimálisnál, könnyen előfordulhat, hogy a termék „homokos” lesz, amit a tejcukor lassú kikristályosodása okoz a tárolás folyamán.

A kisebb fagylaltüzemekben az alapanyag-keveréket fűthető és hűthető, megfelelő keverőszerkezettel ellátott tartályban állítják össze, amelyben egyúttal a hőkezelés is elvégezhető. A folyékony anyagokat közvetlenül, a szilárdakat vízben vagy sovány tejben való előzetes oldás után adják a keverékhez.

A korszerű nagyüzemekben az alapanyag-keverék összeállítása automatikus. A keverék készítéséhez szükséges valamennyi alkotórészt külön tartályokban, silókban tárolják, amelyekből a szilárd állományúakat adagolócsiga, a folyékonyakat mérőóra segítségével juttatják a por-, illetve folyadék-mérő tartályba. Az automatikus bemérés után a keverékkészítő tankban intenzív keveréssel és hűtéssel kombinálható köráramoltatással egynemű keveréket készítenek, amelyet a felváltva üzemelő nyerskeverék-tároló tankokba ürítenek. A keverőrendszerek fontos tartozéka a CIP tisztítórendszer.

A keverék készítésének általános elve, hogy csak azokat az adalékokat adják később a keverékhez, amelyek nem homogénezhetőek, vagy a hőkezeléstől károsodnak. Ezeknek azonban csíramentesnek kell lenniük, nehogy a fagylaltot fertőzzék.

15.2.2. A keverék kezelése

A keverék kezelési művelete: a tisztítás, a homogénezés, a pasztörözés és az érlelés.

A *tisztítás célja*, hogy az alap- és segédanyagokból esetleg a keverékbe került idegen anyagokat (szilárd szennyeződések, csomagolószer-maradványok stb.) eltávolítsák. Fontos, hogy a feloldatlan anyagok eltávolítása a homogénezés előtt történjen meg, mert a szilárd részek károsíthatják a homogénezőgépet. A tisztítást rendszerint a nyerskeverék-tároló tankok után a csővezetékbe épített kettős szűrővel végzik. Ezek felváltva történő használata, illetve tisztítása folyamatos üzemelést tesz lehetővé.

A *homogénezés célja* az alapanyag-keverék stabil zsír a vízben emulziójának kialakítása és annak megakadályozása, hogy a zsír a fagyasztás közben túlzott mértékben demulgeálódjon (kiköpülődjön). E célból a zsírgolyócskákat 2 μm -nél kisebb átlagos átmérőjűre aprítják. A homogénezési nyomás és hőmérséklet jelentősen befolyásolja a fagylalt tulajdonságait, különösen a fagyasztás alatti viselkedését. Ha tejszírt használnak, általában 70 °C hőmérsékleten és 180–200 bar nyomáson, ha növényi zsiradékot, 65 °C körüli hőmérsékleten és 120–140 bar nyomáson homogénezhetsz. A homogénezést többnyire két fokozatban végzik, a második lépcsőben kb. 35 bar a nyomás.

Általános elv, hogy a keverék zsírtartalmának módosításával a homogénezési nyomást is változtatni kell. Alapszabály, hogy 1% zsírtartalom-növelés 7–8 bar nyomáscsökkenést igényel és fordítva. A homogénezési hőmérséklet emelése kisebb keverékviszkozitást hoz létre, és általában csökkenti a zsírgolyók összetapadási hajlamát. Az előzőeket figyelembe véve, az említett hőmérsékleteket és nyomásokat csak tájékoztató értékeknek tekinthetjük. A mindenkori paramétere-

ket a helyszínen kell meghatározni úgy, hogy a keverék helyes homogénezésével az említett kettős feladatot teljesítsük.

A *hőkezelés* célja a fagylalt megfelelő higiéniai állapotának kialakítása. Kisüzemekben gyakran magában a keverékkészítő tankban végzik a hőkezelést, 65 °C hőmérsékleten, 30 perces hőntartással. A keverék pasztörözését általában lemezes hőcserélőben végzik 75–80 °C hőmérsékleten, 15–40 másodperces hőntartással. Újabban az ultrapasztörözést is alkalmazzák. Ezzel – a tejfehérjék vízkötő-képességének javulása folytán – csökkenthető a stabilizálószer mennyisége. További előny, hogy a végtermék általában tisztább ízű lesz, bár a túl magas hevítés főtt ízt is okozhat. A steril alapanyag-keveréket a továbbiakban aszeptikus körülmények között kezelik. A keveréket gyakran konzerv formájában hosszabb ideig tárolják, és a kisebb fagylaltgyártó egységeket (cukrászdákat, vendéglőket) látják el vele.

Érlelés. A keveréket a hőkezelés és hűtés után, a fagyasztás megkezdése előtt 4–5 °C hőmérsékleten, állandó keverés mellett 3–8 óráig hidegen érlelik. A művelet célja a fehérjék duzzasztása és a zsír megdermesztése. A keverék érlelésére zselatin használatakor feltétlenül szükség van. Az újabb kombinált stabilizáló-emulgeáló szerkeverékeket használva az érlelés nem követelmény, de általában kedvező hatású. Rendszerint hűthető, megfelelő keverővel és beépített szórófej-jel rendelkező zárt tankokban érlelnek.

15.2.3. Fagyasztás és habosítás

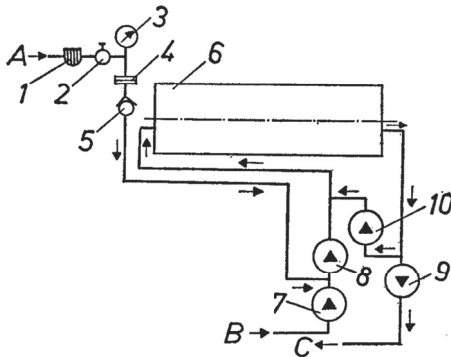
A fagyasztás a fagylaltgyártás legfontosabb technológiai művelete. Célja a víztartalom egy részének jéggé fagyasztásával s a keverék egyidejű habosításával a sűrű, krémszerű állomány és a laza, levegős szerkezet kialakítása. Fagyasztásra folytonos működésű fagyasztógépeket (freezereket) használnak (15.2. ábra).

A fagyasztáskor a gyors lehűtés és az erőteljes keverés következtében nagyszámú mikroszkopikus méretű (10–50 µm-es) jégkristály keletkezik, ezek fagyasztáskor a szájban nem érezhetők. A kisebb jégkristályok kihatnak az íz jobb érzékelésére is. Ilyenkor rendszerint kevesebb ízesítőanyag szükséges ugyanolyan ízhatáshoz, mint amikor nagyobb jégkristályok vannak a fagylaltban. A mindenkori fagyási hőmérséklet a keverék összetételétől, pontosabban az oldott anyagok töménységétől függ.

A fagyasztás alatti levegőbekeverés jelentős térfogat-növekedéssel (overrun) jár, amit százalékban szoktak kifejezni. A leggyakrabban gyártott kemény fagylaltok térfogat-növekedése 90–100%. A kis szárazanyag-tartalmú keverék kisebb, a nagyobb pedig nagyobb térfogat-növekedést tesz lehetővé. A mindenkori térfogat-növekedést – az egyéb befolyásoló tényezők figyelembevételével – általában a fogyasztói igényekhez igazítják.

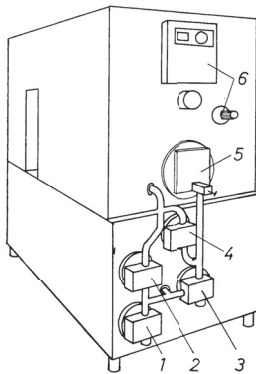
Külföldön újabban a százalékban kifejezett térfogat-növekedés helyett egyre inkább a fajtérfogat fogalmát használják. A 100%-os térfogat-növekedésnek a kb. 2 liter/kg fajtérfogat felel meg. A fagyasztás és az erőteljes keverés hatására a keverékben a zsíremulzió részleges felbomlása, demulgeálódása következik be.

Ez a részleges „kiköpülődés” fontos szerepet játszik a fagylalt laza szerkezetének rögzítésében. Optimális mértékű demulgeálással jól formázható fagylalt készíthető, és a végtermék a felolvadáskor is jól megtartja alakját. A zsíremulzió túlzott mértékű felbomlása természetesen súlyos gyártási hiba.



1. Levegőszűrő
2. Szelep
3. Nyomásmérő
4. Levegőszűrő
5. Ellenőrző szelep
6. Fagyasztóhenger
7. Keverékszivattyú
8. Keverék-levegő szivattyú
9. Kihordószivattyú
10. Visszakeringető szivattyú

- A. Levegőbetáplálás
 B. Fagylaltkeverék bejuttatása
 C. Fagylaltkitáplálás



1. Keverékszivattyú
2. Keverék-levegő szivattyú
3. Kihordószivattyú
4. Visszakeringető szivattyú
5. Fagyasztóhenger
6. Kezelőszervek, automatika

15.2. ábra. A freezer részei, működése

15.2.4. Adagolás és csomagolás

A fagyasztás során a keverék víztartalmának csak egy része fagy meg. Ennek hatására a fagyasztógépből kikerült anyag krémszerűen sűrűn folyó állományú. Ilyenkor a fagylalt könnyen alakítható, formázható, ezért ebben az állapotában végzik a külső forma kialakítását és a csomagolást.

Csomagolóanyagok. A fagylalt csomagolásakor fontos követelmény, hogy egyes adagok lezárása kellően tömör legyen, ugyanakkor jelezni kell a felnyitás helyét, illetve lehetőségét is. A csomagolóanyagnak védelmet kell nyújtania a kiszáradás ellen, amely a hűtve tároláskor veszélyezteti a terméket. További követelmény, hogy a termékkel érintkező felület ne legyen nedvesedő. Természetesen a csomagolásnak meg kell felelnie a higiéniai követelményeknek is.

A fagylaltokat rendszerint egyutas csomagolásban hozzák forgalomba. A nagy egységű (2–10 literes) csomagolások anyaga fémdoboz vagy műanyaggal (ritkábban viasszal) bevont kartondoboz, újabban félig merev műanyag tartály. Ez utóbbihoz nem törekeny, ütésálló, az alacsony hőmérsékletet jól tűró műanyagokat kell felhasználni. A kis egységű fogyasztói csomagolás anyaga általában viasszal vagy műanyaggal bevont papír, esetleg kartondoboz. A kis csomagolású fagylaltok gyűjtőcsomagolására rendszerint kartondobozokat használnak.

Csomagolási változatok. A nagyfogyasztók részére a fagylaltot közvetlenül a fagyasztóról 2–10 literes űrtartalmú dobozokba vagy tartályokba töltik adagológéppel. Ezekből – a fagylalt megfelelő felengedése után – közvetlenül történik a fogyasztói kiadagolás, rendszerint ostyatölcsérekbe vagy üvegpoharakba.

Közvetlenül fogyasztói csomagolásnak tekinthető az 1–2 literes „családi”, az 50–200 grammos tégelyes, a 20–50 grammos ostyatölcséres vagy szeletelt rúd alakú csomagolás, de legelterjedtebb a fa- vagy műanyag pálcikán levő nyelv alakú forma. Ezekben az alaptípusokon belül a fagylaltgyárak igen sok változatban hozzák forgalomba termékeiket. Gyakran egy csomagolásban többféle ízesítésű fagylalt van, amelybe esetenként gyümölcsöntetet vagy darabos gyümölcsöt, újabban csokoládéval bevont karamelltörmelékét is kevernek. A fagylaltadagot gyakran ostyalapok közé helyezik vagy csokoládémázzal vonják be, amelyre újabban pörkölt mogyorót, mandulát szórnak. A nagy fagylaltgyárak speciális készítményei az említettek együttes alkalmazásával gyártott kemény fagylalttorták.

15.2.5. Keményítés

A fagyasztógépből távozó, sűrűn folyó, krémszerű fagylalt víztartalmának még mintegy 30–70%-a folyadék állapotban van, amelyet a keményítés (hardening) során az összes víztartalom kb. 90%-áig jéggé fagyasztanak.

A megfelelően sima állomány, azaz a mikrokristályos szerkezet kialakítása céljából a fagylaltot egész tömegében egy órán belül -18 °C hőmérsékletre kell lehűteni. Ennél lassúbb hűtéskor számolni lehet a nagyobb jégkristályok okozta durva vagy jeges szerkezet kialakulásával. Az egyes adagok egyenletes hűthetősége főleg a fagylalt összetételétől, a hűtés intenzitásától és nem utolsósorban az adagok geometriai méreteitől, tömegétől függ. A fagylaltot csomagolás előtt (pl. szeletelt rúd) vagy a már csomagolt (pl. tégelyes, ostyatölcséres vagy pálcikás) állapotban keményítik az e célra szolgáló, intenzív mélyhűtést nyújtó berendezésben (keményítő alagútban).

15.2.6. Tárolás, szállítás

A kész fagylaltot a gyártóüzemben vagy az elosztóraktárakban olyan körülmények között kell tárolni az elszállításig, illetve az értékesítésig, hogy a termék minősége ezalatt ne változzon. Ebből a szempontból a legfontosabb a -30 °C

hőmérsékletű tárolás. A fagylalt értékesítésének nélkülözhetetlen feltétele a megszakítás nélküli és hatásos hűtlánc. A termék szempontjából igen lényeges, hogy a hőmérséklet a raktározás, az áruelosztás és terítés során csak lassan és kismértékben emelkedhet fokozatosan. Az optimális fogyasztási hőmérsékletre (-8 – -12 °C-ra) a fagylaltnak csak az utcai, a vendéglői vagy a házi fogyasztáskor szabad felmelegednie. A hőmérséklet ingadozása – átmeneti nagyobb hőmérsékletű tárolást követő újbóli lehűtés – rendkívül káros a termékre, mert szerkezetét a jégkristályok növekedése tönkreteszi.

A keményítés után a csomagolt fagylaltot kartondobozos gyűjtőcsomagolásban általában kis szállítókonténerekben szállítják ki az árusítóhelyre. Nagyobb tömegű árut hosszabb távolságra közvetlenül a jármű rakterében szállítanak, amelyet ilyenkor gépi úton vagy szárazjéggel, esetleg folyékony nitrogénnel hűtenek. A hőveszteségek csökkentése végett újabban a mélyhűtő raktártér árukiadó nyílásszerkezetét úgy alakítják ki, hogy hézag nélkül illeszkedjék a szállítójármű rakteréhez. Így a rakodás idején a mélyhűtő és a szállítójármű egy légteret alkot.

15.3. A fagylaltok fontosabb hibái

Szerkezet- és állományhibák

Durva vagy jeges szerkezet. Oka, hogy a jégkristályok nagyméretűek. A hiba a helytelen összetételből származhat, de lehet technológiai eredetű is (lassú, elégtelen fagyasztás, tárolási hőmérséklet-ingadozás).

Havas vagy pehelyszerű szerkezet. A szárazanyaghoz képest túlzott habosításnak a következménye.

Homokos szerkezet. Oka a tejcukor kikristályosodása.

Vajszerű szerkezet. A hibát a nem megfelelő homogénezés, a kevés emulgeálószer vagy a lassú hűtés idézheti elő.

Nehéz és vizenyős állomány. A kis szárazanyag-tartalom, a kevés stabilizálószer vagy a nem megfelelő fagyasztás okozza.

Gumiszerű, nyúlós állomány. A stabilizálószer túladagolásának következménye.

Morzsálódó állomány. A kis cukor- és szárazanyag-tartalom, a túl kevés stabilizálószer, továbbá a túlzott mértékű térfogat-növekedés következménye.

Száraz állomány. A túlzott mennyiségű emulgeálószer vagy a nagy homogénezési nyomás következménye.

Ízhibák

A fagylalt leggyakoribb hibája, ha a fogyasztók igényétől eltérően *nem elég édes vagy túl édes*. Előfordul, hogy egyes alkotórészek okozzák az ízhibát. A leggyakoribb tejtermék okozta ízhibák a *főtt íz, savanyú íz, takarmányíz, esetleg lipázos vagy avas íz*. Ízhibának tekinthető ezenkívül a különböző ízesítőanyagok alul- vagy túladagolása is.

Küllemi hibák

A leggyakoribb küllemi hiba a *termék zsugorodása* a tárolás során. A hibát az okozza, hogy levegő vagy víz távozik el a fagylaltból. Rendszerint a túlméretezett levegőtartalom, valamint a hűtőtárolás közbeni hőmérséklet-ingadozás következménye.

A tejipari melléktermékek hasznosítása

A különböző tejtermékek gyártásakor melléktermékek is keletkeznek. Ezek feldolgozása és hasznosítása nemcsak azért jelentős, mert mind az emberi táplálkozás, mind az állati takarmányozás szempontjából fontos és értékes táplálóanyagokat tartalmaznak, hanem azért is, mert a felhasználatlan melléktermékek veszteséget jelentenek, és emellett növelik a szennyvíz mennyiségét, továbbá számottevően rontják annak tisztíthatóságát. A tejiparban keletkező legfontosabb melléktermékek a következők:

- sovány tej,
- író,
- savó.

16.1. A sovány tej feldolgozása és hasznosítása

A sovány tej (földrött tej) három fő területen hasznosítható: az emberi táplálkozásban, az állati takarmányozásban és az iparban kazeingyártásra.

Sovány tejet használnak fel az ízesített tejtermékek (kakaós tej, tejeskávé), savanyú tejtermékek, továbbá étkezési túró gyártására, de egyes sajtféleségek is készíthetők sovány tejből (pogácsasajt), a sovány tej feldolgozásának és hasznosításának azonban legfontosabb módja a tejporgyártás. Ugyanakkor a világ élelmiszeripara mind nagyobb mértékben használja fel a különböző *tejfehérje-koncentrátumokat*, amelyek az élelmiszerekben adalékként alkalmazva a termékek bizonyos minőségi tulajdonságait javítják, befolyásolják, illetve megakadályozzák bizonyos minőségi tényezők romlását.

A *tejfehérje-koncentrátumok* az előállítás módszere, a bennük lévő fehérjék állapota alapján három csoportba sorolhatók:

- kazeinátok,
- koprecipitátumok,
- natív tejfehérje-koncentrátumok.

A *nátrium-kazeinát* felhasználása az élelmiszer- és tápszeriparban az utóbbi években jelentős mértékben megnőtt. Értékes fehérjetartalma mellett igen jó zsíremulzió-stabilizáló és vízmegkötő anyag. Mind nagyobb mennyiségben használja fel a húsipar adalékanyagként a kolbász- és egyéb töltelékárukhoz, fehérjedúsító anyagként alkalmazzák különböző diétás élelmiszerekben.

A *tejfehérje-koprecipitátumok* a különböző kazeinátoktól eltérően a savófehérjék nagy részét is tartalmazzák. A kazeinátokkal szemben több előnyük is van, mert a tejfehérjék hasznosítása teljes mértékű, funkcionális tulajdonságaik jobbak, mint a kazeinátoké.

A natív tejfehérje-koncentrátumok gyártása az ultraszűrés tejpári alkalmazásával vált lehetővé. Az ultraszűréssel ugyanis kémiai és érdemi hőbehatás nélkül lehet a tejfehérjéket eredeti állapotukban koncentrálni. Legnagyobb mennyiségben a hús-, a tészta- és konzerviparban, a diétás termékek és tápszerek gyártásában használják fel őket.

A sovány tej hasznosításának egyik régóta alkalmazott módja a *kazeingyártás*. Az ipari kazeint széles körben alkalmazzák a vegyiparban ragasztók, kíttek, hidegenyv, csávázó-pácoló szerek gyártására, a szappan- és papíriparban pedig töltőanyagként.

Az *ipari kazeinek* két fő csoportját különböztetjük meg a fehérjekicsapás módjától függően: a *savas* és az *oltós* kazeint. A kazein gyártása a nyers kazein (ipari túró, kazeintúró) készítéséből, a kazein szárításából és őrléséből áll.

16.2. Az író feldolgozása és hasznosítása

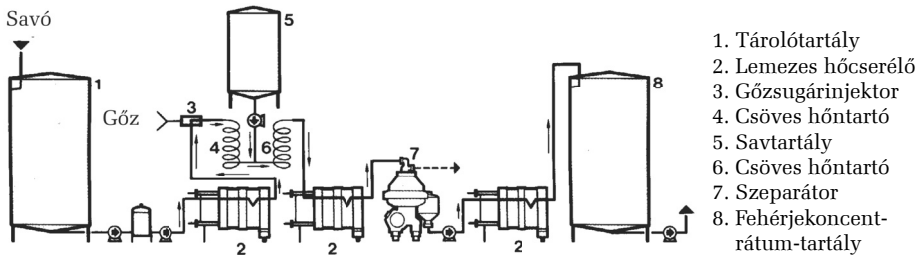
Az író, amely a vajgyártás mellékterméke, élelmiszerként és takarmányozási célra hasznosítható. Eredeti formájában pasztörözve, hűtve különböző csomagolásokban értékesítik. Felhasználható továbbá a sajt- és túrókészítéshez, de külföldön a különböző íróalapú üdítőitalok gyártásánál is komoly szerepe van. Takarmányként elsősorban a sertések számára hasznosítható. Porított alakban a takarmánytápokban 20–30%-ban helyettesíti a sovány tejpórt. Az íróporgyártás elvében megegyezik a tejpóréval.

16.3. A savó feldolgozása és hasznosítása

A túró- és sajtgyártás melléktermékeként jelentős, a feldolgozott tej 70–90%-ának megfelelő mennyiségű savó keletkezik. A savó feldolgozására – különösen az utóbbi évtizedekben – számos módszert dolgoztak ki. Ezek közül a legfontosabbak: savósajtok (orda, ricotta), savóitalok és savókészítmények gyártása, savópórfélék, valamint savófehérje-koncentrátumok gyártása.

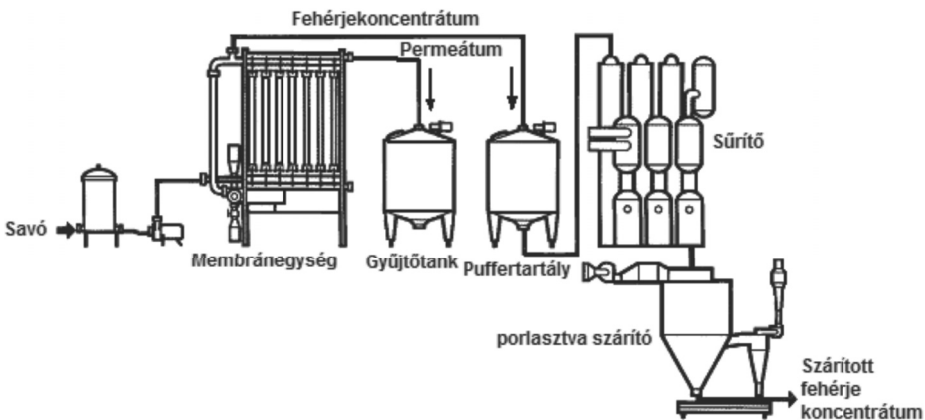
A *savópor* különféle takarmányok, élelmiszerek, tápszerek és gyógyszerek ma már nélkülözhetetlen alap- és segédanyaga. Kiterjedten alkalmazza az élelmiszeripar több ága (a tej-, a sütő- és édesipar) termékeinek gyártásához a minőség és a funkcionális tulajdonságok javítására. A gyógyszeripar a savópórt a penicillin gyártásához mint segédanyagot (táptalajt) használja fel nagy mennyiségben. A savóféleségtől függően *édes* és *savanyú savópórt* különböztetünk meg.

A savófehérje-koncentrátumok nagy fehérjetartalmú és meghatározott funkcionális tulajdonságokkal rendelkező, általában tartósított termékek, amelyek a savóból a fehérjék teljes vagy részleges elkülönítésével és vízelvonással készülnek. Nagy biológiai értékű savófehérje-tartalmuk révén felhasználhatók az élelmiszerek fehérje-komplettálására.



16.1. ábra. Denaturált savófehérje gyártóvonal

Felhasználják ezenkívül tápszerek és dietetikus termékek gyártásánál is. A savó hasznosításának más módszerei is ismertek. Felhasználható a savó savólesztő gyártására is takarmányozási célra, továbbá – mivel szárazanyag-tartalmának túlnyomó részét (64–74%-át) a tejcukor alkotja – tejcukorgyártásra. A tejcukor speciális tulajdonságai folytán mind a gyógyszeriparnak, mind a tápszerezésnek értékes alapanyagául szolgál. (A 16.1. ábra a denaturált savófehérje gyártóvonalat, a 16.2. ábra pedig a szárított savófehérje-koncentrátum előállításának menetét mutatja be.)



16.2. ábra. Szárított savófehérje-koncentrátum előállítása

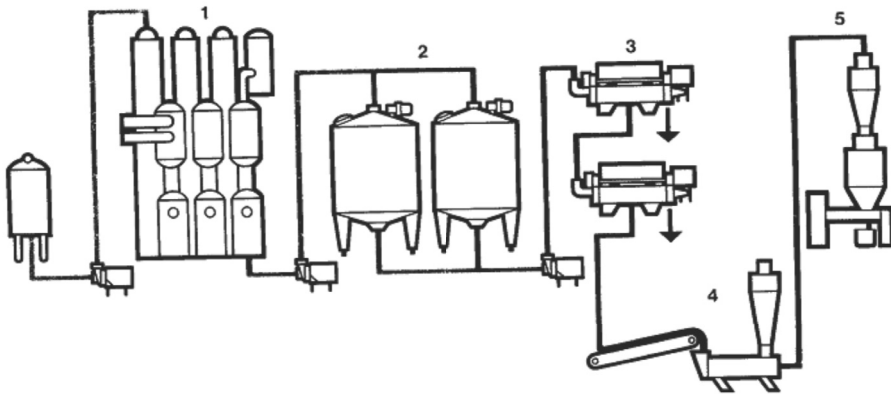
16.4. Kazeingyártás ipari célra

A kazein gyártása a kazeintúró készítéséből, a kazein szárításából és őrléséből áll. Az ipari túró gyártásának alapanyaga az élesen fölözött, legfeljebb 8–9 savfokú nyers sovány tej. A savas kazeintúró kicsapása elvégezhető tejsavval vagy egyéb ásványi savval, pl. kénsavval. A 38–40 °C sovány tejhez állandó keverés mellett addig adagolnak kénsavat, amíg keverés közben a savó tiszta, áttetsző nem lesz. A kazein kicsapataása után a savót le kell szívatni az alvadékról, majd a kazeintúrót a sav, a tejcukor és a sók eltávolítása céljából háromszor egymás után vízzel kell mosni. A mosóvíz eltávolítása után a túróát préselik. Az oltós kazeintúró gyártásakor a kazeint a tejből az oltó hatására csapattjuk ki. A tej beoltási hőmérséklete 32–35 °C, alvadási ideje 25–40 perc. Az alvadékat gyorsan 2–5 mm-es rögökre kell aprítani, majd két ütemben először 50 °C-os hőmérsékletig lassabban, majd 65 °C-ig gyorsan fel kell melegíteni, állandó keverés mellett. Amikor a megfelelő alvadékszilárdság bekövetkezett, a savót le kell szívatni, és a túróát háromszor mosni kell. A túróát préselése a savas kazeintúróéval azonos módon történik. A kazeintúróból a préselés után szárítással és őrléssel állítják elő az ipari kazeint.

16.5. Tejcukorgyártás

A nyers tejcukor gyártásának alapanyaga a friss, oltós savó. A tejcukorgyártás első művelete a savóból a fehérjék kicsapása. A savót először sósavval 4,7 pH-értékre savanyttják, majd közvetlen gőzbevezetéssel 95 °C hőmérsékletre melegítik, és kb. 30 percig állni hagyják. Ezután a forró savót mézstejjel 6,5 pH-értékig visszatompítják, és további 30 percig állni hagyják. Az így fehérjementesített savót vákuumbepárlóban 55–65% szárazanyag-tartalomig besűrítik. A sűrítmenyből a tejcukrot ki kell kristályosítani. A kristályosítás 24 óráig tart, és eközben 2–3 óránként az anyagot lassú fordulatszámú keverővel megkeverik. A kristályképződés elősegítésére a 30 °C-ra lehűlt sűrítmenyhez kristályos tejcukrot adnak. A kristályosítás végén a tejcukor a hűthető kristályosító tank alján kásaszerű tömeget alkot, amelyet hideg vízzel felhígítva cukorcentrifugában kicentrifugálnak.

A szárítást 70–80 °C-os hőmérsékleten végzik, majd a nyers tejcukrot lisztfinomságúra őrlik. A tejcukor finomításakor a nyers tejcukrot fűthető oldótartályban desztillált vízben 25–30% szárazanyag-tartalomra feloldják, majd az oldathoz csontszenet vagy aktív szenet és kovaföldet adnak. A keveréket 96–98 °C hőmérsékletre felfőzik és szűrőprésbe nyomják. A tiszta szűrletet besűrítik, majd kristályosítják, centrifugálják, és vákuumos szárítószekrényben 55–60 °C-os hőmérsékleten szárítják és őrlik (16.3. ábra).



1. Sűrítő 2. Kristályosító tartály 3. Dekanter centrifuga 4. Fluid ágyas szárító 5. Csomagolás

16.3. ábra. A tejcukor gyártásának folyamata

Tisztítás és csírátlanítás a tejipari üzemekben

A tisztításnak és fertőtlenítésnek különösen nagy jelentősége van a tejüzemekben, hiszen a tej nagy víztartalmú, ideális tápanyagforrás a mikroorganizmusok számára, és a legtöbb gondot a mikrobiológiai eredetű romlások okozzák. Amennyiben egy termékben a mikrobák szaporodása megindul, a termék eltarthatósága, minősége csökken, esetleg fogyaszthatatlanná válik még a szavatossági idő lejárta előtt. Egyik sarokpont ebből a szempontból a nyers tej mikrobiológiai minősége, másik az utófertőződések elkerülése, harmadik a megfelelő tisztogatási fertőtlenítési technológia. A tisztítás és fertőtlenítés kézi és gépi megoldásokkal történik jellemzően vízben oldott szerekkel, legújabban terjed a habok használata.

Tisztításnak nevezzük a szennyeződések eltávolítását minden felületről, amely vagy közvetlenül, vagy közvetve a tejjel, illetve a munkát végző személyvel érintkezik.

Fertőtlenítés (csírátlanítás) a kórokozó baktériumok teljes, az egyéb baktériumok minél tökéletesebb eltávolítása (elpusztítása) a felületekről.

Meg kell említeni, hogy a *levegő* tisztasága, a *csomagolóanyagok, adalékanyagok* mikrobiológiai állapota és a *személyi higiéné stb.* ugyanolyan fontos a biztonságos élelmiszer gyártása szempontjából, mint maga a konkrét tisztítási-fertőtlenítési tevékenység.

17.1. A tejipari tisztítás jellemzői

Tisztítószer: egy (mosó) vagy két (mosó-fertőtlenítő) komponensű szerek. Céljuk a felületen található szennyeződések leoldása (*a szerves szennyeződések [fehérje, zsír, tejcukor] lúgos, a tejkövet savas kémhatású tisztítószerrel tisztítjuk*).

A tisztítószerekkel szemben támasztott követelmények:

- jó nedvesítő képesség,
- jó szennyvivő képesség,
- jó zsíroldó képesség,
- vízlágyító hatás.

Az alkalmazott hőmérséklet függ a:

- tisztogatás módjától: kézi 40 °C vagy gépi 60–80 °C;
- tisztítószertől, pl. divomil, UNIPON TF-klór 60 °C, NaOH 80 °C.

Víz: ivóvíz minőségű, lehetőleg lágy víz legyen.

Áramlási sebesség: a körcirkuláltatásos tisztogatásoknál a víz áramlása döntő szerepet játszik a szennyeződések leoldásában, ezért fontos, hogy az áramlási sebesség a csővezetékben mindenütt elegendően nagy legyen. Ehhez különösen nagy teljesítményű sav- és lúgálló szivattyúkra lehet szükség.

17.2. A tejipari fertőtlenítés jellemzői

Fertőtlenítőszer, eszközök:

- aktív klórt tartalmazók: pl. UNIPON TF-klór, Divomil, Hypo, klórmész,
- aktív oxigént tartalmazók: pl. H_2O_2 ,
- levegőfertőtlenítők: pl. formaldehid, UV-lámpa, SO_2 ,
- magas hőmérséklet alkalmazása.

A fertőtlenítőszerrel szemben támasztott követelmények:

- kisebb töménységben emberre ne legyen mérgező,
- a mikroorganizmusokat jól pusztítja,
- a felületről könnyen eltávolítható, kiöblíthető legyen.

A tejiparban használt néhány tisztító-fertőtlenítőszer fontosabb adatai a 17.1. táblázatban látható.

17.1. táblázat. Néhány, a tejiparban használatos tisztító-fertőtlenítőszer

Megnevezés	Optimális koncentráció, %	Optimális hőmérséklet, °C	Felhasználási terület
NaOH	0,1–3	70–80	berendezések (pasztőr), csövek tisztítása
UNIPON TF-klór	0,5–3	30–60	techn. vonalak, felületek gépi tisztítása, fertőtlenítése
Divomil	0,5–2	30–60	techn. vonalak, felületek gépi tisztítása, fertőtlenítése
Klórmész	0,1–2		helyiségek fertőtlenítése
Szóda	1–2	20–50	beton, aszfalt
Salétromsav	0,3–3,0	50–90	a tejkó leoldása a felületről
Nitrogenol	0,1–0,3	20–90	kéz, szerkezeti anyagok fertőtlenítése
H_2O_2	0,2–30	40	aszéptikus csomagológépek, ultraszűrők fertőtlenítése
Formaldehid	20–30		levegő fertőtlenítése

17.3. A tejipari tisztítás, fertőtlenítés technológiája

A tisztítás, fertőtlenítés a tejiparban a zárt technológiák terjedése miatt ma már jellemzően zártan, köráramoltatással történik, ám vannak olyan alkatrészek, beren-

dezők, amelyeket kizárólag kézzel lehet megtisztítani, és elsősorban a göngyölegképző eszközök (pl. ládák) tisztítására speciális mosógépeket is alkalmaznak.

1. Kézi tisztítás: olyan berendezéseket tisztítanak kézzel, ahol nagymértékű a szennyeződés lerakódása, vagy nem oldható meg a gépi tisztogatás.

Előnye: makacsabb szennyeződések is eltávolíthatók,

Hátránya: alacsonyabb hőfok és koncentráció miatt a fertőtlenítés hatékonysága kisebb lehet.

2. Gépi tisztítás klasszikus fázisai:

- előöblítés (tej eltávolítása),
- lúgos mosás (szerves szennyeződések eltávolítása),
- utóöblítés (mosószer eltávolítása),
- savas mosás (tejkő eltávolítása, általában nem minden alkalommal végzik),
- utóöblítés (sav eltávolítása),
- fertőtlenítés (lehet a lúgos mosással együtt is végezni),
- utóöblítés (a fertőtlenítőszer eltávolítása).

A tejtermékmарadványok eltávolítása: a szállítási és gyártási műveletek befejezése után a tankokból, tartályokból és tejfeldolgozó vonalakból a tej és a tejtermékek maradványait minél alaposabban el kell távolítani. A tejmaradványok eltávolításának célja a veszteségek csökkentése, tisztítószer megtakarítása, a szennyvízterhelés csökkentése.

Előöblítés: az előöblítést általában kevés vízzel végezzük, hogy ne növekedjen a vízfogyasztás és a szennyvíz mennyisége. Az előöblítés célja a szennyeződések fellazítása és eltávolítása.

Vegyszeres tisztítás: a vegyszeres tisztítást hatóságilag engedélyezett tisztítószerekkel végzik az azokra előírt töménységű és hőmérsékletű vizes oldatokkal. Kézi tisztításkor az oldatok hőmérséklete 40–45 °C, gépi tisztításnál általában 60–80 °C. A tisztítás ideje a szennyezés fajtájától, az oldatok lúgosságától, illetve savasságától, a hőmérséklettől és az alkalmazott mechanikai hatásoktól függ. Az előírt savasságot, illetve lúgosságot a tisztítás során fenn kell tartani, így ezt üzem közben állandóan ellenőrizni kell.

Utóöblítés: az utóöblítés a szennyel terhelt tisztítóoldatoknak a felületről való eltávolítására szolgál. Az utóöblítést meleg vízzel végezzük. Az utóöblítéshez anynyi vizet kell használni, hogy a felületek lúg-, illetve savmentessé váljanak.

Csírátlanítás: a csírátlanítást hő vagy vegyszer alkalmazásával végezzük. A nedves meleg hatása nagyobb, mint a száraz hőé, és ez a gyakorlatban is könnyebben alkalmazható. A hő alkalmazásának előnye, hogy utána nem szükséges vízzel öblíteni, mivel nincsenek fertőtlenítőszer-maradványok, amelyeket el kellene távolítani, így kisebb az újrafertőzés valószínűsége. A fertőtlenítőszer-oldatokkal csírátlanítják azokat a felületeket, amelyeket egyáltalán nem, vagy csak nehezen lehet 90 °C-ra felhevíteni, továbbá a műanyagból készült berendezéseket, felületeket, alkatrészeket. A fertőtlenítőszer maradványait vizes végöblítéssel el kell távolítani.

Tisztítás-fertőtlenítés egy munkafázisban: a tisztítást és a fertőtlenítést egy munkafázisban általában klórtartalmú kombinált tisztító-fertőtlenítőszerrel oldattal végzik. Mivel az ilyen készítmények többsége gyorsan aktiválható klórt tartalmaz, nem ajánlatos 50 °C feletti hőmérsékletű oldatokban alkalmazni őket, nehogy a klór idő előtt inaktiválódjon.

Szárítás: gőzzel végzett csíráatlanítás vagy vizes végöblítés után a víz korróziós hatásának megszüntetése és az utófertőzés csökkentése végett a tisztított felületeket le kell szárítani. A szárítás történhet forró levegővel, a víz lecsurgatásával és elpárologtatásával. A korrózióálló acélból készült zárt technológiai vonalakat a csíráatlanítás és öblítés után általában nem szárítják.

A csővezetékekkel összekötött rendszereknél, vonalagnál gépi mosást, általában köráramoltatásos cirkulációt (C.I.P.) alkalmaznak, amelynek egyik jellemzője, hogy a mosószeres oldatot nem az aknába, hanem vissza a mosóközpontba vezetik és a megfelelő ideig cirkuláltatják, így csökkenthető a vegyszerfelhasználás. Korszerűbb rendszereknél pneumatikus szelepekkel, számítógépes programok segítségével, irányításával végzik a mosási fázisokat (pl. ultrapasztór). Így vegyszertakarékosabb, olcsóbb és a szennyvizet kevésbé terhelő tisztogatás valósulhat meg.

A tejipari üzemek vízellátása

18.1. A tejfeldolgozó üzemek vízigénye

A tejiparban elsőrendű követelmény, hogy bőséges mennyiségben megfelelő minőségű víz álljon rendelkezésre. A felhasználás célja szerint technológiai vizet és ipari vizet különböztetünk meg.

A *technológiai víz* fogalmába minden olyan használati víz tartozik, amely a tej kezelése vagy feldolgozása, a tejtermékek gyártása során a tejjel vagy a tejtermékkel érintkezik, illetőleg a tejtermék belekerül.

Tejipari szempontból *ipari víznek* tekintjük mindazt a használati vizet, amely felhasználása során nem érintkezhet tejjel vagy tejtermékkel.

A kétféle víz minősége iránt fizikai jellemzők, kémiai összetétel és bakteriológiai tisztaság szerint más-más követelményeket támasztunk. Egyes technológiai vagy egyéb célokra használt vízre még további követelmények is érvényesek, így pl. a vajmosó vízre vagy a kazántápvízre.

18.2. Ipari víz

Tejipari szempontból ipari víznek tekintjük a hűtővizet, a kazántápvizet, a szociális és egyéb célokra (pl. külső takarításra) használt vizet.

A *hűtővíz* egyrészt a technológiai berendezésekhez (bordás és lemezes hűtők, kultúrafőzők, tejszínérlelők stb.), másrészt a kompresszorok és kondenzátorok hűtéséhez szükséges. A hűtővizek iránti legfontosabb követelmény a víz hőmérséklete. Minél hidegebb a hűtővíz hőmérséklete, annál kevesebb hűtőkalória szükséges a további gépi hűtéshez. A kompresszorok és a kondenzátorok hűtővize lehetőleg 15 °C-nál hidegebb legyen, magasabb kondenzációs hőmérsékleten ugyanis rohamosan csökken a hűtőtéljesítmény.

A *kazántápvízzel* szemben – a kazántípustól függően – számos követelményt támasztunk. Ezek közül a legfontosabb a *tápvíz keménysége*.

A *szociális és egyéb célra használt vizet* a gyakorlatban az üzemi vízhálózattól vesszük, amely az ivóvíz iránti követelményeknek felel meg. Tekintve, hogy a szociális vízszükséglet jelentős része a mosdók és a fürdők ellátását szolgálja, megfelelő hőmérsékletű és mennyiségű meleg vízről kell gondoskodni. Szociális vízszükségletre fejenként és naponta általában 60–100 literrel számolunk, ennek

kb. 20–25%-a ivóvíz és konyhai szükséglet, 75–80%-a tisztálkodásra és az egészségügyi berendezések ellátására szolgál.

18.3. Technológiai víz

A technológiai víznek meg kell felelnie a jó ivóvíz iránt támasztott valamennyi szabványos követelménynek, bizonyos esetekben ezenfelül még további speciális előírásokat is ki kell elégítenie. A vajmosó vízre például a vas- és a mangántartalom tekintetében szigorúbbak a követelmények, mint általában az ivóvízre. A különböző célokra használt technológiai víz iránt a következő speciális igényeket támasztjuk:

- A vajmosó víz és a vaj víztartalmának beállítására szolgáló víz az általános követelményeken túlmenően lehetőleg baktériummentes legyen, de semmi esetre sem lehet coli-, fluorescens-, élesztő- vagy penész tartalmú, vagy általában olyan baktériumokat nem tartalmazhat, amelyek vajhibát okozhatnak.

- Kémiai szempontból fontos, hogy vas- és mangántartalma ne legyen a megengedettnél több, mivel ezek a vajzsír faggyúsodását vagy hidrolízisét idézik elő.

- A víz keménysége lehetőleg 12 német keménységi fok alatt legyen, pH-értéke ne haladja meg a 7,0 értéket, mert ha nagyobb, megnövelheti a vaj pH-ját. Ha a víz lúgos kémhatású, sósavval kell a pH-értéket 7,0-re beállítani.

- Vajmosó víz céljára általában hidegebb víz szükséges, mint amilyen a hálózati víz hőmérséklete, ezért megfelelő hőmérsékletre le kell hűteni.

- A sajt és a túró mosásához, illetve hűtéséhez használt víz szintén csak kis vas- és mangántartalmú lehet, mert a termék szürke vagy fekete színeződését okozhatja.

- A tisztításhoz (az előöblítéshez, a mosószer feloldásához, a fertőtlenítőszer hígításához és az utóöblítéshez) nagy mennyiségű és ivóvíz minőségű víz szükséges.

18.4. Az üzemek vízszükségletének kielégítése

A tejüzemek vízszükséglete a helyi adottságoktól (víznyerési lehetőségektől) és költségektől függően háromféle módon elégíthető ki: saját vízműből, illetve kútból, városi vízhálózatból, részben saját vízműből, részben a városi vízhálózatból.

18.4.1. Víznyerés saját kútból

A tejüzemek üzemeltetési kiadásaiiban mind jelentősebb tételt képvisel a víz költsége. Egyrészt a közműhálózatból vásárolt víz beszerzése egyre költségesebb, másrészt általában a vízvételnek a feltétele a városi vízmű és vízhálózat létesítési költségeihez való hozzájárulás, ezért a tejüzemek vízellátásának megoldására,

amennyiben a feltételek (megfelelő mennyiségű és minőségű víznyerési lehetőségei) fennállnak, a leggazdaságosabb saját vízmű létesítése.

A *vízszolgáltató* berendezés biztosítja a kútból a víz nyerését, állandó nyomását és az ellátás automatikus működését. A vízszolgáltató berendezés fő részei: a szívócső, a szivattyúk, a nyomólégüst (hidrofor), a légkompresszor, a nyomáskapcsoló és a szerelvények. A hidrofor teszi lehetővé, hogy állandó mennyiségű és nyomású víz álljon rendelkezésre. A tejüzemekben az állandó víznyomás fenntartására közműhálózati víz használata esetén is alkalmaznak hidroforokat. Nagyobb vízszükséglet esetén a víz tárolására és a nyomás fenntartására víztornyot is lehet építeni. A vízszolgáltató berendezés szívó- és nyomócsőhálózatát úgy kell méretezni, hogy a csapolóberendezések (vízfelhasználás) várható legnagyobb egyidejű használata mellett is rendelkezésre álljon a szükséges vízmennyiség.

18.4.2. Vízvétel a városi hálózatról

Ha saját kutakból a vízszükséglet nem elégíthető ki, vagy ahol ez igen költséges, a városi vízhálózatról fedezik a tejüzemek vízszükségletét. A városi hálózatról nyert víz ivóvíz minőségű, és rendszerint csak a különleges igények kielégítésére (pl. vízlágyítás kazántápvízhez, vas- és mangántalanítás a vajmosó vízhez) kell külön kezelésnek alávetni.

Vegyes vízellátás

A gyakorlatban sokszor előfordul, hogy az üzem vízszükségletét részben a közműhálózatról, részben a saját vízműből fedezik. A gyakorlatban leginkább akkor folyamodnak az üzemek közüzemi vízellátáshoz, ha a saját kutak vize – minősége miatt – csak korlátozott célokra (pl. tűzoltási, locsolási, külső takarítási célokra) használható, ha a saját kutak vize – hőmérséklete miatt – hűtővíz céljára kevésbé alkalmas.

A víz kezelése

A közműhálózatról vagy a saját kutakból nyert víz minősége nem elégíti ki minden esetben az ivóvíz vagy a technológiai, illetve ipari víz iránti követelményeket, ezért a felhasználási céltól függően a vizet kezelni kell.

18.4.3. Korszerű üzemi vízgazdálkodás

A gazdasági-műszaki fejlődés a vízszükséglet növekedésével jár a népgazdaság minden területén. A növekvő vízigények kielégítése mind nagyobb és költségesebb vízvételi berendezéseket igényel, emellett a vízszerezés lehetőségei sem korlátlanok. A növekvő vízigények egyben a szennyvíz mennyiségét is növelik, ami környezetvédelmi szempontból nem kevésbé költséges berendezéseket és tényleges költségeket (pl. csatornadíj) igényel.

A vízbeszerzési nehézségek és a növekvő vízköltségek elengedhetetlenné teszik a vízzel való takarékos gazdálkodást. A tejipar a víz mennyisége szempont-

jából az igényesebb iparágak közé tartozik, ezért nagy hangsúlyt kell fektetni a korszerű vízgazdálkodásra. A hazai tejüzemek vízszükséglete – az üzem profiljától függően – különböző, és jelenleg általában a napi tejbeérkezés 4–6-szorosát teszi ki. Ezen belül a szűkebb értelemben vett technológiai vízből a tejbeérkezés 3–4-szerese szükséges. A korszerű vízgazdálkodás célja kettős:

- a víz mennyiségének csökkentése,
- költséges ivó- és kezelt víz ésszerű, illetve gazdaságos felhasználása.

A vízszükséglet csökkentésének közvetett lehetőségeit is figyelembe kell venni, így pl. a meleg vízzel vagy a gőzzel való takarékoságot, ez egyben az üzem teljes vízigényét is csökkenti.

Szennyvíz- és hulladékgazdálkodás a tejiparban

19.1. A víz- és szennyvízgazdálkodás jelentősége

A tejiparban a szennyvizek fő terhelését a tejfeldolgozás során keletkező anyagveszteségek okozzák, így értékes tápanyagok – fehérjék, zsírok – mennek veszendőbe. Ezért a szennyvízzel való szennyeződés (kontamináció) csökkentése első sorban gazdálkodási és takarékosági érdek, a környezet és a vizek tisztaságának a védelme mellett.

19.1.1. A szennyvizek csoportosítása

Technológiai szennyvizek: terhelésüket a hasznosítási lehetőség híján elengedett savó, továbbá az előblítók vizek, a vaj-, túró- és kazeintúró-mosó vizek, a feldolgozás során (öblítés és csurgatások, csöpögések, elfolyások következtében is) keletkező anyagveszteségek okozzák. Savanyú kémhatásúak.

Elhasznált tisztító- és fertőtlenítőszer-oldatokkal terhelt szennyvizek: a vegyszermaradványokon és minimális korróziótermékeken kívül leoldott tejtermékmaradványokat, valamint más szennyezést is tartalmaznak.

Hűtővizek: hűtőgépek, lemezes hűtők, kondenzátorok stb. elhasznált vizei. Szerves szennyeződést nem tartalmaznak.

Szociális (házi) szennyvizek: mosdókból, tusolókból, WC-kből, üzemi konyhákból származnak. A szociális szennyvizek mennyisége és terhelése csekély. Ezeket – ahogy a hűtővizeket és a csapadékot – a technológiai szennyvizektől elkülönítve, külön csatornában kell elvezetni.

19.1.2. A technológiai vizek csökkentésének módszerei

Cél, hogy a technológiai vízfelhasználás átlagos értéke alacsony legyen, 21/l tej, Magyarországon több üzemben ezt már el is érték. Az erre irányuló módszerek igen sokfélék lehetnek: a technikai és a technológiai színvonal növelése, a vizek recirkuláltatása és ismételt felhasználása, a kevésbé vízigényes eljárások – nagynyomású gépi tisztítás, önelzáró szelepek alkalmazása a víztömlőkön, az egyfázisú tisztítás-fertőtlenítés stb. – kiterjesztése, a technológiai fegyelem szí-

gorítása stb. A szennyvíz mennyisége – amely elsődlegesen a vízfelhasználástól függ – a szennyvízkezelés szempontjából kisebb jelentőségű, mint a terhelése.

19.1.3. A szennyvízterhelés csökkentése

A szennyvíz-kontamináció a víz szárazanyagán és a tisztítószer-maradványokon kívül, amelyek a KOI-t és a zsírextraktot alig befolyásolják, szinte kizárólag tejtermékmaradványokból és alkotórészekből állnak. Ezek általában a következő forrásokból erednek:

- 40–50% a savóveszteségből,
- 20–30% a technológiai berendezések nagy tejterméktartalmú, egyébként nem szennyezett, elengedett előblító vizeiből,
- 15–25% néhány üzem műszaki, technológiai munkájának közepes színvonalából adódó tejtermék-veszteségekből, elfolyásokból.

A végső cél olyan normalizált szennyvíz elérése, amely a közcsatornába való bocsátáshoz még megengedhető terhelésű. Így ezeket külön tisztítás nélkül lehet – a közcsatornán keresztül – a megfelelően méretezett kommunális tisztítótkba engedni, vagy külön megállapodás és előírások alapján mezőgazdaságilag hasznosítani, ami a termés hozam növekedése következtében még gazdaságos is lehet. A kis terhelésű szennyvíz közcsatornába való bocsátása világszerte tapasztalható irányzat.

19.2. Hulladékgazdálkodás

Az elkerülhetetlenül keletkező hulladékok kezelése igen fontos feladat a feldolgozóüzemekben. Állandó keletkezésük, esetenkénti nagy mennyiségük és néha veszélyességük is indokolja, hogy külön foglalkozunk e témakörrel. Végső soron hulladéknak tekinthetünk minden olyan anyagot, amely az üzem tevékenysége során feleslegessé, elhasználttá vált, és amelytől valamilyen módon meg kell szabadulni. Hulladék keletkezhet:

- a termékből,
- gyártás során egyes műveleteknél (dobiszap) és a csomagolóeszközökből,
- a gyártáshoz szükséges üzemi tevékenységből (pl. laborvizsgálatok),
- a termeléshez kapcsolt tevékenységekből (pl. energia-előállítás, szállítás, adminisztráció).

Az üzemek létesítésével kapcsolatos előírások és a környezet védelméről szóló törvény szigorúan behatárolják a keletkező hulladékokkal, azok gyűjtésével, tárolásával, elszállításával kapcsolatos teendőket. Néhány jellegzetes, gondot okozó hulladékkal kapcsolatos feladatról szólunk a következőkben.

A feleslegessé vált termékek

Általában ez a csoport kezelhető a legjobban, hiszen pl. a nem megfelelő minőségű termék sok esetben más termékké feldolgozható (lásd ömlesztett sajt),

vagy legrosszabb esetben takarmányként értékesíthető, amennyiben patogén csírákat nem tartalmaz.

A gyártás során keletkező hulladékok

A dobiszap a tej fölözése és tisztító centrifugálása során keletkezik. Elkülönített gyűjtéséről és megsemmisítéséről gondoskodni kell, hiszen rengeteg mikroorganizmust, szennyeződést tartalmaz. Semmi esetre sem megfelelő eljárás a szemétyűjtő konténerbe üríteni.

Az adalékanyagok csomagolása és a termékcsomagoló-eszközök hulladéka folyamatosan termelődik az ürülésből, próbamenetekből, gyártási selejtekből, esetleg kibontott visszárukból. Anyaguk igen változatos. Jó tudnunk, hogy a lassan lebomló anyagokat semmi esetre sem szabad a kommunális hulladékban gyűjteni, azoknak külön tárolót kell biztosítani, pl. polisztirol stb. pohár, polietilén fólia, nylon zacskó, fém alapú anyagok (tubus), többretegű csomagolás stb. esetleg üveg. Az ilyen hulladékokat anyagcsoportok szerint csoportosítva célszerű gyűjteni és elszállítani, ráadásul ezek zöme újrahasznosítható.

Vegyszerek, mérgező anyagok

Kezelésükre, tárolásukra külön rendeletek vonatkoznak csakúgy, mint gyűjtésükre. Itt is alapszabály, hogy kommunális hulladékba nem kerülhetnek, és gyűjtésüket csoportjaik szerint lehetőség szerint meg kell oldani. Ilyen anyagok pl. a vizsgálatokhoz használt savak, roncsolt minták és akkumulátorsav, szerves oldószerek, tömény lúgok (folyékony és kristályos) maradékai, hőcserélőkben használt hűtőfolyadékok stb. és a tárolásukra használt üveg.

Az egyéb tevékenységből származó hulladékok

Hulladékok származhatnak az energiaszolgáltatásból, pl. vízlágyítószer, elhasználdott ioncserélő gyanta, a gőzelőállításához szükséges egyéb kenő- és szigetelőanyagok, pl. azbeszt, teflon, az anyagmozgatásból és gépek kezeléséből, esetleg a karbantartásból származó fáradt olajok, kenőanyagok, rossz akkumulátorok, hűtőfolyadékok, különböző fémek, pl. ólom, gépjárműgumi.

Viszonylag egyszerűbb gyűjteni és kezelni az adminisztrációs tevékenységből származó zömében papírhulladékot. A fentieket átgondolva és igazodva a törvényi és egyéb előírásokhoz, a termelőüzemben olyan hulladékgazdálkodás alakítható ki, amely nem csak szabályosan megoldja a hulladékok kezelésének gondját, de azok részbeni értékesítésével csökkenteni tudja az ezzel kapcsolatban óhatatlanul felmerülő költségeit.

A tej összetevőinek táplálkozási értéke

20.1. Víz, ásványi anyagok és nyomelemek a tejben

20.1.1. A víz

A víz a földi élet egyik legalapvetőbb feltétele, mert

- oldószerként reakcióközeg és szállítóanyag szerepet tölt be a sejtekben és a szövetekben,
- reakciópartnerként részt vesz számos biokémiai folyamatban,
- hozzájárul számos bioaktív makromolekula konformációjának kialakulásához,
- nagy fajhője és párolgáshője révén fontos szerepet játszik a szervezet hőháztartásában,
- jelentős mértékben hozzájárul az élő szervezetek számára elengedhetetlen környezeti feltételek biztosításához.

20.1.1.1. A víz kötése a tejtermékekben

A tejtermékekben lévő víz különböző módon kapcsolódhat a szárazanyagokhoz; a kötés módja alapján megkülönböztetünk kémiaailag, fizikai-kémiaailag és mechanikailag kötött vizet.

A *kémiai vízmegkötés* elsősorban kémiai reakciók eredményeként, másodsorban kristályosodáskor kristályvízként jön létre. Ez a típusú víz a hidratált anyaghoz fővegyértékkel vagy mellékvegyértékkel kapcsolódik, ezért a kötés rendkívül erős. A kémiai vízmegkötés eredményeként új vegyületek is képződhetnek, mert a víz belép a keletkező anyag molekulaszervezetébe, és a vízmentes anyag tulajdonságai is jelentősen megváltoznak, mivel a víz a kristályszerkezet része lesz.

Tejtermékekben a *fizikai-kémiaailag kötött víz* fordul elő leggyakrabban. Ebben a vízkötésben az arányok nincsenek szigorúan meghatározva, a víz mennyisége a körülmények változásától függően különböző lehet. A fizikai-kémiaailag kötött víz adszorpciós kötéssel vagy ozmózisos kötéssel kapcsolódhat a szárazanyaghoz.

Mechanikailag kötött víz esetében a kötés arányai meghatározatlanok. A nedvesség szerkezeti vízként, kapilláris nedvességként vagy egyszerű nedvesítési vízként lehet jelen. A szerkezeti vizet a tejtermék mikroüreges szerkezete tartja körülzárva, mozgékonyágától nagymértékben megfosztva. A kapilláris erőkkel megkötött víz a tejtermékek 10^{-5} cm-es nagyságrendhez közel álló részeiben ta-

lálható. A leggyengébb kötési forma a nedvesítési víz, ahol a vízmolekulák adhézióval tapadnak a tejtermékek felületére.

Az élelmiszer-technológiában általában elegendő, ha a *víztartalom szabad és kötött mennyiségét* ismerik. Szabad víznek a víztartalom azon részét tekintjük, ami oldóképességében és mozgékonyságában nincs korlátozva. A kötött víz viszont mozgásában korlátozott, és nem képes annyi oldandó anyagot befogadni, mint a tiszta víz. A tejtermékek vízállapotát egy adott hőmérsékleten a *vízaktivitással* szokás jellemezni, ami az egyensúlyi relatív páratartalom része, ezért értéke 0 és 1 között lehet.

$$a_w = \frac{ERP}{100},$$

ahol:

a_w = vízaktivitás, ERP = egyensúlyi relatív páratartalom.

A tejtermékek vízaktivitását elsősorban nem víztartalmuk abszolút nagysága határozza meg, hanem a bennük lévő víz kötési módja, valamint a szabad és a kötött víz aránya. Általánosságban elmondható, hogy minél nagyobb a kötött víz aránya a tejtermékekben, annál kisebb annak vízaktivitása.

20.1.2. Az ásványi anyagok

Azokat az alkotórészeket nevezzük ásványi anyagoknak, amelyek a tej és tejtermékek elhamvasztása után visszamaradnak. Ez a meghatározás nem tesz különbséget az eredetileg is szervetlen vegyületek, valamint a szerves vegyületekből származó hamualkotórészek között. A szervetlen anyagok nélkülözhetetlenek az élővilágban, hisz híg elektrolitok alakjában részt vesznek az élő szervezet elektrokémiai, ozmózisos, valamint sav-bázis egyensúlyának fenntartásában, elősegítik a különböző kolloidok állapotváltozását, aktiválják vagy gátolják az enzimreakciókat, részt vesznek a támasztószövet felépítésében.

Az emberi szervezet felépítésében részt vevő elemek közül azokat, amelyek a szervezet tömegének 0,005%-ánál nagyobb mennyiségben vannak jelen, *makroelemeknek*, amelyek ennél kisebb arányúak, *mikroelemeknek* nevezzük. A makroelemek az emberi szervezet ásványianyag-tartalmának több mint 99%-át teszik ki. A mikroelemeket biológiai jelentőségük alapján esszenciális és nem esszenciális elemekre oszthatjuk. Az esszenciális mikroelemek nélkülözhetetlenek az emberi szervezet zavartalan működéséhez, míg a nem esszenciálisak biológiai szerepe még tisztázatlan.

20.1.3. A tej összetétele

20.1.3.1. Makroelemek a tejben

A tehéntej átlagosan literenként 7,3 g ásványi anyagot tartalmaz. A 20.1. táblázat az átlagos ásványianyag-tartalmat és a határértékeket mutatja.

20.1. táblázat. *A tej ásványianyag-tartalma*

Ásványi anyagok	A tej összetétele (g/dm ³)	
	Átlagérték	Szélsőértékek
Kalcium (Ca)	1,21	0,9–1,4
Foszfor (P)	0,95	0,7–1,2
Kálium (K)	1,5	1,0–2,0
Nátrium (Na)	0,47	0,3–0,7
Klór (Cl)	1,03	0,8–1,4
Magnézium (Mg)	0,12	0,05–0,24
Kén (S)	0,32	0,2–0,4

A kalcium és a foszfor 20%-a kalcium-kazeinát komplex formában a kazeinhez kötődik, ezért e két elem fontos a komplex stabilitása szempontjából. A magnéziumnak kb. egyharmada szintén a kazeinhez kötődik. A kalcium 50%-a kolloidális szeretlen kalcium, 30%-a pedig kalciumion formában van jelen a tejben. A foszfornál ezek az értékek 40% és 30%, és kb. 10%-a a foszfornak lipidekhez kötött.

A tej ásványi anyagainak koncentrációját alig befolyásolja a takarmányozás. A kolosztrum teljes ásványianyag-tartalma magasabb, és ez igaz majdnem minden mikroelemre is. Egyes elemek koncentrációja (Ca, P, Na és Cl) a laktáció végén növekszik. Mivel a takarmányozásra érzéketlen, a tej ásványianyag-tartalmát az évszak csak jelentéktelen mértékben befolyásolja.

20.1.3.2. Mikroelemek

A 20.2. táblázat az irodalmi adatok alapján a tej átlagos mikroelem-tartalmát mutatja. A táblázatból látható, hogy az egyes mikroelem-tartalomban igen nagy különbségek vannak, ezért nem lehet átlagértékekkel számolni az emberi szükségletek vonatkozásában, hanem a kérdéses tej analízisét mindig el kell végezni.

20.2. táblázat. *A tej mikroelem-tartalma*

Mikroelemek	A tej összetétele (µg/dm ³)	
	Átlagérték	Szélsőértékek
Réz (Cu)	120	10–700
Vas (Fe)	530	60–1000
Kobalt (Co)	0,8	0,1–2
Molibdén (Mo)	55	13–150
Cink (Zn)	3600	1500–7000
Mangán (Mn)	50	10–280
Jód (I)	75	5–400
Fluor (F)	125	10–350
Alumínium (Al)	600	150–1000

Mikroelemek	A tej összetétele ($\mu\text{g}/\text{dm}^3$)	
	Átlagérték	Szélsőértékek
Arzén (As)	45	20–60
Bór (B)	300	100–600
Króm (Cr)	17	5–50
Ón (Sn)	170	40–500
Nikkel (Ni)	25	0–50
Ólom (Pb)	30	2–70
Higany (Hg)	4	1–15
Kadmium (Cd)	4	1–30
Stroncium (Cr)	350	40–1500
Szelén (Se)	25	2–70
Szilícium (Si)	2600	750–7000

A némely esetben kapott extrém érték az analízis hibájának is tulajdonítható, más esetben viszont bizonyos elemek nagy koncentrációja a fejés után bekövetkező külső szennyezés eredménye. Így pl. a réz koncentrációja lényegesen megnőhet a fémedénnyel vagy a pipettával való érintkezés hatására. A tejben előforduló káros nyomelemeket a 20.3. táblázat tartalmazza.

20.3. táblázat. A káros nyomelemek koncentrációja a tejben

Nyomelemek	Koncentráció ($\mu\text{g}/\text{dm}^3$)
Bróm (Br)	100–500
Lítium (Li)	nyomokban – 60
Ezüst (Ag)	nyomokban – 50
Vanádium (V)	nyomokban – 310
Bárium (Ba)	nyomokban – 220
Rubídium (Rb)	1000–9900
Titán (Ti)	nyomokban – 170
Ón (Sn)	50
Wolfram (W)	60–290

A mikroelemek a tejben jórészt szerves kötésben fordulnak elő. Így pl. a réz, a cink, a mangán és a vas a zsírgolyócska-membránban található, a vas 60–70%-a kazeinmicellához, a cink 80%-a kazeinhez, 20%-a pedig az immunglobulinokhoz kötött. A legtöbb réz és jodid a tejfehérjékkel van kapcsolatban, a szelén viszont főleg szabad ionként fordul elő, és a jodid és a cink egy része is szeretlen formában van jelen a tejben.

A kobalt a B₁₂-vitamin alkotórésze, koncentrációja ezért összefüggésben van a tej B₁₂-vitamin-tartalmával. Számos más nyomelem enzimekhez kapcsolódik, pl. a molibdén a *xantin oxidázhoz*, és a mangán és a cink az *alkalikus foszfatázhoz*. A tejben lévő néhány nyomelem koncentrációjának nagy ingadozása részben a takarmányozás, az évszak és a laktációs állapot hatásával magyarázha-

tó. A legtöbb mikroelem (Cu, Co, Zn, Mn, Si és I) mennyisége a kolosztrumban nagyobb, mint a tejben, és ezen elemek koncentrációja a laktáció során ismét nő. A takarmány nagy Co-, B-, Al-, Mo-, Mn-, F-, Br-, Ti- és Se-koncentrációja megnövelheti a tejben lévő mennyiségüket, de a takarmányozás csak nagyon kis mértékben befolyásolja a Fe-, Ni-, As- és Si-tartalmat. A tejben lévő mikroelemek koncentrációjában évszakbeli változás a takarmányozással összefüggésben fordul elő. Télen a Cu, Co, Fe, Se, I, Mn és Mo koncentrációja a magasabb, a Zn és B koncentrációja pedig alacsonyabb.

A tőgy fertőtlenítésekor gyakran jodofort használnak, melynek során jódot kerülhet be a tejbe. Vizsgálatok kimutatták, hogy a tej jódtartalma egy ilyen kezelés után a normális 30–90 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ értékről 120–150 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ -re, néha esetleg 350 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ -re nő. A jódszükséglet elemzésénél erre figyelemmel kell lenni, ugyanis ez a mennyiség is hozzájárulhat a jódellátottsághoz. A tőgybimbó szakszerű fertőtlenítésekor 500 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ -nél több jód a tejben gyakorlatilag sohasem fordul elő, ami még elviselhető az egészséges táplálkozás szempontjából.

A tej fluoridtartalma kb. duplája azon a területen, ahol a takarmány vagy az ivóvíz fluorid-koncentrációja jelentős, de ez a mennyiség még így is lényegesen alacsonyabb az ivóvíz engedélyezett fluoridszintjének felső határánál.

A nehézfémeknél az ólom, a higany és a kadmium koncentrációja a tejben alig változik a takarmányozás hatására. A 20–30 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ normális ólomtartalom még akkor sem növekszik a tejben 100 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ fölé, ha a tehén ólomfelvétele magas. Németország különböző területéről különböző ólomtartalommal rendelkező tejmintát vizsgálva az ólomra kapott értékek 15 és 67 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ között változtak. Svájcban az autótút mellett és az autópálya közepén vett széna 99 mg/kg ólomtartalmú volt a szárazanyagban. Ennek etetésekor a tej ólomtartalma 40–70 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ között, a forgalomtól távol begyűjtött széna etetésekor viszont csak 20 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ volt. A tehén által felvett ólom döntő többsége kiválasztódik, és csak nagyon kevés abszorbeálódik a vérben. Egy kísérletben, ahol testtömegre számítva 0-tól 28,5 mg/kg mennyiségben etettek ólmot, az ólomkoncentráció a tejben mindig 50 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ alatt maradt, ugyanis az ólom főként a vesében, májban és az állat csontjaiban akkumulálódik. Mivel az ólomszennyezés már néhány méterrel az úttól rohamosan csökken, ezért csak viszonylag kevés takarmány alkalmatlan az állatok takarmányozására. A szennyezett területről származó tej kadmiumtartalma sem magasabb lényegesen a normálisnál. A tej mérgező elemeinek határértékei: ólom 50, kadmium 20, higany 20, arzén 100 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$.

20.1.4. A tej makro- és mikroelemeinek szerepe a táplálkozásban

20.1.4.1. A szervezet makro- és mikroelem-szükségletének kielégítése

A 20.4. táblázat a javasolt napi makro- és mikroelem-szükségletet mutatja felnőttek esetén. Néhány mikroelem esetén a megadott érték vitatható, mert Co-,

Mn- és Mo-hiányt az embernél a mai napig nem írtak le. A foszforhiány az étrend optimális Ca/P arányából ered, mely 1:1 körül van. A kénhiány az étrendben lévő esszenciális aminosav, a metionin mennyiségéből számolják. Néhányan alacsonyabb értéket adnak meg a táplálékkal történő kalciumfelvételre, bár a kalciumhiányt nem könnyű megbecsülni, mert a kalcium sok anyagcsere-folyamatban vesz részt. A foszforbevitel esetén gyakran ajánlanak 1200 mg napi mennyiséget. A nők általában több vasat igényelnek, és a terhes és a szoptató anyáknak magasabb Ca-, P-, Mg-, Fe-, Zn- és I-felvételt javasolnak. Idősebb embernél magasabb kalciumhiányt ajánlanak, mivel a csont hajlamossá válik a dekalcifikációra, melyet magasabb kalciumbevitellel ellensúlyozni lehet. A legtöbb állat számára esszenciális nyomelemek a Fe, I, Cu, Mn, Zn, Co, Mo, Se, Cr és talán a Sr, Br, Cd, V, Ni, Si, Sn és a F is. Az állatok megfelelő mikroelem-ellátását a különböző szervek megfelelő enzimaktivitásának mérésével lehet meghatározni.

20.4. táblázat. Makro- és mikroelemek javasolt napi felvétele, és az 1 liter tejjel kielégíthető mennyiség

Makro- és mikroelemek	Javasolt felvétel, mg	1 dm ³ tejjel kielégíthető, %
Kalcium (Ca)	800	150
Foszfor (P)	800	120
Kálium (K)	2000	75
Nátrium (Na)	2000	24
Klór (Cl)	3000	34
Magnézium (Mg)	300	40
Réz (Cu)	2	6
Vas (Fe)	12–18	4
Kobalt (Co)	0,5	–
Molibdén (Mo)	0,5	1
Cink (Zn)	12	30
Mangán (Mn)	4	–
Jód (I)	0,15	50
Fluor (F)	1	3

A makro- és mikroelemek javasolt napi felvételét összehasonlítva a 20.4. táblázatban közölt 1 liter (dm³) tejben lévő mennyiségekkel látható, hogy az ember számára szükséges kalcium és foszfor mennyiségéhez a tej nagyban hozzájárul. Az iparosodott területeken a táplálékban lévő kalcium kb. 60–90%-a tejből és tejtermékekből származik, és ezért a nagy tejfogyasztó országokban, mint Írország, Finnország, Svájc, a kalciumhiányt a tej egymagában fedezi. Felmérések szerint a lakosság egyes rétegeinek kalciumhiányát a tej magas kalciumtartalmával könnyű orvosolni. Olyan országokban, mint India és Japán, ahol kevés tejet fogyasztanak, az átlagos kalciumfelvétel viszonylag alacsony, kb. 400 mg

személyenként és naponta. Fejlett ipari országokban a táplálékban lévő foszfor 30–45%-a, a magnéziumnak pedig 20–25%-a származik tejből és tejtermékekből.

A tej és a tejtermékek nagyon változó mennyiségben járulnak hozzá a szervezet mikroelem-ellátásához. A tápanyaggal felvett jód 30–40%-a, a Zn, a Co, a Cr és a Ni 20–30%-a, a Cu, a F és a Se 5–10%-a, a Fe kb. 3%-a, a Mn-nak pedig még kisebb része származik a tej- és tejtermékfogyasztásból. Egy kiegyensúlyozott étrendnél azonban ezekből az elemekből általában nincs hiány. Hangsúlyozni kell, hogy a nehézfémeknek, az ólomnak és kadmiumnak csak egy kis töredéke (2–10%-a) származik a tejből.

Ásványi anyagok

A kalcium és foszfor jelentősége főleg a csontok és a fogak felépítésében és fenntartásában van, de ezenkívül jelentős szerepet tölt be több különféle anyagcserre-folyamatban is. Előnyös, hogy a tejben a kalcium és foszfor hozzávetőlegesen egyenlő arányban van jelen, hisz a fogzománc is hasonló Ca/P aránnyal rendelkezik. Hogy az étrend Ca/P aránya kb. 1:1 legyen, csak a tej és a tejtermékek képesek biztosítani, mivel minden más táplálék több foszfort tartalmaz, mint kalciumot. A kívánt arányt ezért csak akkor lehet elérni, ha az étrend elegendő mennyiségben tartalmaz tejet és tejtermékeket. A növekvő kalciumfelvétel nélkülözhetetlen idős embereknél azért, hogy csökkentsük vagy megelőzzük a csonttrikulást, és késleltessük az öregedési folyamatra jellemző csontállomány károsodását.

A tej tekinthető a legalkalmasabb kalciumforrásnak, mert a kalcium a tejben fehérjéhez kötött, és ebben a formában tudja a legkönnyebben hasznosítani a szervezet. A tejben lévő kalcium hasznosítása nagyon hatékony, mert a kalcium abszorpcióját a laktóz, a fehérje, a D-vitamin és a citromsav is elősegíti. A fölözött tejből a kalcium felszívódása 85%, míg a zöldségekből 22–74%. A zöldségek kalciumtartalmának hasznosulását javíthatjuk, ha fölözött tejport fogyasztunk velük együtt. A foszforhasznosulás mértéke a két termékcsoportra 91% és 61–72%. A kalcium a szervezetben jobban felszívódik kalcium-kazeinát komplex formában, mint ionos formában, amely következtetést a tej, az oltóenzimmel kicsapott kazein és egy kalciumoldat abszorpciójának összehasonlításából vonták le. Ha az ionos kalciumra kapott felszívódást 100-nak vesszük, akkor a tejben lévő kalciumé 113, és a tejtöltővel kicsapott kazeiné pedig 144. A foszforhiányt a kísérleti állatoknál a kalciumabszorpció csökkentette, és a magas fehérjetartalmú vagy magas kalcium- és foszfortartalmú étrend is lényegesen megnöveli a kalcium- és a foszforabszorpciót.

Nehezen lehet az ember kalciumigényének tökéletes kielégítésére javaslatot tenni tej és tejtermékek nélkül. A javasolt napi 800 mg kalciumfelvételt 660 ml tej vagy 114 g keménysajt biztosítja, míg hasonló mennyiségű kalciumot 6,2 kg marhahús vagy 29 tojás vagy 6,2 kg paradicsom tud szolgáltatni. A táplálóanyag-sűrűség (egy élelmiszer táplálóanyag-mennyisége az élelmiszer energiataralmára vonatkoztatva) kalciumra vonatkozóan a teljes tejben 0,11, fölözött tejben 0,19 és

különböző típusú sajtokban 0,03–0,17. Ajánlás szerint a tápláléknak tartalmaznia kell 0,67 g kalcium/1MJ-t, ezzel szemben a tej 0,43 g kalcium/1MJ-t tartalmaz, ezért fél liter tej és 50 g sajt biztosítja az ajánlott napi kalciumszükségletet. A vizsgálatok meglepő módon azt mutatják, hogy a táplálék igen gyakran hiányos kalciumban, így a különböző korcsoportoknál a régóta fennálló tejfogyasztás-csökkenés miatt a kalciumellátásban több mint 30%-os hiányt is találtak. A nők tápláléka is gyakran kalciumhiányos, és a szigorúan vegetáriánusok, valamint a lakto-ovo-vegetáriánusok étrendje is alacsony kalciumban, foszforban és cinkben.

Túlzott tejfogyasztás esetén sem kell félni azonban a kalciumlerakódástól a szövetekben vagy a vérér falán, mivel a kalciumabszorpció soha nem lépi túl az élettani szükségleteket. A tej-alkáli-szindróma csak extrém feltételek mellett fordulhat elő. Ha éveken át vagy az egész életen át napi 3–5 liter a tejtúlfogyasztás, és ez a gyomor magas savtartalmával, rendszeres nátrium-hidrogén-karbonát- vagy kalcium-karbonát-bevitellel és esetleg túlzott D-vitamin-felvétellel párosul, a tej-alkáli-szindróma krónikus hiperkalcinémiát vagy a szövetek elmeszesedését okozhatja. Ennek elkerülése érdekében alacsony nátriumtartalmú tejet lehet használni az alacsony nátriumtartalmú táplálék részeként, bár az Egyesült Királyságban végzett felmérések szerint a táplálékban lévő nátriumnak csak 7%-a származik a tejből.

Nyomelemek

Az iparosodott területeken az étrend gyakran vashiányos. A vasszükséglet számolásánál figyelembe kell venni azt is, hogy a test naponta 1 mg vasat választ ki, és az elfogyasztott vasnak csak kb. 10%-a abszorbeálódik. Patkánykísérletek bebizonyították, hogy a vas abszorpcióját aminosavakkal, hisztidinnel és lizinnel növelni lehet, a Fe beépülése a hemoglobinba pedig az elegendő mennyiségű fehérje, a réz és a B-vitaminok együttes jelenlététől függ. A vas abszorpcióját nem gátolja a magas kalciumfelvétel, ugyanis fiatal felnőtt férfiaknál végzett kísérlet során magas kalciumbevitel mellett is az elfogyasztott vas 18%-a abszorbeálódott. A vas abszorpcióját szintén befolyásolja a táplálék foszfor-, fluorid- és C-vitamin-tartalma is. Mivel az állati testben a nyomelemek abszorpciója jelentősen függ a béltraktus pH-jától, ezért a laktóz hatására kialakuló savanyú pH szintén fontos részt vállal a nyomelem-abszorpcióban. Vassal dúsított tejjel végzett kísérletben kimutatták, hogy 10–30 mg/dm³ vaskiegészítésnél semmilyen ártalmas hatást nem találtak az organoleptikus tulajdonságban. Különböző vassal dúsított tejfehérje-frakciókkal végezve a vaspótlást, egéرنél vérszegénységet lehet megelőzni, és az anémiás patkány vére is növekvő hematokritértéket mutatott. A tejben történő vaskiegészítés nagymértékben alkalmazható az élet különböző területein, ezért a fejlődő országokban, ahol a népesség nagy része vashiánytól szenved, különösen fontos a megemelt vastartalmú tej fogyasztása.

A szelén esszenciális nyomelem, de nagyobb koncentrációban toxikus lehet. A szelénhiány a máj károsodásához vezet, és annak rákos megbetegedését okoz-

hatja. 0,1 mg szelén 1 kg táplálékban megakadályozhatja a máj szövetelhalását. Az ajánlott szelénmennyiség 0,1–0,3 mg/kg, míg a 2–10 mg/kg már toxikusnak tekinthető. A tej és tejtermékek csak 6–10%-ban járulnak hozzá a szelénfelvételhez, de a szelénellátottság a legtöbb helyen kellően változatos étrend mellett biztosított.

A tej jódtartalma, éppúgy mint a vize, vidékenként változik. A tengerparti területeken lévő tej jó jódforrás, míg a parttól távolabb, különösen hegyvidékeken a lakosság jódhiánytól szenved az alacsony jódbevitel miatt. Mivel a jód fontos a pajzsmirigy működése szempontjából, ami naponta kb. 75 µg jódot vesz fel, golyva alakulhat ki ott, ahol az ivóvíz és a tej alacsony jódtartalmú. Beszámoltak arról, hogy a különböző országokban (Finnország, Oroszország, Csehország, Szlovákia, Ausztria, Görögország, Irak és Izrael) jelentős helyi különbségek alakulhatnak ki a jódfelvételt illetően. Megfigyelték, hogy a tej kevesebb jódot és több tiocianátot tartalmaz, amikor a tehenet repcemagtartalmú takarmánnyal etették. Patkánnyal etetve ezt a tejet, a pajzsmirigyük tömegének és a golyva kialakulásának növekedését tapasztalták. A tejből és tejtermékekből történő jódfelvétel általában nagyobb, mint ivóvízből és más élelmiszerekből. A takarmány lehetséges jódhiánya miatt a jódkészítményekkel végzett tőgyfertőtlenítés, ami a tej jódtartalmának megnövekedését okozhatja, nem veszélyes az egészségre. A tejhez történő jódhozzáadás nem szükséges, mivel az asztali só a lakosság jódellátásának javítása érdekében jódzott.

A patkánykísérletek tanúsága szerint a mangán szállítása és abszorpciója szignifikánsan javul a tejfogyasztás révén.

A tejet bizonyos esetekben olyan tápláléknak tekintik, amely véd az ipari mérgezésekkel, a toxikus nyomelemekkel, a szerves oldószerekkel, a karcinogén anyagokkal és egyéb egészséget károsító anyagokkal szemben is, ezért rendszeres tejfogyasztást javasolnak azoknak a munkásoknak, akik toxikus anyagokkal dolgoznak. A zsírban oldódó toxikus anyagok által okozott mérgezést viszont elősegítheti a tej, mivel zsírt tartalmaz. Patkánykísérletekben azt találták, hogy ha egy időben ólmot és tejet adtak szájon át, az ólom abszorpciója és retenciója megnőtt. A kadmium és a higany retenciója szintén nagyobb lett, amikor az állatok tejet fogyasztottak. Nemcsak a tej zsírtartalma, hanem néhány tejalkotórész is növeli az ólom abszorpciót, míg mások gátolják azt. A táplálék magas kalcium- és foszfortartalma gátolja, a laktóz viszont elősegíti az ólom abszorpcióját és visszatartását. Ezzel szemben a hidrolizált laktózt tartalmazó tejjel etetett állatok szöveteiben az ólomtartalom nem volt magasabb a kontrollállatokhoz hasonlítva. A nehézfémek abszorpciója nem növekedett, ha a laktózt hidrolizálták. Az ólomvisszatartás ugyan növekszik tejfogyasztás hatására, de a növekedés nem számottevő, ha a tejet szilárd táplálékkal együtt fogyasztják.

A táplálkozási kísérletek eredménye csak korlátozottan alkalmazható azokra a munkahelyekre, ahol a toxikus anyagok belégzéssel kerülnek be a szervezetbe, ahol a tüdő nagy felülete ideális abszorpciós feltételt biztosít. Ezért kapcsolat van a belélegzett levegő ólomtartalma és a vér ólomtartalma között, és a tej, valamint más, szájon keresztül felvett táplálék nem hat az abszorpciónak erre a formájára.

A toxikus anyag nem halmozódik fel a szervezetben, ha folyamatosan nagyon kis mennyiségben lélegzik be, mert a szervezet a májban központi detoxikáló rendszerrel rendelkezik. A máj ezt a funkcióját jobban ki tudja fejteni, ha optimális a tápanyagellátása, azaz rendelkezik aminosavakkal, esszenciális nyomelemekkel és vitaminokkal. A kísérletek eredményei azt mutatják, hogy a májsejtek fehérjetartalma nagyobb lesz, és a detoxikáló enzimek koncentrációja is növekvő aktivitást mutat, ha a táplálék optimális mennyiségben tartalmazza a nagy biológiai értékű fehérjét. Ebben a helyzetben a májfunkciók, beleértve a detoxikációt is, az optimális szinten vannak. Mivel a tej nagy mennyiségben tartalmaz magas biológiai értékű fehérjét, kétségtelenül biztosíthatja azt az optimális étrend közeli helyzetet, mely fontos a máj detoxikációs működésének fenntartásához a toxikus anyagoknak kitett dolgozók esetében.

Arzéntartalmú, fehérjében gazdag tejen tartott egerekkel végzett kísérletben a vér, a máj és a vese arzénkoncentrációjának növekedése lelassult. Ha a tejfehérje mennyisége elegendő, a karcinogén hatás nem vezet májgyulladásához. Úgy tűnik, hogy a β -laktoglobulin komplexképződés során csökkenti a karcinogén szerves vegyületek toxicitását, mert a 3,4-benzpirénnel szemben védő hatást fejt ki a szervezetben. A szerves oldószerek abszorpcióját a tej nem növeli számottevő mértékben. Néhány állatkísérletben a szelén és az E-vitamin csökkentette a higanymérgezés halálos voltát, míg a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyiségének növelése a táplálékban fokozta a hajlandóságot az állatokban a higanymérgezésre.

A tej fluorozása

A fogak képződésének szempontjából a táplálékban lévő fluor jelentősége érthető, mert a fogak fluortartalma viszonylag magas, ami különösen a zománc külső rétegére igaz. A fluorid hozzájárul a fogakban lévő kalcium-foszfát-komplex stabilitásához. Ez az elem ezért védő hatású a fogszuvasodással szemben, ha időben elegendő fluorid áll rendelkezésre a fogképződés alatt. A fluor előnyös hatását a csontképződésben is hasonlóan lehet magyarázni. Kísérletek azt mutatják, hogy kapcsolat van a táplálékban lévő fehérje minősége és a csontban lévő fluorid beépülése között. A táplálékban lévő fluorid hatását a fogzománc összetételére 7–14 éves kor után már nehezen lehet bizonyítani.

A tej és tejtermékek alacsony fluortartalmuk miatt a javasolt fluorfelvételhez csak 15%-ban járulnak hozzá, de a teljes táplálék az igény mintegy 30%-át biztosítja. A szokásos táplálékban lévő fluorid mennyisége ezért nem elegendő a fogszuvasodás elleni megelőző hatás kiváltásához. Ezért azt javasolják, hogy a tejet ki kell egészíteni fluorral, főleg a gyerekek fogyasztására való tekintettel, akiknek ez a legjelentősebb fogszuvasodás-megelőző anyag. A fluorozott tej 1 mg fluor/dm^3 -t tartalmaz NaF formában, amely a tej ízét, illatát és színét nem befolyásolja. A fluorid abszorpciója a tejből valamivel lassabb, de a tejhez történő fluoradagolás nem okoz kalcium-fluorid-kicsapódást. A tej kitűnő fluorközvetítőnek tekinthető, mivel biztosítja a fogak és a csontok képződéséhez szükséges egyéb fontos tápanyagokat

(kalcium, foszfor és D-vitamin) is, ezért nagy jelentőségű, hogy a fluorozott tejet már nagyon korán, akkor alkalmazzuk, mielőtt a fogak kialakultak volna.

Fluorozott tejjel végeztek már kísérleteket Svájcban, Ausztriában, Japánban és az USA-ban is. Néhány esetben a fluorozást otthon végezték, más esetben a fluorozott tejet az iskolában adták a gyerekeknek. Néhány év múlva határozottan csökkent a fogszuvasodás azoknál a gyerekeknél, akik fluorral kiegészített tejet kaptak. A fogszuvasodás csökkenése a kontrollhoz viszonyítva 26 és 74% között volt; a jobb eredményt a fiatalabb gyerekeknél figyelték meg. Az egyéb fogbetegségek esetén kapott különbség is bizonyítja a fluorozott tej sikerét, mivel a fluorozott tej fogyasztása megnöveli a fogak fluortartalmát.

A víz fluorozását is javasolják a fogszuvasodás megakadályozása érdekében. A kiegészített vízben a fluoridkoncentráció 1,0–1,2 mg fluor/dm³. Néhány országban, mint például Hollandiában, már általánosan fluorozzák a vizet, és ezeken a területeken 16 éves korban a fogszuvasodás kb. 50%-ban visszaszorult. A megelőzést a második év után kell elkezdni. A fluorozott ivóvizet összehasonlítva a tejjel látható, hogy a tej kezelése a vízhez képest a következő előnyökkel jár:

- A fluoridfelvétel nem kötelező.
- A fluorozott tej azoknak előnyösebb, akiknek magasabb fluorbevitelre van szükségük, pl. a gyerekeknek.
- A tej fluorozása olcsóbb.
- A 0,05% fluor hozzáadása az ivóvízhez környezetvédelmi problémát is jelenthet.
- A tejhez adott fluorid mennyiségét jobban lehet adagolni és ellenőrizni.
- Minden olyan anyag, amire szükség van a fogképződésnél és a fogszuvasodás megelőzésénél, jelen van a fluorozott tejben.

A fluorozott tej hátránya lehet, hogy a felvett fluor mennyisége függ az elfogyasztott tej mennyiségétől, ami gyerekeknél jobban változó, mint a víz esetében. Másrészt megfigyelték, hogy fluorozott ivóvízű területeken a gyerekek nem veszik fel a kívánt mennyiségű fluoridot. Patkányokkal végzett kísérletek bizonyítják, hogy a fluorozott tej és víz a fogszuvasodás szignifikáns csökkenését eredményezi, a fluorozott tej azonban valamivel jobban növeli a fogzománc fluortartalmát, de a fogszuvasodás kialakulása hasonló volt, akár fluorozott tejet, akár fluorozott vizet fogyasztottak az állatok.

20.2. A fehérjék

A fehérjék komplex makromolekulák, melyek mind a növényi, mind az állati sejt citoplazmájában előfordulnak. Az élő sejtek szárazanyagának legalább 50%-át a fehérje teszi ki. A fehérjék nagyrészt szénből, oxigénből, hidrogénből, nitrogénből és kénből felépülő vegyületek. Építőelemeik az α -L-aminosavak, amelyek megszabják a fehérje kémiai, fizikai és biológiai tulajdonságait.

20.2.1. A tejfehérje

20.2.1.1. A tejfehérje és a fehérjeellátás

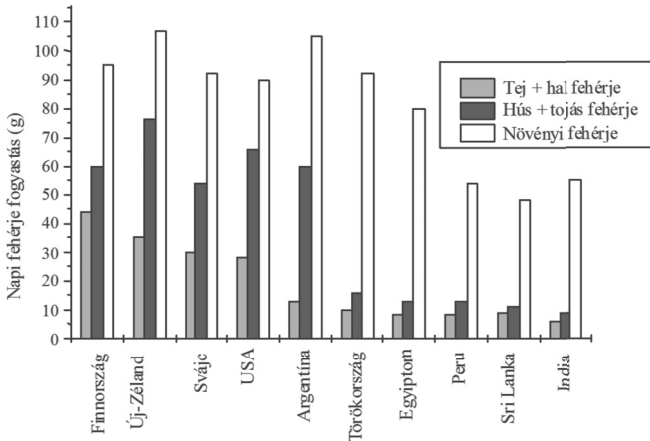
A fejlődő országok lakosságának 25–30%-a hiányosan ellátott fehérjével. Egyedül Dél- és Délkelet-Ázsiában több millió ember nem kapja meg a napi szükséges fehérjemennyiséget. Ez azért meglepő, mert a világ lakosságának éves fehérjeszüksége 60–70 millió tonna, és a világ éves fehérjetermelése 80 és 190 millió tonna közöttre becsülhető, állati fehérjéből pedig az éves igény 22 millió tonnára tehető. Bár a tehén nem igazán hatékonyan használja fel az energiát, figyelembe kell azonban venni azt is, hogy a tehén olyan területeket – legelőket – hasznosít tejtermelésre, amelyek más célra nehezen volnának használhatók. Ennek ellenére az összes háziállat közül a tehén használja fel leghatékonyabban a takarmány energiáját akkor, amikor állati fehérjét – tejet – állít elő. A tehénnek négy hektár legelő szükséges 1000 kg tejfehérje előállításához, míg a sertésnek ugyanennyi állati eredetű fehérje előállításához 14 hektárra van szüksége.

A kívánatos napi fehérjebevitel az embernél 0,9 g testtömeg-kilogrammonként, másképp kifejezve 7,2–8,4 g/1000 kJ, ami 60–70 g-ra tehető személyenként és naponta. Ez azokra az emberekre vonatkozik, akik könnyű testi munkát végeznek, azoknál az embereknél viszont, akik nehéz fizikai munkát végeznek, ennél több napi fehérjeszükséglettel kell számolni. A napi állati eredetű fehérjeszükségletet 40 g-ra becsülik, és 16 g-ot említenek minimumként. A minimális fehérjeszükségletet 0,6 g-ban határozták meg testtömeg-kilogrammonként vegyes táplálkozás esetén, ami kb. 50 g személyenként és naponta.

Fejlett országokban a napi fehérjefogyasztás 90–110 g, amiből 37–70 g az állati fehérje, melynek felét a tejfehérje teszi ki. A fejlődő országokban ezzel szemben a fehérjefogyasztás 50 g fejenként és naponta, ebből 5–9 g tekinthető állati eredetűnek. A fejlett ipari országokban az összes elfogyasztott fehérje 55–70%-a állati eredetű, míg ugyanez az arány a fejlődő országokban csak 20% (20.1. ábra). Ha azokat az országokat, amelyek nem rendelkeznek elegendő fehérjével, ellátánk azzal a tejfehérjetöbblettel, ami a fejlett államok többlettermelése, a szegény országok élelmiszereit kiegészítve ezzel a mennyiséggel a hiányt pótolni lehetne. A fehérje optimális részesedése a szervezet energiaellátásából 15%, a 10%-nál kisebb arány pedig már nem kívánatos.

A fejlett országokban az emberek a szükségesnél több fehérjét fogyasztanak, és itt nincs probléma az állati eredetű fehérjeellátással sem, azonban míg a zsír mennyisége az elmúlt években nőtt, a fehérje mennyisége nem változott a fogyasztott energián belül. A tejfehérje jelentős mennyiségben járul hozzá a szervezet fehérjeellátásához, mert fél liter tejjel a napi fehérjemennyiség 20–25%-át, a napi javasolt állati eredetű fehérje mennyiségének pedig 40–45%-át ki lehet elégíteni. A statisztikák azt mutatják, hogy a fejlett országokban a tejfehérje 20–30%-át teszi ki az összes fehérjének, és 40%-át az állati eredetű fehérjének az em-

berek táplálkozásában. A fejlődő országokban az összes elfogyasztott fehérjének csak 5%-a a tejfehérje. Az állati eredetű fehérjét célszerű tej és tejtermék formájában fogyasztani, mert ezeknek nagy a kalcium- és a B-vitamin-tartalma. A teljes tej zsír és fehérje aránya kiegyensúlyozott. A tej átlagos fehérjetartalma 3,3%, a fehérje energiatartalma pedig 15,6 kJ grammonként. A teljes tej energiatartalmának 22%-a, míg a főlözött tej energiatartalmának 40%-a származik a fehérjéből.



20.1. ábra. A növényi és állati eredetű fehérjék fogyasztása különböző országokban

A tej fehérjetartalma

A tehéntej átlagos fehérjetartalma 3,4–3,5%. A tej összes nitrogéntartalmának kb. 5%-a, 30 mg/100 cm³ nem-fehérje nitrogén, mint amilyenek a szabad aminosavak, a karbamid, a kreatinin stb. A tej nem-fehérje nitrogén (a továbbiakban NPN) tartalma 16 és 47 mg/100 cm³ között változik. A tág határ a tej karbamidtartalmának köszönhető, amely függ a vér karbamidtartalmától, a karbamid ugyanis az NPN-anyagok felét teszi ki a tehéntejben.

A tej nitráttartalma 0,3–0,8 mg/100 cm³ között van. Az erősen nitrogén-műtrágyázott területen termelt takarmány növelni fogja a tej nitráttartalmát. Ez a mennyiség azonban még mindig alacsonyabb, mint ami az ivóvízben megengedett, tehát a tej nitráttartalma nem veszélyes az egészségre.

A tej valódi fehérjetartalma, az összes fehérjéből levonva az NPN-t, átlagosan 3,3%. A tejfehérje különböző frakciókból áll, amelyek közül a kazein a tejfehérje 80, míg a savófehérjék a tejfehérje 20%-át teszik ki. A kazein négy frakcióra bontható: α -, β -, γ - és κ -kazeinre. A β - és a γ -kazein aminosav-szekvenciájából megállapítható, hogy a γ -kazein a β -kazeinből származtatható. Az α -kazein további alosztályokba osztható, mint amilyenek az α_s , az α_1 és az α_2 kazein, és egy újabb kazeinfrakcióról, nevezetesen a λ -kazeinről is beszámoltak.

Nagyszámú kazeinmolekula együtt alkotja a kazeinmicellát, amelynek átmérője 100–250 mikrométer, ami magába zárja a kalciumot, a foszfátot és a citrátot is. A kazeinkomplex átlagos kalciumtartalma 2,9, foszfortartalma 0,8%. Az egyes kazeinfrakciók jelentős mértékben különböznek a foszfortartalomban. Az α - és β -kazein 1,0 és 0,6% foszfort tartalmaz, míg a κ - és γ -kazein foszfortartalma 0,2 és 0,1%. A foszfortartalom a micella stabilitásában játszik jelentős szerepet.

A tej fő savófehérje-frakciója a szérumalbumin, a β -laktoglobulin, az α -laktalbumin és a globulinok. A proteáz-pepton frakció, amely 11% szénhidrátot tartalmaz, és ellentétben a többi savófehérje-frakcióval, nem csapódik ki 100 °C-ra felmelegítve, miután pH=4,7-re savanyították, szintén a savófehérje részének tekinthető. Az ismertetett fehérjefrakciókon kívül sok változat és fenotípus fordul elő, amelyek aminosav-összetételükben és egyes tulajdonságaikban különböznek egymástól, így a tejfehérje-komponensek több mint 50-re tehetők. Néhány fehérjeváltozatot genetikai variánsnak tekintenek, mert a különböző populációkban különböző mennyiségben fordulnak elő, és vannak olyan genetikai variánsok is, amelyek egyes populációkban egyáltalán nem is fordulnak elő. Ezen variánsok egy részéről azt feltételezik, hogy genetikailag egy másik tejkomponenssel vagy tejtulajdonsággal vannak kapcsolatban, mint amilyen pl. a hőstabilitás, az oltós alvadási készség vagy a tőgygyulladás szembeni ellenálló képesség. A 20.5. táblázat a tej fehérjefrakcióit, azok átlagos koncentrációját és szélsőértékeit mutatja. Az adatok nagyszámú irodalmi adat átlagai. A táblázatban a fő fehérjefrakciók variánsai is megtalálhatók.

Az IgG₁, a globulinok fő fehérjefrakciója, 1,2–3,3%-ban fordul elő a tejfehérjében. A többi globulin koncentrációja a következő: IgG₂ 0,2–0,7%, IgA 0,2–0,7% és IgM 0,1–0,7%. A kolosztrum globulintartalma jelentősen nagyobb, mint az érett tejé. A kis mennyiségben előforduló tejfehérjék közül említést érdemel a laktoferrin, amely egy glikoprotein két vasatommal, amelyet korábban vörös fehérjének is hívtak. A laktoferrin nagyon alacsony koncentrációban (0,2 mg/100 cm³) fordul elő a tehéntejben, lényegesen nagyobb a koncentrációja a kolosztrumban és tőgygyulladás után a tejben. A laktoferrin bakteriosztatikus tulajdonságokkal is rendelkezik.

20.5. táblázat. A tej fehérjefrakciói

Fehérjefrakció	Variánsok	Százalék a tejfehérjében		Százalék a kazeinben ill. savófehérjében	
		Átlag (%)	Szélsőértékek (%)	Átlag (%)	Szélsőértékek (%)
α_s -kazein	A, B, C, D	43,5	35–63	54,2	48–60
κ -kazein	A, B	10,7	8–15	13,3	7–21
β -kazein	A1, A2, A3,	24,2	19–35	30,1	26–40
	B, Bz, (B1 ₁)				
	C, D, E				
γ -kazein	A1, A2, A3, B	2,0	1–3	2,5	2–4
Kazein		80,3		76–86	100

Fehérjefrakció	Variánsok	Százalék a tejfehérjében		Százalék a kazeinben ill. savófehérjében	
		Átlag (%)	Szélsőértékek (%)	Átlag (%)	Szélsőértékek (%)
Szérumalbumin		0,9	0,5–1,3	4,6	2–8
β -laktoglobulin	A, B, C, D, D ₁	9,6	7–14	48,7	44–59
α -laktalbumin	A, B, C	3,7	2–5	18,8	17–22
Globulinok	IgG, IgM, IgA	2,2	1–4	11,2	8–17
Proteáz-pepton	4 frakció	3,3	2–6	16,8	10–19
Savófehérje		19,7	14–24	100	

A tejfehérje aminosav-összetétele

A 20.6–20.8. táblázatok a tejfehérje és fő frakciói aminosav-összetételét mutatják. Az adatok nagyszámú publikációk eredményeit tartalmazzák. A táblázatokban az adatok az egyes aminosavak százalékos mennyiségét mutatják 16 g nitrogénre, vagy 100 g fehérjére vonatkoztatva. A tejfehérje viszonylag gazdag esszenciális aminosavakban. Az egyes fehérjefrakciók között jelentős különbségek vannak, amelyek nyilvánvalóak, ha összehasonlítjuk a kazein és a savófehérje aminosav-összetételét. 100 g savófehérje átlagos esszenciális aminosav-tartalma 50,9 g, ami sok treonint, lizint, izoleucint és triptofánt tartalmaz. A kazeinnél ez csak 45,1 g/100 g ugyanezekből az aminosavakból. 100 g savófehérje átlagosan 2,8 g cisztint tartalmaz.

Az egyes kazeinfrakciók jelentősen eltérnek aminosav-összetételükben. A β - és γ -kazein 48,4 és 49,1 g esszenciális aminosavat tartalmaz 100 g fehérjében, és ezért gazdagabbak esszenciális aminosavakban, mint a α_s - és κ -kazein, ahol az esszenciális aminosavak összes mennyisége csak 43,3 és 41,7 g 100 g fehérjében. A β - és γ -kazein kitűnik magas leucin- és valintartalmával, az α -kazein viszonylag nagy mennyiségben tartalmazza a lizint és a triptofánt, a κ -kazein pedig gazdag izoleucinban és treoninban. Az α - és β -kazein nem tartalmaz cisztint.

A β -laktoglobulin és az α -laktalbumin teszi ki a savófehérje megközelítően 80%-át. Gazdagok esszenciális aminosavakban, amelyek mennyisége 53,8 és 52,1 g ezekből az aminosavakból 100 g fehérjére vonatkoztatva. Az összes albuminfrakciónak magasabb a lizin- és a leucintartalma.

Az összes természetes eredetű fehérje közül az α -laktalbuminnak van a legnagyobb triptofántartalma. Említésre méltó a metionin magas koncentrációja a β -laktoglobulinban, a fenilalaniné a szérumalbuminban, és a valiné és a treoniné a globulinokban. Az α -laktalbumin és a szérumalbumin viszonylag nagy mennyiségben tartalmazza a cisztint. Nincsenek megbízható adatok a többi savófehérje cisztintartalmáról.

Sokan vizsgálták az egyes kazein- és savófehérje-frakciók aminosav-összetételét, és ugyancsak vizsgálták a proteáz-pepton, valamint a laktoferrin aminosav-összetételét is. Az α_{s1} -kazein B, a β -kazein A1, a κ -kazein B, a β -laktoglobulin A és az α -laktalbumin B fehérjék aminosav-szekvenciáját is meghatározták.

20.6. táblázat. A tejfehérje, a kazein és a savófehérje aminosav-összetétele

Aminosavak	Mennyiség (g/100 g fehérje)		
	Összes fehérje	Összes kazein	Összes savófehérje
Triptofán (Trp)	1,4	1,4	2,1
Fenilalanin (Phe)	5,2	5,1	3,8
Leucin (Leu)	10,4	10,4	11,1
Izoleucin (Ile)	6,4	5,7	6,8
Treonin (Thr)	5,1	4,6	8,0
Metionin (Met)	2,7	2,8	2,4
Lizin (Lys)	8,3	8,3	9,9
Valin (Val)	6,8	6,8	6,8
Hisztidin (His)	2,8	2,9	2,2
Arginin (Arg)	3,7	4,0	3,0
Cisztin (Cys)	0,9	0,3	2,4
Prolin (Pro)	10,1	11,2	5,2
Alanin (Ala)	3,5	3,1	5,0
Aszparaginsav (Asp)	7,9	7,3	11,3
Szerin (Ser)	5,6	5,8	5,2
Glutaminsav (Glu)	21,8	23,0	19,2
Glicin (Gly)	2,1	2,1	2,2
Tirozin (Tyr)	5,3	6,0	3,5

20.7. táblázat. Az egyes kazeinfrakciók aminosav-összetétele

Aminosavak	Mennyiség (g/100 g fehérje)			
	α_s -kazein	β -kazein	γ -kazein	κ -kazein
Trp	2,0	0,7	1,2	1,2
Phe	4,9	5,6	5,8	3,7
Leu	8,7	11,8	12,1	6,2
Ile	6,1	5,5	4,4	7,5
Thr	3,9	4,9	4,6	8,6
Met	2,7	3,4	4,0	1,5
Lys	8,9	6,4	6,3	6,4
Val	6,1	10,1	10,7	6,6
His	2,9	3,1	3,7	2,0
Arg	4,0	2,8	1,8	3,6
Cys	0,4	0	0	1,2
Pro	8,9	17,2	17,8	13,0
Ala	4,2	2,4	2,4	8,7
Asp	8,5	5,0	4,1	7,9
Ser	7,1	7,5	5,7	7,9
Glu	22,5	22,3	22,5	18,7
Gly	3,5	2,5	1,7	2,1
Tyr	7,5	2,7	3,5	6,7

Mivel az egyes fehérjefrakciók évszak szerinti változatosságot mutatnak, az összes fehérje aminosav-összetételét is befolyásolja az évszak. Arra a következtetésre jutottak, hogy az aminosav-összetételt befolyásolja a környezet hőmérséklete is, ugyanis a melegebb hónapokban az állatok kisebb fehérjetartalmú tejet termelnek nagyobb esszenciális aminosav-tartalommal.

20.8. táblázat. Az egyes savófehérje-frakciók aminosav-összetétele

Aminosavak	Mennyiség (g/100 g fehérje)			
	szérumalbumin	β -laktoglobulin	α -laktalbumin	összes globulin
Trp	0,7	2,2	6,6	3,0
Phe	6,5	3,5	4,4	4,2
Leu	12,1	15,3	11,6	10,2
Ile	2,7	6,7	6,8	3,8
Thr	5,7	5,4	5,5	9,9
Met	0,8	3,1	1,0	1,3
Lys	12,6	11,7	11,4	6,5
Val	5,8	5,9	4,8	9,6
His	3,9	1,7	2,9	2,9
Arg	5,8	2,8	1,1	4,1
Cys	5,4	2,5	5,9	3,2
Pro	4,6	4,6	1,6	9,9
Ala	5,9	7,0	2,1	5,0
Asp	10,9	11,2	18,6	9,7
Ser	4,1	4,5	5,0	7,5
Glu	16,1	19,2	12,8	12,7
Gly	1,8	1,4	3,7	4,8
Tyr	5,0	3,8	5,2	6,1

A tejfehérje szerepe az emésztésben

A fehérje táplálkozási értéke. Kémiai, biológiai és mikrobiológiai módszerek segítségével nagyon sok indexet kidolgoztak a fehérje minőségének meghatározására, amelyek alapján a különböző fehérjéket egymással össze lehet hasonlítani. A mindennapi gyakorlatban a következő indexeket használják:

– A biológiai érték az a szám, amely megmutatja, hogy a fejlődő szervezet 100 g táplálék fehérjéből hány g fehérjét tud a szervezetébe beépíteni. Vonatkoztatási alapnak a tojásfehérjét választották, amelynek biológiai értéke 100. A szervezet fehérjeszükséglete ezért kevesebb magasabb biológiai értékű fehérjével elégíthető ki, míg alacsonyabb biológiai értékű fehérjéből többet kell elfogyasztani. Ugyanez vonatkozik a nitrogénegyensúlyra is.

– A nettó fehérjehasználás vagy NPU a biológiai értékhez hasonló, rendszerint állatkísérletekkel határozzák meg.

– A fehérjehatékonysági hányados (PER) a növekedésre vonatkozik. Az a testtömeg-gyarapodás, amelyet az állat 1 g fehérje elfogyasztása után produkál.

Kísérletek történtek arra vonatkozóan, hogy a PER-értéket az aminosav-összetételeli adatokból határozzák meg regressziós egyenletek alkalmazásával.

A 20.9. táblázatban a tejfehérje és egyéb élelmiszer-fehérjék biológiai értékét, PER- és NPU-adatait hasonlítjuk össze. Az adatok azt mutatják, hogy a tejfehérje táplálkozási értéke csak kissé alacsonyabb a tojásfehérjéénél. Világos különbség mutatkozik a kazein és a laktalbumin között is, ugyanis az utóbbinak a legnagyobb a biológiai értéke az összes tejfehérje közül, sőt biológiai értéke még a tojásfehérjénél is nagyobb. Míg laktalbuminból csak 14,5 g szükséges az ember napi esszenciális aminosav-szükségletének kielégítéséhez, addig ez az érték tojásalbuminból 17,4 g, tejfehérjéből pedig 28,4 g. A laktalbumin ezért a legnagyobb biológiai értékű fehérjének tekinthető, bár részesezése az összes fehérjén belül csak mintegy 20%. A kazein táplálkozási értéke a legkisebb, de a két fehérje kombinálásával lényegesen megnő a keverék biológiai értéke. Egy patkányokkal végzett kísérletben a savófehérje nagyobb testtömeg-növekedést eredményezett, mint a kazein. Egy másik kísérletben a 12% savófehérje-kiegészítést kapott patkányok ugyanolyan testtömeg-növekedést produkáltak, mint a 20% kazeint fogyasztók. A kazein PER-számát általában 2,5-nek tekintik, de egyes kísérletek azt mutatják, hogy elérheti a 3,2-et is. A savófehérjék közül az α -laktalbumin 4,0, a β -laktoglobulin pedig 3,5 PER-értékkel rendelkezik.

20.9. táblázat. *A tejfehérje és egyéb élelmiszer-fehérjék táplálkozási értéke*

<i>Élelmiszer-fehérje</i>	<i>Biológiai érték</i>	<i>PER-érték</i>	<i>NPU-érték</i>
Teljes tojás	100	3,8	94
Tehéntej	91	3,1	82
Kazein	77	2,9	76
Laktalbumin	104	3,6	92
Marhahús	80	2,9	73
Burgonya	71	–	–
Szójafehérje	74	2,1	61
Rizs	59	2,0	57
Búza	54	1,5	41
Bab	49	1,4	39

A fehérje minősége még a következő módokon is kifejezhető:

– Az esszenciális és a nem esszenciális aminosavak arányával, vagy az esszenciális és a nem esszenciális nitrogénnel. Ez az érték a tojásfehérjére 3,22, a tejfehérjére 3,20, a szójafehérjére pedig 2,58.

– Az esszenciális aminosav-index (EAA) a fehérje kémiai analizisén alapszik. A tojásfehérje EAA-indexe 100, a tejfehérjéé pedig 90.

– Kémiai érték (chemical score, CS) szintén az egyes fehérje esszenciális aminosav-tartalmán alapszik. Tejfehérjére ez az érték 81, savófehérjére 87, a FAO által ajánlott referencia fehérjéhez viszonyítva a savófehérje CS értéke 103–109.

– A laktalbumin és a kazein patkánykísérlettel meghatározott relatív táplálóértéke 100 és 90, ami azt mutatja, hogy a kazein értéke nagyobb, mint azt előzetesen meghatározták.

– A laktalbumin relatív fehérjeértéke 0,9, a kazeiné 0,72, a bab fehérjéé pedig 0,33.

– A nettó fehérjearány (NPR) a tojásfehérje esetében 5,0, a tejfehérje esetében 4,0 (a kazeiné 3,7, a laktalbuminé 4,3), a szójafehérjéé pedig 2,6.

– A relatív fehérjehasznosításnál (RNU) a laktalbumint tekintik referenciafehérjének, melynek RNU értéke 100. Ez az érték a kazein esetében 87, a szójafehérjénél pedig 70.

– A plazma szabadaminosav-tartalma, valamint a plazma karbamidtartalma szintén alkalmazható a fehérje táplálkozási értékének megállapítására.

– A felsoroltakon kívül még számos paramétert fel lehet használni a fehérje táplálkozási értékének meghatározására. Ilyen például a fehérje emészthetősége. Egy sertésekkel végzett kísérletben a tejfehérje emészthetőségét 85%-nak, a szójafehérjéét pedig csak 57–67%-nak találták.

– Olyan mikroorganizmusokat is használnak a fehérje biológiai értékének meghatározására, amelyek aminosav-szükséglete hasonló az emberéhez. Így pl. használják a *Tetrahimena* piriformist, amellyel a fehérje biológiai értékének meghatározása gyors és olcsó, és az eredmények jól egyeznek a tényleges biológiai értékkel.

Bármelyik értékelést is választjuk, egyértelműen kitűnik, hogy a tejfehérje lényegesen értékesebb, mint a növényi fehérje. Ennek részben az is az oka, hogy a növényi fehérje kevésbé emészthető, mint az állati fehérje, mivel ez utóbbit a *tripszin* és a *pepszin* könnyebben hidrolizálja, mint a növényi fehérjét.

A fehérje tökéletes hasznosulásához megfelelő mennyiségű energiát is biztosítani kell, ugyanis ha nem áll rendelkezésre megfelelő energia, a fehérje egy része energianyerésre használandó fel. Egy emberekkel és egy patkányokkal végzett kísérlet bizonyította, hogy a kazeinhasznosulás jobb volt akkor, amikor megfelelő mennyiségű energia állt rendelkezésre.

A húsfehérje biológiai értéke alacsonyabb, mint a tejfehérjéé annak ellenére, hogy a húsfehérje lizintartalma nagyobb, mint a tejfehérjéé. Ennek oka az aminosav-szekvenciában keresendő, ugyanis a húsfehérjénél olyan a lizin környezete, ami csökkenti a lizin hozzáférhetőségét a tejfehérjéhez képest.

Azt is meg kell említeni, hogy a tejfehérje sokkal olcsóbb, mint az egyéb állati eredetű fehérjék. A statisztikai elemzések azt mutatták, hogy a tejfehérje az összes fehérjefogyasztás 20%-át teszi ki, holott ennek ára csak 15%-a az összes elfogyasztott fehérjének. Németországban egységnyi mennyiségű hal vagy tojásfehérje ára két-háromszorosa, a húsfehérjéé pedig négy-hatszorosa a tejfehérjéének. Az Egyesült Államokban egy egység földimogyoró vagy búzalisztfehérje ára több, mint a sovány tejpor fehérjéé. Egy egység marhahúsfehérje ára tízszeresébe kerül egy egység tejfehérje árának, és a sovány tej tejfehérjéje csak alig kerül valamivel többre, mint a szójafehérje. A fentiek miatt a különböző fehérjékre egy

gazdasági élelmiszerérték-index bevezetését javasolják, amelyben nemcsak a fehérje táplálkozási értékét, hanem annak árát is figyelembe vennék. Zsírtmentes tejporon vagy savófehérje-koncentrátumon alapuló komputerprogramokat is kifejlesztettek élelmiszerek előállítására, amelyek nemcsak a fehérje esszenciális aminosav-tartalmát, hanem a fehérje árát is figyelembe veszik.

Esszenciális aminosav-ellátás. Az aminosavak közül a triptofán, a fenilalanin, a leucin, az izoleucin, a treonin, a metionin, a lizin és a valin tekinthető felnőtt ember számára esszenciálisnak. A hisztidint nem tekintjük esszenciális aminosavnak, ugyanis az emésztő traktusban élő mikroorganizmusok egészséges embernél szintetizálni tudják. Az emberi szervezet számára minimálisan szükséges esszenciális aminosavak mennyiségét többen meghatározták. A 20.10. táblázat a felnőtt ember minimális napi esszenciális aminosav-szükségletét mutatja, és tartalmazza a napi szükséglet kielégítéséhez szükséges tej mennyiségét is.

A táblázat adatai 3,3%-os fehérjetartalom alapszanak. A táblázatban a metionin és a cisztin együttesen szerepel, mert a cisztin részben ki tudja elégíteni a kéntartalmú aminosav-szükségletet. Ugyanez vonatkozik a fenilalaninra és a tirozinra is. Fél liter tej elfogyasztásával a metionin és a cisztin kivételével az összes esszenciális aminosav-szükségletet ki lehet elégíteni. A metionin- és a cisztinszükségletet csak több tejjel, esetleg sajttal lehet fedezni. A tej és tejtermékek ezért nagymértékben hozzájárulnak a szervezet esszenciális aminosav-szükségletének kielégítéséhez, különösen akkor, ha kiegyensúlyozott diéta részei, amelyek más egyéb élelmi fehérjéket is tartalmaznak. A vegetáriánus élelmiszerek mintegy 30%-a metioninhányos, és a szójafehérje is viszonylag kevés metionint és cisztint tartalmaz.

20.10. táblázat. *A felnőtt napi átlagos esszenciális aminosav-igénye, és az annak kielégítéséhez szükséges tej mennyisége*

<i>Esszenciális aminosav</i>	<i>Minimális mennyiség (g)</i>	<i>1 dm³ tej tartalma (g)</i>	<i>A kielégítéshez szükséges napi tejmennyiség (dm³)</i>
Trp	0,25	0,5	0,5
Phe + Tyr	1,1	3,5	0,3
Leu	1,1	3,4	0,3
Ile	0,7	2,1	0,3
Thr	0,5	1,7	0,3
Met + Cys	1,1	1,2	0,9
Lys	0,8	2,7	0,3
Val	0,8	2,2	0,4

A FAO/WHO egy szakértői csoportja kidolgozta az ideális táplálékot, amely optimális mennyiségben és arányban tartalmazza az esszenciális aminosavakat. E referencia fehérjének aminosav-összetételét a 20.11. táblázatban a tejfehérje, a savófehérje és a tojásfehérje aminosav-összetételéhez hasonlítjuk.

20.11. táblázat. Az esszenciális aminosavak mennyisége a vonatkoztatási fehérjében, a tejfehérjében és a tojásfehérjében

Esszenciális aminosav	Koncentráció (g/100 g fehérje)			
	Vonatkoztatási fehérje	Teljes tojás fehérje	Tejfehérje	Savófehérje
Trp	1,0	1,5	1,4	2,1
Phe + Tyr	6,0	10,5	10,5	7,3
Leu	7,0	9,1	10,4	11,1
Ile	4,0	6,7	6,4	6,8
Thr	4,0	5,1	5,1	8,0
Met + Cys	3,5	5,9	3,6	4,8
Lys	5,5	6,9	8,3	9,9
Val	5,0	7,5	6,8	6,8

A táblázat adatai azt mutatják, hogy a tejfehérje az összes esszenciális aminosavból megfelelő mennyiséget tartalmaz, még a kéntartalmú aminosavakból is, amelyekből a tojásfehérje esetében felesleg mutatkozik. Ez az összehasonlítás ismét rámutat a savófehérje magas biológiai értékére. A savófehérje több esszenciális aminosavat tartalmaz, mint a tejfehérje, és több triptofánt, treonint, leucint és lizint, mint a tojásfehérje. Ez utóbbi azonban gazdagabb metioninban és ciszteinben, valamint fenilalaninban és tirozinban. Néhány, emberekkel végzett kísérletben rájöttek arra, hogy az ember jobban elviseli a kazeinből és az albuminból álló ételmisszeradagot, mint az ún. ideális fehérjét, amelyet tiszta aminosavak keveréként állítottak elő.

Az esszenciális aminosavak optimális hasznosulásához bizonyos mennyiségű nem esszenciális aminosavnak is rendelkezésre kell állni, ami bőségesen megtalálható a tejfehérjékben. Mivel a metionin a tejfehérje limitáló aminosava, esetleg megfontolandó a tejfehérje metioninnal történő kiegészítése. Ilyen kiegészítést mégis inkább a növényi fehérjék fogyasztása esetén, ill. az állati takarmányozásban célszerű végezni. A növekvő biológiai érték elérése érdekében a tejfehérjét inkább savófehérjével – amelynek biológiai értéke a legnagyobb a tejfehérjék közül – kellene kiegészíteni, a savófehérje-koncentrátum ugyanis nagyon magas biológiai értékű.

Az ételmisszerek tápláléértékének növelése

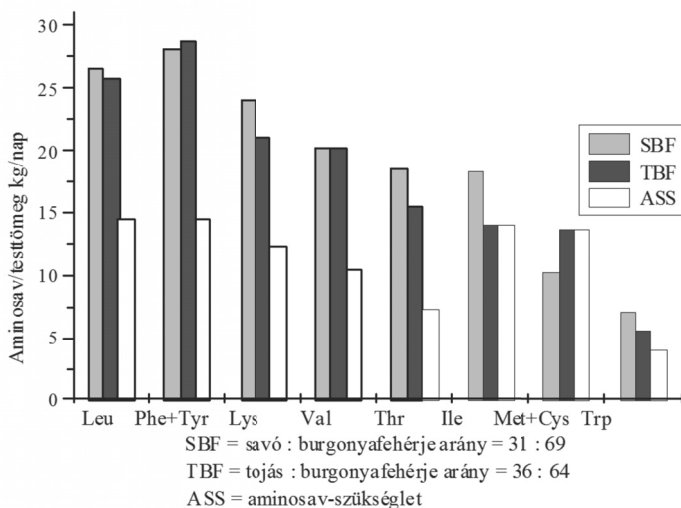
Mivel a tejfehérje nagyobb mennyiségben tartalmaz esszenciális aminosavakat, növényi eredetű tápanyagokhoz keverve képes azok tápláléértékét megnövelni. Érdemes tejfehérjét adni a kenyérhez és más, gabonafélékből készült ételmisszerekhez, mert ezzel növelhető a tápértékük. A 76% tejfehérjét és 24% gabonafehérjét tartalmazó keverék aminosav-összetételét ideálisnak tartják, melynek biológiai értéke nagyobb, mint magáé a tejfehérjéé. Általános szabály, hogy az ilyen keverékek biológiai értéke nagyobb, mint amit az egyes komponensek alapján kalkulálni lehet. Érdemes megemlíteni egy kísérlet eredményét, amelyben 52-es biológiai értékű kenyeret és 76-os biológiai értékű sajtot együtt fogyasztva

a keverék biológiai értéke 76 volt, holott egymást követő napokon, külön-külön fogyasztva, az együttes biológiai érték csak a 67-et érte el.

A növényi fehérjék átlagos kémiai értékszáma 84,7, de amikor állati eredetű fehérjét is adnak hozzájuk, a kémiai értékszám 91,3-ra nő. A nitrogén emészthetősége a két anyag esetében átlagosan 80,3 és 88,3 volt. A kazein egyedül is növeli a növényi eredetű fehérje biológiai értékét. Egy kísérletben a reggeliben lévő fehérje akkor érte el a legnagyobb biológiai értéket, ha tojást, kenyeret és sajtot tartalmazott. Az élelmi fehérjék biológiai értékének növelése különösen a fejlődő országokban fontos, ahol jelentős fehérjehiánnyal kell számolni. A rizs, a kukorica, a köles és a búza fehérjéjének biológiai értékét jelentős mértékben meg lehet növelni sovány tejjel vagy savófehérje-koncentrátummal, és a legtöbb, ezekbe az országokba irányuló táplálkozási programtervezet számol is ezekkel a lehetőségekkel. A tej és a kenyér együttes fogyasztása az aminosav-ellátáson túl kiegyensúlyozott ásványianyag- és vitaminellátást is biztosít az emberi szervezet számára.

A tejfehérje burgonyával való kombinálása szintén azt mutatja, hogyan lehet a tejfehérje segítségével megnövelni a fehérjekeverék biológiai értékét. A két fehérje optimális arányát 1:1-nek találták. Hasonló volt az optimális arány akkor is, amikor a tejfehérjét a rizshoz, a kukoricához, a babhoz vagy gyümölcshez és zöldségfélékhez keverték. Különösen magas (118,5) biológiai értékű fehérjekeveréket kapunk, ha tojás- és tejfehérjét keverünk 75–25% arányban. A savófehérje magasabb biológiai értéke miatt jobban növeli a keverékek biológiai értékét, mint a tejfehérje. A 70% laktalbumint és 30% burgonyafehérjét tartalmazó keverék biológiai értéke 134 volt. A savófehérje magas biológiai értéke kitűnik akkor is, ha a savófehérje-burgonyafehérje, valamint a tojásfehérje-burgonyafehérje keverékek biológiai értékét hasonlítjuk össze. Savófehérje és búza, rizs vagy kukorica keverékekben a legmagasabb PER-értéket akkor kapták, ha mindegyik komponenst egyenlő arányban keverték össze. Hangsúlyozni kell, hogy a savófehérje a tejfehérjében, amely a kazein és a savófehérje keveréke, a kazein értékét is növeli. A savófehérjéket különösen nagy előszeretettel használják az ún. körültekintő, kímélő diétákban. A különböző fehérjekeverékek esszenciális aminosav-tartalmát és az ember aminosav-szükségletét a 20.2. ábra mutatja.

Számos vizsgálat bizonyította, hogy a tejfehérje, de különösen a savófehérje, számottevő mértékben megnövelte a szójafehérje biológiai értékét élelmiszer-keverékekben. Ez a hatás a savófehérje nagy kéntartalmú aminosav-koncentrációjának köszönhető, amely kiegészíti a kéntartalmú aminosavakban szegény szójafehérjét. Amennyiben a savófehérje PER-értékét 100-nak tekintjük, akkor a szójafehérje PER-értéke 41, de ha 1:1 arányban összekeverjük a szójafehérjét és a savófehérjét, akkor a PER-érték 85-re nő, sőt 10% savófehérje szójához történő keverése is már jelentős biológiaiérték-növelést eredményez. Egy patkánykísérletben 10% fehérjetartalmú, 1:1 arányú savófehérjét és szójafehérjét tartalmazó tápot etetve ugyanazt a növekedést érték el, mint a tiszta savófehérje esetében, míg a szójafehérje-izolátum esetében a testtömeg-növekedés lényegesen kisebb volt.



20.2. ábra. A különböző fehérjekeverékek esszenciális aminosav-tartalma és az esszenciális aminosav-szükséglet

A biológiailag értékes fehérjék egy részét nem esszenciális nitrogéntartalmú vegyületekkel is helyettesíteni lehet. Ezt a megállapítást azokból a kísérletekből vonták le, ahol a tojás- és a tejfehérje biológiai értéke nem csökkent, amikor ezt a két értékes fehérjét részben aszparaginsavval, glutaminsavval vagy diammonium-citráttal helyettesítették. Ily módon a tojásfehérje 67%-át, a tejfehérjének pedig 10–15%-át tudták helyettesíteni. Itt célszerű megemlíteni azt is, hogy az állati eredetű fehérje 40%-át tej vagy tejtermék formájában fogyasztjuk, míg a tojásfehérje csak a 7%-át teszi ki az összes elfogyasztott állati eredetű fehérjének.

A tejfehérje étrendi hatása

Az élelmiszer-fehérjéknek könnyen kell emésztődniük. Ennek a kívánalomnak a tejfehérje teljes mértékben eleget tesz, mert könnyebben emésztődik, mint a növényi fehérje. Ennek az az oka, hogy a tejfehérjék hidrolízisekor sokkal több kis molekulatömegű peptid válik szabaddá, mint pl. a szója hidrolízisekor, és ezek a kis peptidok könnyen abszorbeálódnak a vékonybélben. A tejfehérjék valódi emészthetőségét 96%-osnak találták, míg ugyanez az érték növényi fehérjére 78–84%. A tejfehérjék és különösen a kazein emészthetősége azért nagyon jó, mert ezek finom eloszlású koagulátumot képeznek a gyomorban. A tej finom eloszlású koagulátumává válását homogénezéssel és hőkezeléssel lehet elősegíteni.

A tejfehérje magas biológiai értéke, különösen a savófehérjéé, alkalmassá teszi a tejet és tejtermékeket arra, hogy olyan betegek táplálására alkalmazzák, akik máj- és epebántalmakban szenvednek, túlsúlyosak vagy cukorbeteg. Ezeket a fehérjéket fogyókúrák esetében is használják, sőt a tejfehérjéket előszeretettel

használják olyan betegek táplálására is, akik májcirrózisban szenvednek, mivel segítik az új sejtek regenerálását. A vesebajban szenvedőknek is előnyös a nagy biológiai értékű fehérje fogyasztása, mert nem terheli meg a vesét a sok fölösleges anyag kiválasztásával.

A tejfogyasztás nagyon előnyös azok számára is, akik gyomorhurutban vagy gyomorfekélyben szenvednek, mert a tejfehérje nagy pufferkapacitása segít megelőzni a sok gyomorsav káros hatását. A tej és a tejtermékek fogyasztása segít a hiperurikémia és a köszvény megelőzésében is, mert ezek nem tartalmaznak purint, ami a húgysav prekursora. A húgysav egyrészt köszvényt okozhat, amikor az ízületekben lerakódik, másrészt húgykőképződéshez is vezethet.

Állatkísérletekben nagyobb volt az ellenálló képesség a bakteriális fertőzéssel szemben akkor, amikor a tápanyag 15–20% kazeint tartalmazott. Kimutatták azt is, hogy a laktoglobulin emésztése során olyan antibakteriális anyagok keletkeznek, amelyek okai lehetnek a vékonybélben lévő mikroszervezetek pusztulásának, a kazein degradációs termékeiből pedig egy ópiumhoz hasonló hatású anyagot extraháltak, amely ellenállt a *peptidázoknak*.

Állatkísérletekben megállapították, hogy nyulak esetében a kazein növeli, a szójafehérje pedig csökkenti a szérum koleszterinszintjét. Szójafehérje esetében hasonló hatást tapasztaltak a hiperkoleszterinemiában szenvedő betegek esetében is. Ezen kutatási eredmények publikálása után számos megfigyelés látott napvilágot, amely tagadta, hogy kapcsolat volna ezen két fehérje fogyasztása és a szérumkoleszterin-szintje között. Azt találták, hogy a kazein egyedül nem megfelelő fehérjeforrás a nyúl számára, így keverék fehérjében adva a tejfehérjét, az csökkenteni fogja a koleszterinszintet. Kísérleteket végeztek fenti eredmények magyarázatára, amelyeket a kazein és a szójafehérje különböző aminosav-összetételében véltek felfedezni. Ennek azonban ellentmondtak azok a vizsgálatok, amelyekben a kazein és a szója aminosav-összetételét azonos szintre állították be. Azok a patkányok, amelyek a tejfehérjéhez és a szójafehérjéhez nagyon hasonló összetételű tápot fogyasztottak, nem mutattak különbséget a szérumkoleszterinszintben, ebből arra lehet következtetni, hogy a talált különbségek okai nem a fehérjék, hanem az egyéb összetevők (pl. a szénhidrátok vagy a rost) voltak.

Egy kísérletben a nyulakat szójafehérjével etetve magasabb koleszterinszintet mértek, egy másik kísérletben pedig, amikor a kazein mennyisége elérte a takarmány összes energiatartalmának 40%-át, nőtt a koleszterinszint a 10, illetve 20%-os kazein-energiaszinthez képest. Patkányoknál a magas fehérjeszint megnövelte a koleszterin abszorpcióját, de megnövelte a koleszterinkiválasztást is. Itt ismételt hangsúlyozni kellene, hogy az állatkísérletek eredményei nem vihetők át teljes mértékben az emberre, mert pl. egy fiatal emberekkel végzett kísérlet azt mutatta, hogy a kazein- vagy a szójafogyasztás nem befolyásolta a szérum lipidtartalmát. Egy másik kísérletben, ahol fiatalok két csoportja az élelmiszer teljes energiatartalmának 13–16%-át kitevő mennyiségű szója-, illetve kazeinfehérjét fogyasztott, mindkét csoportnál csökkent a szérumkoleszterin-szintje.

Tejfehérje-intolerancia és tejfehérje-allergia

A tejjel kapcsolatos intolerancia a csecsemőnél nem mint fehérje-, hanem mint laktózintolerancia jelentkezik. A fehérjeintolerancia kimutatásához néhány nagyon egyértelmű teszt elvégzése szükséges. Az egyszerű bőrtesztnél több szükséges annak eldöntésére, hogy csakugyan a tejfehérjével szembeni allergiás reakcióról van-e szó. A kiváltó okok miatt a tejfehérje-intolerancia három okra vezethető vissza:

- A malabszorpció a komponensek tökéletlen abszorpciójának következménye, amelyek aztán a vékonybélben elbomlanak, és másodlagos, nemkívánatos hatásokkal járnak.

- Az intolerancia enzimhatás következménye, ami különböző, olyan anyagok felhalmozódásához vezethet, amelyeket a szervezet nem képes megemészteni, és amelyek más enzimek blokkolását okozhatják.

- Allergiás reakció alakul ki a szervezetben a tejfehérjével vagy a részlegesen lebontott tejfehérjével szemben.

A speciális tejfehérje-malabszorpció ismeretlen. A tejfehérje-intolerancia legismertebb formája a fenilketonurea (PKU), amikor egy örökölt fogyatékoság következtében a *fenilalanin hidroxiláz* enzim nem tudja a fenilalanint tirozinná átalakítani, ezért a fenilalanin és patológiás bomlástermékei akkumulálódnak a szervezetben. Ezek sejtkárosodást, mentális visszamaradást, végső soron a központi idegrendszer irreverzibilis károsodását okozhatják. A fenilalanin akkumulációja a szövetekben csökkenti az esszenciális aminosavak szállítását és azok abszorpcióját. Ráadásul a fenilalanin egy része fenolszármazékokká bomlik le, amelyek inhibíálják a triptofán metabolizmusát. A fenilketonureás megbetegedés 10–15 ezer újszülött közül egy esetben fordul elő.

A rendellenes enzimműködés az újszülötteknél kimutatható. Hogy a kezelés hatékony legyen, a speciális étkezést már az élet első hónapjában el kell kezdeni. Egy ilyen étrend nem tartalmazhat anyatejet vagy tehéntejet vagy ezekből előállított preparátumokat és semmi egyéb, természetes eredetű fehérjét sem, mert ezek túl sok fenilalanint tartalmaznak. Ezek helyett olyan kazeinhidrolizátumokat használnak, amelyekből a fenilalanin nagy részét eltávolították. Ennek az étrendnek azonban az esszenciális aminosavakat tartalmaznia kell, különben a testi fehérjék lebomlanának. A tejfehérje részvétele egy ilyen étrendben azzal indokolható, hogy biztosítja a szervezet számára szükséges esszenciális aminosavakat úgy, hogy a fenilalanin szintje a plazmában elegendő legyen a normális növekedéshez, de elég alacsony legyen ahhoz, hogy ne okozzon károsodást a központi idegrendszerben. Növekvő tirozinadaggal bizonyos mértékben kompenzálni lehet az alacsony koncentrációjú fenilalanint.

Kezdetben az étel nem tartalmazhat 55–60 mg-nál több fenilalanint naponta testtömeg-kilogrammmra számolva, amely mennyiséget természetesen a hetente elvégzett véranalízis alapján korrigálni kell. Az első három hónapban a csecsemők napi adagja testtömeg-kilogrammonként 45–60 mg között változik, ami az első év

végére 20–30 mg-ra, ezt követően pedig 15–20 mg-ra csökken. A szérumban lévő szabad fenilalanin optimális koncentrációja 1–2 mg/100 cm³, PKU-étrend hatására beteg embereknél ez a szint 5–10 mg/100 cm³ körül alakul. Ilyen esetben javasolják a magas esszenciális aminosav- és alacsony fenilalanintartalmú savófehérjéket a betegek étrendjében. Mivel a savófehérjék természetes eredetűek, biológiai értékük és emészthetőségük jobb, mint a hagyományosan alkalmazott PKU-étrenddé anélkül, hogy megemelnék a plazma fenilalaninszintjét. Ezek a savófehérje-preparátumok pozitív nitrogénegyensúlyuk révén különösen alkalmasak fenilketonuriában és hiperfenilalaninémiában szenvedők étrendjében. A szigorú diétát 8–10 éves korban lehet enyhíteni, amikor az agy már tökéletesen kifejlődött.

A tejfehérje-allergia vagy -túlérzékenység rendkívül ritka. Konkrét adatok ugyan nem állnak rendelkezésre, de a közleményekből megállapítható, hogy ezen betegségben szenvedők számát egyesek 0,5–1%-ra teszik, mások, és talán ez áll közelebb a valósághoz, ötezerből egy esetet említenek, és ezeknek az eseteknek a száma is, a klinikák legújabb adatai alapján, az utóbbi években jelentősen csökkent. Az allergia vagy túlérzékenység okozói az egyes tehéntej-fehérjefrakciók, de néhány esetben anyatejre is kimutattak érzékenységet. A tehéntejben a β -laktoglobulin a fő felelős az allergiáért, hisz ez a fehérjefrakció az anyatejben nem fordul elő, de az α -laktalbumin, a szérumalbumin és a kazein is kiválthat allergiát, egyszóval az összes tejfehérje lehet allergén hatású. Az allergiás tüneteknek a megjelenési formája lehet hányás, hasmenés, egyéb emésztési zavarok, ekcéma, bronhitisz, súlyvesztés, sőt anafilaxiás sokk is, és a vékonybél mukóza károsodásáról szintén beszámoltak. Mivel a tejfehérje-allergia bizonyos családoknál igen gyakran előfordul, úgy tűnik, hogy ennek okát örökletes alapon kell keresni. Ez az allergia gyakran társul egyéb fehérjékkel (pl. a szójával, a rizzsel és a búzafehérjével) szembeni allergiával is.

A fehérjeallergiában szenvedő csecsemőknek nem szabad tehéntejet adni, a tehéntejre való érzékenység azonban a tej hőkezelésével némiképp csökkenthető. Mivel a hőkezelés hatására elsőként a savófehérjék, az allergia fő okozói denaturlódnak, lehetségesnek tűnik egy olyan tejalapú tápszer előállítása, amely biológiailag igen értékes fehérjékből áll és nem allergén. Károsak lehetnek azonban a hőkezelés során a Maillard-reakcióban képződő melléktermékek, mert ezek is okozhatnak allergiát. Meg kell említeni itt még azt is, hogy a csecsemőknél tapasztalt fehérjeallergia 1–2 éves kor után megszűnik, így ezen életkor után a tej- és tejtermékfogyasztás fokozatosan növelhető.

Felmerül a kérdés, hogy van-e valamilyen kapcsolat a fehérjével szembeni allergia és az antigén-antitest reakció között. Ezt a kérdést csak nemlegesén lehet megválaszolni, mivel a béltraktusban sok idegen fehérjével kapcsolatos antitest alakul ki. Az antitestek jelenléte a vérben azt jelzi, hogy a szervezet reagál olyan antigének hatására, mint amilyenek pl. a toxinok, mikroorganizmusok, vírusok, idegen fehérjék és egyéb anyagok. Ezért nincs kapcsolat az antitestek vérbeli jelenléte és az allergiás reakció között. Az antitestek alkalmatlanok a diagnózisra,

nem jelzik a betegséget, és csak nagyon ritkán okoznak klinikai tüneteket. Nem találtak jelentős különbséget a vér antitestek számában egészséges és fehérjére allergiás gyermekek között. A csecsemők 42–76%-ának vérszéruma tartalmaz a tejfehérjével szembeni antitesteket, de ez az arány a gyermekeknél és a felnőtteknél sokkal kisebb. Az újszülöttek vére nem tartalmaz antitesteket, és az antitestek koncentrációja csak a 3. és a 12. hónap között éri el a maximumát. Ezt követően folyamatosan csökken, így a négy-hat éves gyerekek vérenek antitestszintje már minimális. Szoptatott csecsemők vére kevesebb tehéntej elleni antitestet tartalmaz, mint azoké, akiket teljesen tehéntejen alapuló csecsemőtápszerral neveltek fel, vagy ilyen tápszert már életük 15. napja előtt is fogyasztottak. A tehéntejen nevelt csecsemők nem termelnek antitesteket az anyatejjel szemben, fordított esetben azonban megindulhat az antitesttermelés. A tehéntejjel szembeni antitest-termelődés megindulhat azoknál a csecsemőknél is, akik ugyan szopnak, de anyjuk tehéntejet fogyaszt.

Majdnem az összes tejfehérje képes antitest-termelődést kiváltani (bár közülük legjelentősebb a β -laktoglobulin), amelyek különböző variánsai immunológiai hatást mutatnak. A tejfehérje hidrolízise után kapott termékek is rendelkezhetnek antigén hatással, bár az antigén hatást hőkezeléssel – a hőkezelés hatása a savófehérjéknél a legnagyobb – itt is jelentősen csökkenteni lehet. Említésre méltó, hogy tojásalbuminnal, húsférféjével, kecsketejfehérjével, búza- és szójaférféjével szembeni antitestek is megtalálhatók a vérszérumban.

Immunológiai szempontok és a tejfehérje

Az embernél és az emlősöknél az anyai szervezet immunoglobulinjai a születés előtt vagy röviddel a születés után kerülnek be az újszülött szervezetébe, kialakítva ott a kórokozók és azok toxinjaikkal szembeni immunitást. Az immunanyagok átadása és ideje függ a placenta szerkezetétől. Az embernél az antitestek, főként az immunoglobulin-G, a méhen belüli életben mennek át az anya véreből a magzatba, így az újszülött passzív immunitással születik. Ugyanez a helyzet a patkánynál és a tengerimalacnál is. Ezzel ellentétben a szarvasmarhánál, a lónál, a birkánál, a kecskénél és a sertésnél az immunanyagok a születés után a kolosztrumból kerülnek át az újszülöttbe. A patkánynál, az egérnél, a kutyánál és a macskánál mindkét mechanizmus működik.

Az immunoglobulinok közül az IgG és IgM csak az első szoptatás után jelenik meg a borjú vérszérumában, ezért a kolosztrumitálás feltétlenül szükséges a betegséget okozó kórokozók elleni immunitás kialakításához. Az első fejésű kolosztrum a szarvasmarhánál 8–11% immunoglobulint tartalmaz, ami az összes fehérjének több mint 50%-a. Az anya kolosztrumában is nagy az immunoglobulinok koncentrációja, de míg a tehén kolosztrumában dominál az IgG, addig humán kolosztrum főként IgA-t tartalmaz.

A nyers tehéntej fehérjéje nem tud áthatolni az egészséges újszülött csecsemő vékonybelének falán, ennek megfelelően az anyatej immunoglobulinjai sem

képesek átjutni ezen az úton az újszülött szervezetébe. Ezért nincs szignifikáns növekedés a vérszérum immunglobulin-tartalmában az első adag kolosztrum elfogyasztása után és előtt, és ezért gondolják többen azt, hogy az antitesteknek nincs komoly szerepük az újszülött szempontjából az anyatejben. A legújabb vizsgálatok szerint azonban az élet első 24 órája alatt az IgA 10–15%-a képes az újszülött vékonybeléből felszívódni, ezért a humán kolosztrum nagyobb IgA-szint kialakítására képes, mintha a csecsemőt tehéntejjel táplálnák.

Az előzőek miatt többen úgy gondolják, hogy az anyatej bizonyos immunológiai védettséggel látja el az újszülöttet a különböző kórokozókkal szemben, sőt az anyatejnek antimikrobiális hatása is van. Az antimikrobiális hatást korábban a lakteninnek tulajdonították, de ma már tudjuk, hogy ez a hatás egy összetett mechanizmus eredménye, amelyben olyan anyagok vesznek részt, mint az immunglobulinok, a laktoferrin, a lizozim, a *laktoperoxidáz* vagy a *laktoperoxidáz-tiocianát* rendszer és a vitaminkötő fehérjék. Az immunglobulinok, főként az IgA, nem emésztődnek meg, az emésztő enzimek nem támadják meg őket, ezért ezek eredeti formában érik el a vékonybelet, ahol nemcsak a bél nyálkahártya védelmében vesznek részt, hanem megakadályozzák az idegen fehérjék abszorpcióját is. Az IgA ezért a patogén vagy potenciálisan patogén mikroorganizmusok, baktériumok és vírusok ellenanyaga. Ezek az immunglobulinok igen kis mennyiségben is megvédik az újszülöttet életének első évében a fertőzésekkel szemben mindaddig, amíg a saját immunrendszere ki nem alakul.

A laktoferrin különösen fontos szerepet játszik a bélfertőzéssel szembeni rezisztencia, különösen az *E. coli* ellen. A laktoferrin egy vasszállító fehérje, amely a szervezet vastranszportjában játszik szerepet. A fehérje bakteriosztatikus hatását, ami a vékonybelet változatlanul éri el, abban látják, hogy megköti a vasat, és ezzel inhibálja azoknak a baktériumoknak a növekedését, amelyeknek vasra van szükségük. A laktoferrin normál állapotban csak részlegesen telített vassal, így kb. 70%-ban hatásos az *E. coli* növekedésének inhibálására. Amikor azonban kiegészítésül vasat adnak az anyatejhez, a laktoferrin telítődik vassal, és ezzel elveszíti bakteriosztatikus hatását. Az immunglobulinok erősítik a laktoferrin bakteriosztatikus hatását.

Az anyatej viszonylag nagy mennyiségben tartalmaz egy B₁₂-vitamint kötő fehérjét, amely csak részlegesen telített B₁₂-vitaminnal, és teljes mértékben hiányzik a tehéntejből. Ez a fehérje verseng a baktériumokkal a B₁₂-vitamínért, és így hozzájárul az anyatej védő hatásához. A fertőzés elleni védelemhez hozzájáruló fehérjék között vannak a glikoproteinek is, amelyek elősegítik a béltraktusra oly jellemző *Lactobacillus bifidus* elszaporodását.

Beszámoltak arról is, hogy a szoptatott csecsemők kisebb mértékben betegszenek meg, mint a tehéntejjel tápláltak, ami az anyatej specifikus antimikrobiális hatásának tulajdonítható.

20.3. A lipidek

A lipidek közé sokfajta, igen változatos felépítésű anyag tartozik. Közös bennük az, hogy vízben nem, csak apoláros zsíroldószerekben (petroléter, kloroform, éter, benzol) oldódnak. Ezekkel a különböző szövetekből extrahálhatók. A szervezetben betöltött funkcióik alapján az alábbiak szerint lehet őket csoportosítani:

- raktározott üzemanyagok,
- a fehérjékkel közösen membránok alkotórészei,
- a sejtmembrán borító-, védőanyaga,
- bioaktív vegyületek (amelyek kis mennyiségben is jelentékeny hatást fejtenek ki).

20.3.1. A tejsír

20.3.1.1. A tejsír mint energiahordozó

A tehéntej átlagos zsírtartalma 3,8%, de ez az érték 2,5 és 8,0 százalék között változhat. Hazánkban a legtöbb folyadéktej zsírtartalmát 2,8%-ra állítják be, más országokban ez az érték 3,0 és 3,8% között változik, és néhány helyen a tejet a természetes zsírtartalommal árusítják. A tejsír energiatartalmának nincs különösebben nagy jelentősége a fejlett országokban, hisz ott úgyis energia-túlfogyasztással kell számolni. A napi energiafelvétel átlagosan 12,5 MJ, holott az ideális energiafelvétel 9,2–10,5 MJ lenne akkor, ha nem végeznek nehéz fizikai munkát. A legtöbb ipari országban a napi zsírfogyasztás személyenként 130–150 g, holott 80–90 g elegendő lenne, a minimális zsírigényt pedig 40–50 g-ra becsülik.

Az ideális táplálék energiatartalma 25–30%-ának a zsírból, 15%-ának a fehérjéből, 50–60%-ának pedig a szénhidrátból kellene származnia. A különböző szerzők által javasolt részarány az energiaellátásból zsírra 25–35% között, fehérjére 12–20% között, szénhidrátra pedig 45–60% között van. Ezekből a javaslatokból levonhatjuk azt a következtetést, hogy a zsír és a fehérje hozzájárulása a szervezet energiaellátásához optimális esetben 1,6:1 arányú. A fogyasztói szokások megváltozása miatt ez az arány a 20. században egyre romlott, ugyanis 1910-ben ez az arány 2,64, 1937-ben 3,42, 1963-ban pedig 4,35 volt. Manapság a fehérje alig több mint 10%-kal, a zsír pedig kb. 40%-kal veszi ki részét a szervezet energiaellátásából, és ez az arány az elmúlt 30 év alatt alig változott.

A tej és a tejtermékek aránylag kis részben vesznek részt a szervezet teljes energiaellátásában; az Egyesült Államokban és Németországban ez az arány 10% körül alakul, míg Nagy-Britanniában kb. 20%. A teljes tej átlagos energiatartalma 2,81 MJ/kg, ami gyakorlatilag teljesen azonos az anyatejével. Fél liter tej kb. 11%-át fedezi egy felnőtt teljes energiaszükségletének. A 3,5%-os zsírtartalmú teljes tejben a zsír az összes energia 45%-át, az 1,5%-ra csökkentett zsírtartalmú tejben 30%-át, a fölzött tejben pedig mintegy 3%-át teszi ki. A különböző országokban

a napi tejszírfogyasztás 30–40 g körül alakul, ami a teljes energiaszükséglet 25%-át fedezi. A napi ételmiszeradag zsírból és fehérjéből eredő kedvezőtlen energiaarányát a tejfogyasztás mérsékelni tudja, hisz a tejben a fehérje az összes energia mintegy 20%-át teszi ki. Érdeemes figyelemmel lenni arra is, hogy az optimális fehérjebeépüléshez adott minimális energiatartalom is szükséges, ellenkező esetben a fehérjét használja fel a szervezet energiaigényének kielégítésére, ami csökkenti a fehérje biológiai hasznosulását. A nitrogénbeépüléshez ezért mintegy 0,63 MJ szükséges 1 g nitrogénre, ill. 0,1 MJ 1 g fehérjére vonatkoztatva. Ez azt is jelenti, hogy ha növeljük az étrend fehérjetartalmát, akkor növelni kell annak energiatartalmát is.

20.3.1.2. A zsírgolyócskák felépítése

A zsír főképpen zsírgolyócska formában, emulzióként fordul elő a tejben. Mennyisége milliliterenként $1,5\text{--}4,6 \times 10^9$ db, átmérője pedig 2000 és 6000 nm között változik. Ezekből az adatokból ki lehet számítani a zsírgolyócskák felületét, amely 1000 cm² milliliterenként, illetve 100 m² literenként. Ez a hatalmas felület különleges reaktivitást biztosít a tejszírnak, amit még tovább fokoznak az enzimek és a katalitikusan aktív fémek, amelyek a zsírgolyócskák membránjában helyezkednek el. A membrán mintegy 60%-a lipid, 40%-a pedig fehérje. A zsírgolyócska membránrétegének 60%-a trigliceridekből, 20%-a pedig foszfolipidekből áll, és az anyatej zsírgolyócskamembránjának is hasonló a szerkezete.

20.3.1.3. A tej lipidjei

A lipidek 98–99%-a triglicerid, ami a zsírgolyócskában helyezkedik el. A zsírgolyócskamembrán ezen kívül még tartalmaz kis mennyiségben foszfolipideket és szterineket is. A tej összes lipidjeinek 95,0–98,7%-a a zsírgolyócskán belül, 0,4–2,17%-a a zsírgolyócska membránjában, 0,8–3,35%-a pedig a szérumban található. Ez a megosztottság némi változást mutathat az évszakok szerint. A tehén- és a humán tej lipidjeit a 20.12. táblázat tartalmazza.

A digliceridek kizárólagosan 1,2-diglicerid formában fordulnak elő, ezért ezek a triglicerid-szintézis közttermékeinek tekinthetők, a digliceridek tehát nem a lipolízis eredményei, mert szabad zsírsavak csak nagyon kis mennyiségben találhatóak a tejben. A monogliceridek többnyire 2-monoglicerid formában fordulnak elő, és zsírsavösszetételük jelentősen eltér mind a trigliceridekétől, mind a digliceridekétől, míg a szabad zsírsavak összetétele nagyjából megegyezik a trigliceridekével.

A szabad zsírsavak mennyisége a tejben 2–6 mg/kg, míg a tejszír szénhidrát-tartalma 30–50 mg kilogrammonként.

20.3.1.4. A tejsír zsírsavösszetétele

A tejsír több mint kétszáz különböző zsírsavat tartalmaz, ezek közül azonban a legtöbb csak nyomokban fordul elő a tejben.

20.12. táblázat. A tej lipidjei

Lipid (g/100 g zsír)	Tehéntej	Anyatej	Elhelyezkedés
Trigliceridek	96–99	98	zsírgolyó
Digliceridek	0,3–1,6	0,7	zsírgolyó
Monogliceridek	0,002–0,1	nyomokban	zsírgolyó
Foszfolipidek	0,2–1,0	0,26	zsírgolyómembrán és tejszérum
Cerebrozidok	0,01–0,07		zsírgolyómembrán
Szterinek	0,2–0,4	0,25	zsírgolyómembrán és tejszérum
Szabad zsírsavak	0,1–0,4	0,4	zsírgolyó és tejszérum
Szénhidrátok		nyomokban	zsírgolyómembrán
Zsírolható vitaminok (mg/kg zsír)			
Karotinoidok	6–10	1–20	
A-vitamin	6–20	5–50	
D-vitamin	nyomokban	nyomokban	
K-vitamin	1	15	

A tejsír zsírsavai lehetnek telítettek, telítetlenek, elágazók, valamint hidroxisavak és ciklikus vegyületek. A tejsír zsírsavösszetétele jelentősen eltér a többi természetes zsírtól. Csak 15 olyan zsírsav található benne, amelynek mennyisége meghaladja az 1%-ot. A tejsír zsírsavösszetételét és a határértékeit a 20.13. táblázat tartalmazza. A tejsír zsírsavait a szénlánc hosszúsága szerint a következőképpen lehet felosztani:

- rövid szénláncú zsírsavak: 4–8 szénatomszám között,
- közepes szénláncú zsírsavak: 8–14 szénatomszám között,
- hosszú szénláncú zsírsavak: 14-nél nagyobb szénatomszámmal.

A táblázatból világosan látszik, hogy a tejsír viszonylag sok rövid szénláncú zsírsavat tartalmaz, ami a tejsír talán legfontosabb jellegzetessége, ugyanis a legtöbb zsír vagy olaj csak nyomokban tartalmazza ezeket a rövid szénláncú zsírsavakat. A táblázatból az is kitűnik, hogy a tejsír aránylag kis mennyiségben tartalmazza a többszörösen telítetlen zsírsavakat, és a páratlan szénatomszámú zsírsavak koncentrációja is csekély. A rövid szénláncú zsírsavak relatíve nagy koncentrációja még inkább szembeötlő, ha részarányukat a tejsírban mólszázalékban fejezzük ki; ugyanis ekkor a vajsav 7–13%-ot, a kapronsav 4–5%-ot, a kaprilsav pedig 1–2,5%-ot képvisel az összes zsírsavon belül. Keveset tudunk a minor zsírsavak táplálkozási jelentőségéről, amelyek mennyisége kevesebb mint

1%. Kivételt képeznek ez alól a többszörösen telítetlen minor zsírsavak, amelyeknek táplálkozási értéke közismert. A 20.14.–20.15. táblázatok azokat a minor zsírsavakat tartalmazzák, amelyeket a tehéntejből mutattak ki.

Hidroxisavakat szintén kimutattak a tejszírből. Ezek hidrox-triglicerideket, illetve laktonokat képeznek. A laktonok 70–120 mg/kg mennyiségben vannak jelen a tejszírből, és jelentős mértékben hozzájárulnak a tej zamatának kialakításához.

20.13. táblázat. *A tejszír főbb zsírsavai*

<i>Zsírsav</i>		<i>Átlag (%)</i>	<i>Szélsőértékek (%)</i>
Vajsav	C4	3,6	2,5–6,2
Kaprinsav	C6	2,3	1,4–3,8
Kaprilsav	C8	1,3	0,5–1,9
Kaprinsav	C10	2,7	1,9–4,0
Laurinsav	C12	3,3	1,9–4,7
Mirisztinsav	C14	10,7	7,8–14,0
Mirisztolajsav	C14:1	1,4	0,3–2,6
Pentadekánsav	C15	1,2	0,4–2,3
Palmitinsav	C16	27,6	22,0–41,9
Palmitolajsav	C16:1	2,6	0,9–4,6
Margarinsav	C17	0,9	0,4–1,6
Sztearinsav	C18	10,1	6,2–13,6
Olajsav	C18:1	26,0	19,7–34,0
Linolsav	C18:2	2,5	0,8–5,2
Linolénsav	C18:3	1,4	0,3–2,9

Egyszeresen elágazó szénláncú, 21–26 szénatomszámú, valamint háromszor-öttször elágazó szénláncú, 16–28 szénatomszámú zsírsavak csak nyomnyi mennyiségben vannak jelen a tejszírből. A többszörösen elágazó zsírsavak mennyisége 0,1–0,7%-a az összes többi hosszú szénláncú zsírsavnak. A 16-os szénatomszámú háromszorosan elágazó zsírsav 9%-a, a prisztanoilsav 17%-a, a fitanoilsav pedig 74%-a az összes izoprenil savnak.

Az elágazó szénláncú zsírsavak különböző formában (izo és anteizo) vannak jelen a tejszírből. A metildodekanoilsav főképpen izo formában, a metiltetradekanoilsav és a metilhexadekanoilsav pedig anteizo alakban van jelen. Az elágazó szénatomszámú zsírsavak 2–4%-át teszik ki az összes zsírsavnak, a legtöbbjük 15–17 szénatomszámú zsírsavból áll. Mivel az elágazó szénláncú zsírsavak mintegy 1%-át teszik ki a takarmányok összes zsirtartalmának, különösen a szilázsoknak, feltételezhető, hogy a tejelő tehének bendőlakó mikroorganizmusai felelősek az elágazó szénláncú és a páratlan szénatomszámú zsírsavakért. Az, hogy a bendőbaktériumok lipidjei 2,9% fitanoilsavat (3,7,11,15-tetrametilhexadekánsav) tartalmaznak, szintén megerősíti ezt a feltevést. Az elágazó szénláncú zsírsavakat nem tekinthetjük különlegesnek a tejszírből, hisz az egyéb zsírszövetek, a nemkérődző állatok és az anyatej is tartalmaz ilyen zsírsavakat.

20.14. táblázat. *A tejsír telített minor és páratlan szénatomszámú zsírsavai*

<i>Zsírsav</i>		<i>Mennyisége a tejsírban (%)</i>
Ecetsav	C2	ny.-0,09
Arachidinsav	C20	0,06–1,20
Behénsav	C22	0,01–0,19
Lignocerinsav	C24	0,02–0,35
Cerotinsav	C26	ny.-0,07
Montaninsav	C28	ny.
Valeriánsav	C5	ny.-0,06
Heptanoilsav	C7	ny.-0,06
Pelargonsav	C9	ny.-0,07
Undekanoilsav	C11	ny.-0,20
Tridekanoilsav	C13	0,02–0,28
Nonadekanoilsav	C19	0,01–0,27
Heneikozanoilsav	C21	ny.-0,06
Trikozanoilsav	C23	ny.-0,17
Pentakozanoilsav	C25	ny.-0,02
Heptakozanoilsav	C27	ny.

ny. = nyomokban

A tejsír zsírsavösszetétele széles tartományban változhat, ezért érdemes megvizsgálni, hogy mi befolyásolja azt. A kolosztrum több rövid szénláncú és a 18-as szénatomszámú csoportba tartozó zsírsavat és kevesebb közepes szénatomszámú zsírsavat tartalmaz, mint az érett tej. A laktáció folyamán a tejsír zsírsavösszetétele tovább változik: a rövid szénláncú zsírsavak csökkennek, és a laktáció első harmada után a közepes szénláncú zsírsavak frakciója is csökkenni kezd. A sztearinsav, az olajsav és a linolsav mennyisége nő, a linolénsav mennyisége pedig fokozatosan csökken a laktáció folyamán.

A takarmányozás hatását vizsgálva a tejsír zsírsavösszetételére megállapítható, hogy a legeltetés csökkenti a laurinsav-, mirisztinsav-, valamint palmitinsav-tartalmat, és növeli a sztearinsav-, továbbá olajsavtartalmat. A linolsav mennyisége csak kismértékben változik, az arachidonsav arányát pedig igen nehéz befolyásolni. Pozitív összefüggés van a takarmány telítetlenszírsav-tartalma és a tejsír telítetlenszírsav-tartalma között. A többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége a tejsírban azonban lényegesen kisebb a takarmányhoz viszonyítva, mert ezeket a bendőbaktériumok hidrogénezik. A téli szilásetetés növeli a telítetlen zsírsavak arányát a tejben, és azt jelentősen befolyásolja a nagy növényiolaj-tartalmú takarmányok etetése is. A sáfrányolaj-etesítés megduplázza a tejsír telítetlenszírsav-tartalmát, sőt növeli a palmitinsav mennyiségét is annak ellenére, hogy palmitinsav nincs is a sáfrányolajban. A tejsír többszörösen telítetlenszírsav-tartalmát jelentős mértékben növelni lehet, ha az állatoknak a nagy telítetlenszírsav-tartalmú zsírt formaldehiddel kezelt kazeinnel burkolt kapszu-

lában adjuk be. Az így kezelt kazein nem bontódik le a bendőben, ezért a telítetlen zsírsavak sem tudnak hidrogéneződni. A kazein az emésztőrendszer savas részében feloldódva szabadon engedi a telítetlen zsírsavakat, amelyek az emésztőrendszer további részében felszívódnak. Ezzel a módszerrel a tej többszörösen telítetlenzsírsav-tartalmát, különösen linolsavtartalmát, 20–30%-kal, szélsőséges esetben 35%-kal is növelni lehet, miközben a tejszír mirisztin-, palmitin-, sztearin- és olajsavtartalma csökken.

20.15. táblázat. *A tejszír egyszeresen és többszörösen telítetlenzsírsav-tartalma*

<i>Zsírsav</i>		<i>Mennyisége a tejszírban (%)</i>
Kaproleinsav	C10:1	0,08–0,50
Dodekanoilsav	C12:1	0,01–0,28
Tridecenoilsav	C13:1	0,01–0,20
Pentadecenoilsav	C15:1	0,01–0,23
Heptadecenoilsav	C17:1	0,14–0,73
Nonadecenoilsav	C19:1	0,02–0,12
Gadoleinsav	C20:1	0,10–0,41
Heneikozenoilsav	C21:1	ny.–0,02
Erukasav	C22:1	ny.–0,03
Trikozenoilsav	C23:1	ny.–0,03
Szelakoleiksav	C24:1	ny.–0,10
Pentakozenoilsav	C25:1	ny.
Hexakozenoilsav	C26:1	ny.
Tetradekadiénsav	C14:2	0,04
Hexadekadiénsav	C16:2	0,02
Oktadekatetraénsav	C18:4	0,10
Eikozadiénsav	C20:2	0,05–0,12
Eikozatriénsav	C20:3	0,03–0,17
Arachidonsav	C20:4	0,07–0,40
Eikozapentaénsav	C20:5	0,01–0,07
Dokozadiénsav	C22:2	0,01
Dokozatriénsav	C22:3	0,02–0,03
Dokozatetraénsav	C22:4	0,02–0,12
Dokozapentaénsav	C22:5	0,02–0,06
Tetrakozadiénsav	C24:2	ny.–0,02
Hexakozadiénsav	C26:2	ny.

ny. = nyomokban

20.16. táblázat. *A tejszír egyszeresen és többszörösen elágazó, valamint ciklikus zsírsavai*

Zsírsav		Mennyiség a tejszírban (%)
Metil-nonanoilsav	C10br	ny.
Metil-dekanoilsav	C11br	ny.
Metil-undecanoilsav	C12br	ny.–0,10
Metil-dodekanoilsav	C13br	0,03–0,31
Metil-tridekanoilsav	C14br	0,20–1,85
Metil-tetradekanoilsav	C15br	0,20–1,85
Metil-pentadekanoilsav	C16br	0,12–0,75
Metil-hexadekanoilsav	C17br	0,30–1,91
Metil-heptadekanoilsav	C18br	0,02–0,20
Metil-oktadekanoilsav	C19br	ny.–0,10
Metil-nonadekanoilsav	C20br	ny.–0,01
4,8,12-Trimetil-tridekanoilsav	C16br3	ny.–0,01
2,6,10,14-Tetrametil-pentadekanoilsav (Prisztanoilsav)	C19br4	ny.–0,03
3,7,11,15-Tetrametil-hexadekanoilsav (Fitanoilsav)	C20br4	ny.–0,10
11-Ciklohexil-undekanoilsav	C17c	ny.–0,01

br = elágazó; c = ciklikus

Elképzelhető, hogy kapcsolat van a zsírmennyiség és a tejszírminőség között, ugyanis az utolsó évtizedekben tapasztalt zsírtartalom-növekedéssel párhuzamosan csökkent a tejszír jódszáma és a telítetlen zsírsavak mennyisége. A zöldtakarmányokban csak cisz-formában fordulnak elő telítetlen zsírsavak, a katalitikus hidrogénezés során, valamint a bendőben lejátszódó hidrogénezés hatására transz-izomerek is keletkeznek a telítetlen zsírsavakból, így pl. a takarmány linolsavtartalma 70–90%-ban biológiailag hidrogéneződik a bendőben. Ezzel is magyarázni lehet a tejszír relatíve alacsony linolsavtartalmát, valamint azt, hogy miként kerülnek a transz-izomerek a tejszírba, és miért magas a margarin és a növényi zsírok transz-izomerek-tartalma. A tejszír 2,5% elaidinsavat (transz-oktadecénsav) tartalmaz, amely összességében a C18:1 telítetlen zsírsavak mennyiségének 10%-át teszi ki. A többi C18:1 izomer mennyisége kisebb mint 1%. A transz-izomerek mennyisége nyáron nagyobb, mint télen, és a szőjaolajjal való táplálás is nagyobb értékeket eredményez. Ami a C18:2 zsírsavakat illeti, megállapították, hogy transz-transz izomerek vagy nem fordulnak elő a tejszírban, vagy mennyiségük nagyon kicsi. 0,1–0,4%-ban sikerült kimutatni cisz-transz izomereket a többi különböző helyzetű telítetlen kötést tartalmazó zsírsavhoz hasonlóan.

A transz-izomerek mennyisége jelentősen változik a hidrogénezettség fokának függvényében. A transz C18:1 és a transz C18:2 zsírsavak mennyisége jelentősen nő, ha megnő a hidrogénezés foka, miközben a linolsav mennyisége számottevően csökken. A transz-izomerek mennyisége a részlegesen hidrogéne-

zett növényi zsíroknál elérheti az 50%-ot. A hidrogénezett gabonaolajban a cisz C18:2 zsírsav izomerizációja transz C18:2 zsírsavvá főképpen a triglicerid kettes helyzetben lévő zsírsaván megy végbe. Néhány C18:2 zsírsav cisz-transz konfigurációt mutat a margarinban, míg a transz-transz konfiguráció csak nagyon kis mennyiségben fordul elő. Ezért a margarinban a C18:2 zsírsavaknak csak fele-kétharmada tekinthető linolsavnak.

Az évszak a takarmányozáson keresztül jelentősen befolyásolja a tejszír zsírsavösszetételét. A 20.17. táblázatban a fő zsírsavak mennyisége látható téli és nyári takarmányozási viszonyok között. A táblázat adataiból látható, hogy a hónapos nyári szezonban az összes 18-as szénatomszámú zsírsav, de különösen az olajsav nagyobb koncentrációban van jelen, mint a téli hónapokban. Minimális a különbség a linolsavtartalomban, de a linolénsav mennyisége nyáron csaknem duplája a téliének. Ezzel szemben a palmitinsav mennyisége nyáron nagymértékben csökken. Az összes rövid szénláncú zsírsav mennyisége, beleértve a telítetlen zsírsavakat is, nyáron kisebb.

20.17. táblázat. Az évszak hatása a tejszír zsírsavösszetételére

Zsírsavak		Mennyiség a tejszírban (%)	
		Télen	Nyáron
Vajsav	C4	3,9	3,6
Kaprinsav	C6	2,5	2,1
Kaprilsav	C8	1,5	1,2
Kaprinsav	C10	3,2	2,5
Laurinsav	C12	3,9	2,9
Mirisztinsav	C14	11,7	9,7
Mirisztolajsav	C14:1	2,1	1,8
Pentadekánsav	C15	1,5	1,3
Palmitinsav	C16	30,6	24,0
Palmitolajsav	C16:1	2,2	1,8
Margarinsav	C17	1,4	0,9
Sztearinsav	C18	8,8	12,2
Olajsav	C18:1	22,2	29,5
Linolsav	C18:2	2,0	2,1
Linolénsav	C18:3	1,2	2,4

20.3.1.5. A tejszír emészthetősége

A tejszír emészthetősége megmutatja, hogy az elfogyasztott zsírmennyiség hány százaléka képes a testbe beépülni. Sok kísérleti adat bizonyítja, hogy a különböző élelmezési célú zsírok és olajok között a tejszír tekinthető a legjobb emészthetőségű zsírnak. Egy patkánykísérletben a természetes eredetű növényi és állati zsiradékok emészthetőségét és a bevitt zsírmennyiség felének megemésztéséhez

szükséges időt vizsgálva megállapították, hogy a tejszír emészthetősége a legjobb, jobb a kukorica-, a szója-, a napraforgó-, az olíva- és a heringolajénál is. A patkánykísérletben megállapították, hogy a takarmány zsírjának emészthetősége 97,4% volt, amikor az vajat, 94,5%, amikor margarin bázisú hidrogénezett repceolajat, és 91,6%, amikor hidrogénezett repceolajat tartalmazott. Emberekkel végzett kísérletekben szintén bebizonyosodott, hogy a tejszírt az emberi szervezet jobban emésztí, mint a faggyút vagy a különböző növényi olajokat. A nagyobb zsírabSORPCIÓ gyorsabb növekedést eredményez, hisz azoknál a patkányoknál, ahol a tejszír szerepelt lipidkomponensként, a növekedési arány nagyobb volt a repceolajat fogyasztottakhoz képest. A tejszír jó emészthetősége egyrészt a kisméretű zsírgolyócskáknak, másrészt a tejszír kiváló zsírsavösszetételének köszönhető. A tejszírban lévő zsírsavak olvadáspontja alacsony, ezért a testhőmérsékleten a tejszír zöme folyékony állapotú. A 45 °C alatti olvadáspontú zsírok emészthetősége pedig legtöbbször jobb, mint 95%.

A diszperzió és az emészthetőség kapcsolata

A tejszír a tejben természetes zsíremulzió formában fordul elő, ezért a zsír egy része nem glicerinként és zsírsavakként fog abszorbeálódni, hanem mint zsírgolyócska, mindenfajta enzimés beavatkozás nélkül. A vékonybél tartalmaz olyan pórusokat, amelyeken keresztül a 100 µm-nél kisebb átmérőjű zsírgolyócskák fel tudnak szívódni, közvetlenül a nyirokrendszerbe tudnak kerülni. A triglicerideket, az egyéb lipideket és a tejszír zsírolldható vitaminjait a zsírgolyó membránja megvédi az endogén enzimektől, miközben a vékonybélből eljutnak a sejtekig. A zsírgolyócskák a nyirokrendszerbe, majd a vénás hálózatba kerülnek, a szíven keresztül bejutnak az artériás rendszerbe, majd elérik a testi sejteket körülvevő folyadékot. Innen a zsírgolyócskák a sejtmembránon keresztül, minden lényeges enzimatis hidrolízis nélkül, a citoplazmába jutnak. Ezen az úton tehát a zsírgolyócskák rendeltetési helyüket elérik anélkül, hogy keresztülmennének a májon. Úgy tűnik, hogy még a nagyobb részecskék is képesek a bélbolyhokon keresztüli áthatolásra. A többi élelmiszer zsírját az epe, a pankreasz enzimek és a vékonybél *lipázai* részlegesen emulzifikálják, mielőtt azok mint finom emulzió vagy mint lebontási termék keresztülmennek a vékonybél falán. Amennyiben a tejszíremulziót megszüntetjük és dehidratált vajolajat használunk, az enzimatis bontás már a lumenben megkezdődik. A táplálék zsírjai enzimatisan részlegesen lebontódnak, és trigliceridek, digliceridek, monogliceridek, valamint szabad zsírsavak elegye alakul ki.

A diszpergált részecskéket a fehérjemembrán veszi körül, és az így kialakult golyócskák transzportálódnak a bélbolyhokon keresztül a nyirokrendszerbe. Ez a korpuszkuláris abszorpció lehetővé teszi azt, hogy a fehérje és a zsír anélkül szívódjon fel, hogy előtte építőköveikre, aminosavakra, illetve zsírsavakra esnének szét.

Amikor a tejet homogénezik, akkor a zsírgolyócskák mérete 1 µm körülire vagy az alá csökken, így felületük mintegy hússzor nagyobb lesz, ami miatt az

abszorpció megnövekszik és az emészthetőség javul. Egy patkánykísérletben a tejszír abszorpciós koefficiense homogénezés hatására majdnem duplájára nőtt a nem homogénezett kontrollhoz képest.

A zsírsavösszetétel és az emészthetőség

A tejszír viszonylag magas koncentrációban (10–15%) tartalmazza a rövid és a közepes szénláncú zsírsavakat, és mivel ezek a zsírsavak sokkal könnyebben abszorbeálódnak, mint a hosszú szénláncúak, a tejszír emészthetősége jobb, mint a többi zsíré, sőt még a rövid szénláncú zsírok oxidációja is lényegesen gyorsabb, mint a hosszú szénláncúaké. Egy patkánykísérletben kimutatták, hogy a kaprilsav széntartalmának 90%-a már két órával az etetés után szén-dioxid formájában eltávozott, míg a sztearinsavnak csak alig több mint fele használódott fel 18 órával az etetés után. Erre az lehet a magyarázat, hogy a rövid szénláncú zsírsavak a visszereken keresztül közvetlenül a májba kerülnek, míg a hosszú szénláncú zsírsavak tovább tartózkodnak a véráramban kilomikron formában. A tejszír emészthetőségét egy kísérletben 99%-nak, a palmaolajét pedig 91%-nak találták. A sztearinsav csökkenti a tejszír emészthetőségét, különösen akkor, ha trisztearin formában fordul elő, míg a kevert digliceridnek az emészthetőségre való befolyása lényegesen kisebb. Ezen túl, amint azt a laurinsav és a mirisztinsav esetében kimutatták, amikor egy vajalapú takarmányt egy margarin alapúval hasonlítottak össze, a rövid szénláncú zsírsavak meggyorsítják a hosszú szénláncúak metabolizmusát.

Érdemes megemlíteni, hogy csecsemők és kisgyermekek étrendjében azért használnak főként kapril- és kaprinsavat, mert azok emészthetősége jobb, mint a többi zsírsavé. Ezek a zsírsavak a visszéren keresztül közvetlenül felszívódnak, míg a hosszú szénláncú zsírsavak csak később érik el a vérkeringést a nyirokrendszeren keresztül. Egy sztearin-, olaj-, linol- és arachidonsavval végzett kísérlet során megállapították, hogy az azonos szénláncú telített és telítetlen zsírsavak oxidációja nem különbözik lényegesen egymástól, bár arányuk a metabolizmusban különböző lehet. Megállapították azt is, hogy a linolsav, mint esszenciális zsírsav, nem gyorsította a zsírm metabolizmust.

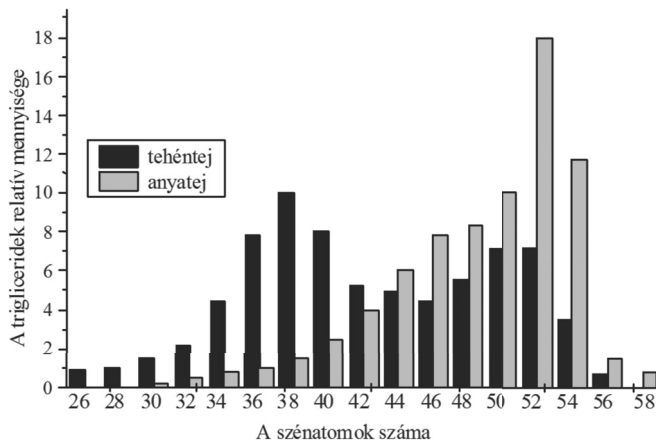
A zsír emészthetősége az egyes zsírsav helyzetétől is függ a trigliceridben, hisz a *lipáz* először a triglicerid egyik külső zsírsavát támadja meg 1,2-digliceridet hozva létre, majd ezt folytatva 2-monoglicerid alakul ki. A zsír szabad zsírsav és 2-monoglicerid alakban tud abszorbeálódni. Az egyes zsírsavak megoszlása a trigliceridben nem véletlenszerű, ami abban nyilvánul meg, hogy a rövid szénláncú zsírsavak (főként vajsav és kaprinsav) külső pozícióban vannak a trigliceridben, míg a hosszú szénláncú zsírsavak, különösen a mirisztinsav, foglalják el a belső pozíciókat. A vajsav kb. 95%-a van 1-es és 3-as helyzetben, míg a mirisztinsav 54%-a 2-es helyzetet foglal el a trigliceridben. A tejszír több telített, mint telítetlen zsírsavat tartalmaz a 2-es pozícióban. Az anyatej abban hasonlít a tehéntejhez, hogy a rövid szénláncú kaprinsav és laurinsav főként 1-es és

3-as pozícióban van, míg a palmitinsav legtöbbször a 2-es helyzetet foglalja el. A transz-telítetlen zsírsavak jobbára külső pozícióban vannak a trigliceridben. A transz-egyszeresen telítetlen zsírsavak elhelyezkedése hasonló a cisz-izomerekéhez. A rövid szénláncú zsírsavakat tartalmazó trigliceridek a trigliceridben elfoglalt helyük miatt a *lipáz* sokkal gyorsabban hidrolizálódnak, mint azok a trigliceridek, amelyek rövid szénláncú zsírsavakat nem tartalmaznak. Kimutatták, hogy 40 °C-on percenként a *lipáz* 463 μmol zsírsavat szabadít fel a tributirátból, míg ez az érték tripalmitin és trisztearin esetében csak 9, triolein esetében pedig 107 μmol percenként. A vajsav egyenletesen oszlik el a trigliceridben, ami rendkívül fontos, mert ebből az következik, hogy a triglicerid-molekulákban nagy valószínűséggel csak egy vajsavmolekula van. Mivel a *lipáz* enzim előnyben részesíti a rövid szénláncú zsírsavakat tartalmazó triglicerideket, leszögezhető, hogy a tejszírt a *lipáz* minden egyéb zsírnál előbb fojja lebontani.

20.18. táblázat. A tehén- és az anyatej trigliceridjeiben a zsírsavak megoszlása

Zsírsavak	Jellemző hely	
	Tehéntej	Anyatej
Vajsav	3	–
Kaprónsav	3	–
Kaprilsav	3	–
Kaprinsav	2+3	3
Laurinsav	2	3
Mirisztinsav	2	2
Palmitinsav	1+2	2
Sztearinsav	1	1
Olajsav	1–3	1+3
Linolsav	1–3	1–3

Az izomereket nem számolva, a tejszír 168 különböző zsírsavösszetételű trigliceridet tartalmaz. A tejszír mintegy 55% alacsony szénatomszámú trigliceridet tartalmaz (44 szénatom alatt), míg az anyatej tejszírja csak 10%-ban tartalmaz ilyen zsírokat. A tehéntej tejszírja 26 és 54 szénatom közti triglicerideket tartalmaz 32-es és az 54-es szénatomszámnál két maximummal. Az anyatej trigliceridjei 30 és 58 szénatomszám között változnak, és 52-es szénatomszámnál mutatnak maximumot. Az anyatej közvetlenül a szülés után kevesebb közepes szénláncú zsírsavat tartalmaz, ezért a C46-os trigliceridek kisebb koncentrációban vannak jelen, mint a C52-esek. A tejszír nem tartalmaz trisztearint. A triglicerideknek átlagosan 34%-a három telített zsírsavat, 39%-a egy, 25%-a kettő, 2%-a pedig három telítetlen zsírsavat tartalmaz. Az anyatejnél a trigliceridek 9%-a három telített zsírsavat, 40%-a egy, 42%-a kettő, 9%-a pedig három telítetlen zsírsavat tartalmaz (20.18. táblázat). A különböző szénatomszámú trigliceridek eloszlását a tehén- és anyatejben a 20.3. ábra mutatja.



20.3. ábra. Különböző szénatomszámú trigliceridek a tehen- és anyatejben

20.3.1.6. A tejsír táplálóértéke

Mivel a tejsír könnyen emészthető és gyorsan abszorbeálódik, viszonylag kevésbé terheli meg a szervezetet, ezért nagyon értékes zsírforrásnak tartják olyan emberek ételmiszereiben is, akik gyomor- és bélpanaszokban szenvednek, problémájuk van a májukkal, veséjükkel vagy az epehólyagjukkal, és emiatt nehezen emésztik meg a zsírt. A tejsírtartalmú és tejsír nem tartalmazó ételmiszerek hatását összehasonlítva, gyomor- és bélpanaszokkal küszködő emberek esetében megállapították, hogy azoknál az embereknél, akiknél vaját alkalmazták sütésre, nem jelentkeztek panaszok, míg a többi zsír hatására gyomorfájás jelentkezett. Hasmenésben szenvedő kisgyermek esetében több nitrogén-visszatartást tapasztaltak, ha 5% vajat adtak táplálékukhoz.

Egyes elképzelések szerint a túlsúlyt el lehet kerülni, ha az állati eredetű zsíradékot nagy telítetlenszav-tartalmú növényi olajokkal helyettesítik. Egy malacokkal végzett kísérlet azonban kétségbe vonta ezt az állítást, ugyanis ezekből a kísérletekből azt a következtetést lehetett levonni, hogy 50 g vaj helyettesítése 50 g margarinnal a napi zsírfelvételt 7 g-mal növelte, ami 0,25 MJ-lal több napi energiafelvételt jelentett. A dietetikusok gyakran azért javasolják a rövid és a közepes szénláncú zsírsavakat tartalmazó trigliceridek fogyasztását, mert a tejsír ezen trigliceridjeinek kedvező élettani és biokémiai, valamint gyógyhatása is van. Könnyen abszorbeálódva gyorsan szolgáltatnak energiát, aminek akkor van különösebb jelentősége, ha valaki emésztőrendszeri megbetegedésben szenved vagy zsírfelszívódási zavarai vannak. Sok kutató rámutatott arra, hogy a kis és közepes szénláncú zsírsavaknak szerepük lehet a testsúlykontrollban, valamint a vér lipidkoncentrációjának csökkentésében.

20.3.1.7. A tej koleszterintartalma

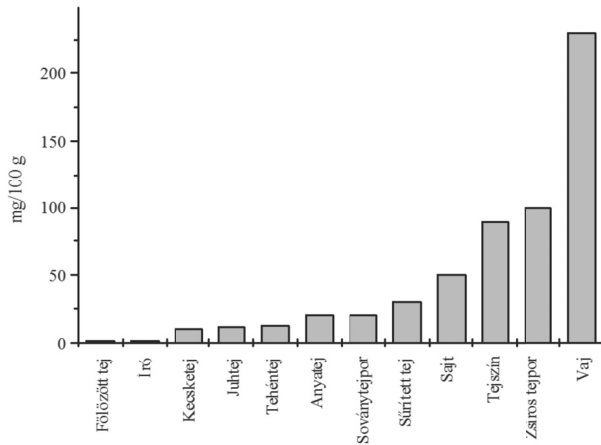
A koleszterin az egyik legfontosabb része a tej szterinjének csakúgy, mint a többi állati eredetű zsírnak. Néhányan arra a következtetésre jutottak, hogy az élelmiszer magas koleszterintartalma hatással van a vér koleszterintartalmának emelkedésére, amit kapcsolatba hoztak az érlelmeszedéssel és a szívkoszorúérpanaszok kialakulásával. Ezért javasolják, hogy a vér magas koleszterintartalmát elkerülendő, csökkenteni kell a magas koleszterintartalmú élelmiszerek fogyasztását. A feltételezett kapcsolatot a koleszterinbevitel és a szívpanaszok között az utóbbi időben többen megcáfolták.

Mint ahogy az a 20.19. táblázatból látszik, a tejszír koleszterintartalma a többi állati zsiradékhoz viszonyítva alacsony. A tej átlagos koleszterintartalma 13 mg/100 cm³, ami 3 mg/g-nak felel meg a tejszírban. Mivel a koleszterin a tej összes lipidjeinek 0,25–0,40%-át teszi ki, a tej és a tejtermékek koleszterintartalma függ azok zsírtartalmától (20.4. ábra). A koleszterin főleg a zsírgolyócska membránjában fordul elő, annak 0,4–3,5%-a. A koleszterin 80%-a szabad állapotú a tejben, és csak kisebb része van észter alakban.

20.19. táblázat. *Különböző élelmiszerek koleszterintartalma*

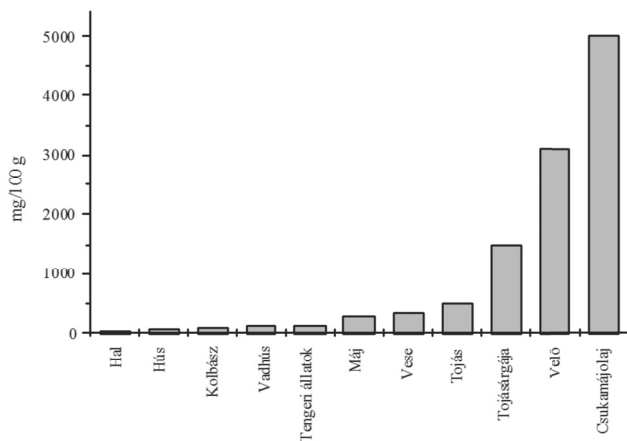
<i>Élelmiszer</i>	<i>Koleszterintartalom (mg/100 g)</i>	<i>Élelmiszer</i>	<i>Koleszterintartalom (mg/100 g)</i>
Tehéntej	13	Hal	30–70
Fölözött tej	2	Hús	70–90
Anyatej	20	Kolbász	80–100
Kecsketej	10	Vadhús	110
Juhtej	11	Tengeri rákok	110
Író	2	Máj	280
Sűrített tej	30	Vese	350
Tejszín	90	Tojás	500
Sajt	0–100	Tojássárgája	1500
Vaj	230	Velő	3100
Sovány tejpör	20	Csukamájolaj	5000
Zsíros tejpör	100		

Az anyatej koleszterintartalma valamivel nagyobb, mint a tehéntejé, bár mennyisége viszonylag széles határok között változik annak ellenére, hogy az anyatej koleszterintartalma függetlennek tűnik az élelmiszer-fogyasztástól. A növényi olajok rendszerint nem tartalmaznak koleszterint (kivéve a szezámolajat és a pálmolajat, amelyek kismértékben tartalmaznak koleszterint), bennük elsősorban fitoszterin, sztigmaszterin és kampeszterin található. A növényi szterinek ugyanúgy részt vesznek az anyagcserében, mint a koleszterin. Az állati zsiradékkal kiegészített margarin, a tojás, a csukamájolaj sokkal gazdagabbak koleszterinben, mint a tej, ezért a tej hozzájárulása a koleszterinbevitelhez meglehetősen csekély (20.5. ábra).



20.4. ábra. Tej és a tejtermékek koleszterintartalma

A szervezet maga sokkal nagyobb mennyiségben (1–4 g naponta egy felnőtt embernél) szintetizálja a koleszterint, mint amennyi a táplálékból felszívódik. A koleszterin főként a májban képződik ecetsavból az acetil-koenzim-A segítségével. A koleszterinnek számos fontos funkciója van az emberi testben, fontos szerepe van a sejtmembránok kialakításában, és kiinduló anyaga az epesavak és a szteroid hormonok szintézisének, részt vesz a zsírszállításban, továbbá az idegszövet felépítésében. A vér átlagosan 10–12 g koleszterint tartalmaz, míg a szervezet összes koleszterintartalma 100–150 g. Ezzel szemben a táplálékkal felvett koleszterintartalom csak 20%-a annak, amit a szervezet naponta előállít. Közép-Európában a napi átlagos ételmiszeradag 460–750 mg koleszterint tartalmaz, és ehhez a tej és a tejtermékek csak 100 mg-mal járulnak hozzá.



20.5. ábra. Különböző élelmiszerek koleszterintartalma

Az élelmiszer koleszterintartalma csak minimális hatással van a vér koleszterintartalmára, a szervezetnek van ugyanis egy ellenőrző mechanizmusa, amelynek hatására a szervezetben leáll a koleszterinszintézis, ha az élelmiszerek koleszterinszintje magas. Amikor a koleszterin szintje eléri egy értéket, a sejtfal receptorai aktiválódnak, és inhibíálják a koleszterinszintézist a sejtben. Nagyszámú vizsgálat igazolta, hogy semmiféle összefüggés sincs a táplálék és a vér koleszterintartalma között. Egy kísérlet résztvevőinél, akik a napi élelemadagon kívül még 300 mg koleszterint kaptak, a szérumkoleszterin-szint csak 9 mg/100 cm³-rel emelkedett. Egy másik kísérletben, ahol a napi koleszterinbevitelt 600 mg-ról 300 mg-ra csökkentették, a szérumkoleszterin szintje csak 6 mg/100 cm³-rel csökkent. Egy következő kísérletben bebizonyosodott, hogy 1–3 plusz tojás fogyasztása nem növelte meg a vér lipidtartalmát. Mivel több vizsgálatban bebizonyosodott, hogy nincs összefüggés a táplálék és a szérum koleszterintartalma között, ezért nincs értelme annak a korlátozásnak sem, amely azt javasolja, hogy a napi koleszterinbevitel ne haladja meg a 300 mg-ot.

Irreálisan nagy koleszterintartalmú takarmányt fogyasztó állatoknál kísérletesen ki tudtak váltani hiperkoleszterinémiát vagy érelmeszesedést, de ezeket az eredményeket nagyon nehéz az emberre átültetni, mert a koleszterin-anyagcsere a különböző kísérleti állatfajoknál egészen más, mint az embernél, és a kísérletek körülményei is sokszor nagyon szélsőségesek voltak. Erősen kétséges ugyanis, hogy a növényevő nyulakra kapott eredmények alkalmazhatók lennének az emberre is. Az összes kísérleti állatnak alacsony volt a szérumkoleszterin-szintje, az emberé azonban magas, 200 mg/100 cm³, a kísérletben részt vett állatoké pedig a következő: tengerimalac és nyúl 40 mg/100 cm³, patkány 50–70 mg/100 cm³, egér és cébusmajom 90–100 mg/100 cm³, kutya 140 mg/100 cm³.

A kísérleti állatok több koleszterint abszorbeáltak a táplálékból, mint az ember. Az emberben a tápanyag koleszterintartalmának csak 10–40%-a abszorbeálódik, míg ez az érték a patkányoknál 50–80%, a majomnál és a kutyánál 50–70% volt, a nyúlnál pedig elérte a 90%-ot. Az embernél a koleszterin abszorpciója behatárolt, ugyanis egy, az Egyesült Államokban végzett vizsgálat szerint a napi 300–800 mg bevitt koleszterinből csak 150–300 mg szívódott fel, és ugyanez a mennyiség abszorbeálódik akkor is, ha a tápanyag koleszterinszintje jóval nagyobb, tehát úgy tűnik, hogy az emberi szervezet 300–500 mg körül limitálja a felszívható koleszterin mennyiségét, megvédve önmagát az extrém hiperkoleszterinémiától. Az emberi szervezet ebben is különbözik a kísérleti állatokétól. Amikor az állatok fehérjében gazdag takarmányt fogyasztottak, akkor megnőtt a koleszterin abszorpciója, de megnőtt a kiválasztása is.

Végül említést érdemel még, hogy az előbbi kísérletekben az állatok extrém mennyiségű koleszterint (a takarmány szárazanyagának 1–5%-a) fogyasztottak, ami az embernél soha nem fordul elő.

20.3.1.8. A tejsír telítetlen zsírsavai

A telítetlen zsírsavaknak speciális biológiai hatást tulajdonítanak az anyagcserében. E szempontból figyelembe kell venni, hogy

- csak a linolsav és az arachidonsav esszenciális az ember számára, melyeket feltétlenül meg kell kapni az ételmiszerrel,
- csak a többszörösen telítetlen zsírsavak fontosak a koleszterin metabolizmusában,
- az egy kettős kötést tartalmazó zsírsavaknak nincs különösebb jelentősége a koleszterin metabolizmusában.

20.3.1.9. A tejsír esszenciális zsírsavai

Amikor a kísérleti állatok takarmánya kevés esszenciális zsírsavat tartalmazott, akkor különféle tünetek (súlycsökkenés, bőrhámlás, szőrhullás, a vese, a petefészek és a tejmirigy degeneratív elváltozása, zavar a vízháztartásban, szaporodási rendellenességek és korai halál) léptek fel náluk. Nem világos azonban, hogy ezek a tünetek speciálisan az esszenciális zsírsavhiánynak vagy a zsírhiánynak köszönhetőek. Az embernél esszenciális zsírsavhiányt csak csecsemőkorban észleltek, felnőtteknél ilyen hiányról napjainkig még nem számoltak be. Egyetlen esetben hosszú időn keresztül szintentikus ételmiszer-fogyasztás után alakult ki hiperkeratotikus dermatózis. Zsírmentes ételmiszert fogyasztóknál hiánytünetek lépnek fel, ami az eikozatrién és az eikozatetraén zsírsavak arányában mutatkozik meg a vérben. A két legfontosabb esszenciális zsírsav a *cisz,cisz-9,12-oktadekadiénsav* (linolsav) és a *cisz,cisz,cisz,cisz-5,8,11,14-eikozatetraénsav* (arachidonsav), míg a *linolénsav* (*cisz,cisz,cisz-9,12,15-oktadekatriénsav*) nem esszenciális zsírsav, mert a szervezet linolsavból elő tudja állítani. A szervezetben a linolsavból arachidonsav is keletkezik, amely a megnövekedett szénláncnak és a több kettős kötésnek köszönhetően biológiailag sokkal aktívabb. Az arachidonsav biológiai aktivitása 30%-kal nagyobb, mint a linolsavé, és nagyon fontos alkotórésze a sejthártyamembrán lipidjeinek. Biokémiai prekursora a prosztaglandinnak, amelynek élettani jelentősége nagy, hisz szabályozza a trombociták aggregációját, a simaizmok összehúzódását, a vérnyomást, a szív vérellátását, a zsírok mobilizációját a szövetekből, és hatással van a központi idegrendszerre is. Hatását igen alacsony mennyiségben fejt ki a vérszérumban; koncentrációja 0,001–0,1 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$, ami nagyságrendileg megfelel a különböző hormonok koncentrációjának.

Az esszenciális zsírsavak napi szükségletét meg lehet határozni. Linolsavhiány hatására megnő a vérszérum eikozatriénsav-tartalma, így e zsírsav arachidonsavhoz viszonyított aránya jelzi a linolsavhiányt. Ha az arány nagyobb mint 0,4, hiánnyal kell számolni. Egy patkányokkal végzett kísérletben azt találták, hogy az energia 0,5%-ának linolsavból kell származnia a megfelelő ellátáshoz,

azonban ez a szám hosszan tartó etetés esetén kevés lehet. Embernél a napi energiamennyiség 1%-ának kellene linolsavból származnia a tökéletes ellátáshoz, így napi 10,5 MJ energiafelvétellel számolva ez legalább 3 g linolsavat jelent naponta. Általában az energiatartalom 1–2%-át javasolják minimumként, de a 6%-os és a 12–22%-os érték túlzottnak tűnik.

A tejszír 3% linolsav- és 0,5% linolénsav-tartalmával relatíve alacsony esszenciális zsírsavtartalmúnak számít. Nem kellene azonban ebből azt a következtetést levonni, hogy a tejszírt ki kellene egészíteni ezen esszenciális zsírsavakkal, mert az emberi élelmiszerek bőségesen tartalmazzák ezeket a zsírsavakat. Svájcban a linolsavfogyasztás naponta és fejenként 17 g. Ugyanez az érték Dániában 13 g, Írországban pedig 9 g. Németországban a napi linolsavfogyasztás 13,5 g, amely átlagosan az alábbiak szerint oszlik meg a különféle élelmiszerek között:

növényi olajok és zsírok:	6,6 g,
tej és tejtermékek, tojás és hal	1,0 g,
hús és hústermékek	2,4 g,
kenyér, gabonafélék, burgonya, zöldségek és gyümölcs	2,4 g,
majonéz	1,1 g.

Az összeállításból látszik, hogy a kiegyensúlyozott táplálék biztosítja az esszenciális zsírsavtartalmat anélkül, hogy speciális, magas esszenciáliszsírsav-tartalmú kiegészítőhöz kellene folyamodni. Hasonló eredményt hozott az a klinikai kísérlet is, amelyben a vaj és a margarin biológiai értékét hasonlították össze úgy, hogy mindkét esetben optimális volt a tápanyag energiatartalma (10,5 MJ 25% zsírtartalommal). Ez napi 5 és 12 g linolsavfelvételt jelentett a vaját és a margarint fogyasztó csoportnál, és mivel az eikozatriénsav és az arachidonsav aránya mindkét esetben 0,22–0,23 között volt, levonható az a következtetés, hogy a linolsavszükségletet a vaját tartalmazó diétával is tökéletesen ki lehetett elégíteni.

Csak a cisz-térszerkezetű linolsav esszenciális, a transz-izomer nem rendelkezik biológiai aktivitással. A különböző kísérletek alapján a transzszírsavakkal kapcsolatban az alábbi megállapításra jutottak:

- Amikor a táplálék transzszírsavakat tartalmaz, az esszenciális zsírsav-igény megnő, valószínűleg azért, mert csökken az arachidonsav szintézisének határfoka. Valószínűleg a máj megfelelő enzimeinek inhibálásával a prosztaglandin szintézisét is akadályozzák a transz telítetlen zsírsavak.

- A már meglévő esszenciális zsírsavhiányt a transzszírsavak még tovább fokozzák.

- Az elaidinsav kisebb oxidációs sebességgel rendelkezik, mint az olajsav, bár a transzszírsavak is metabolizálódnak a szervezetben. A szervezetben betöltött szerepük a telített zsírsavakéhoz hasonló.

- A transzszírsavak beépülnek a zsírszövetbe, így a tartalék zsír zsírsavösszetétele hasonló lesz a táplálékéhoz. Ezek a zsírsavak jelentős mértékben épülnek be a szívbe, a vesékbe és a májba, ugyanakkor a plazma lipidjeinek csökken a linolsav- és az arachidonsav-tartalma.

– A transzzsírsavak szervezetbe jutásával megváltozik pl. a mitokondrium és a vértetek sejtmembránjának összetétele.

Egy emberekkel végzett kísérletben a magasabb koleszterinszintet kapcsolatba hozták a nagy sűrűségű zsírok csökkenésével és a nagyon alacsony sűrűségű zsírok növekvő koncentrációjával.

Megoszlanak a vélemények arra vonatkozóan is, hogy vajon a hidrogénezett zsírsavak okoznak-e érlemeszesedést. Egy transzzsírsavakkal állatokon végzett kísérletben megállapították, hogy transzzsírsavak hatására megnőtt a máj és a vese tömege, míg a tüdő tömege csökkent. A transzzsírsavak hatására csökken a szív reakciója a stresszre, patkányokban a transzzsírsavak keresztüljutottak a placentán, és megváltozott néhány enzim és a zsírszövet tulajdonsága is.

Németországban a C18:1 zsírbevitel naponta személyenként 4,5–6,4 g között alakul. Ebből a mennyiségből csak 1,6 g származik tejből és tejtermékből, míg 3,2–4,1 g forrása növényi zsír. Az Egyesült Államokban ez az arány csak 4,5%, Svédországban normál táplálkozás esetén 5%, laktovegetáriánusoknál 3,9%, míg vegetáriánusoknál 1,8%.

Általánosságban el lehet mondani, hogy a transzzsírsavaknak nincs káros hatásuk, ha esszenciális zsírsav megfelelő mennyiségben rendelkezésre áll a táplálékban. Különösen elmondható ez a kis mennyiségben felvett és a tejszírral együtt fogyasztott transzzsírsavakról.

20.3.1.10. Többszörösen telítetlen zsírsavak, koleszterinmetabolizmus és érlemeszesedés

Az úgynevezett lipid hipotézis azt állítja, hogy kapcsolat van az élelem zsírsavösszetétele és a vérérum koleszterintartalma között; a telített zsírsavak növelik, míg a telítetlen zsírsavak csökkentik azt. Továbbá, mivel a hiperkoleszterolémia hatással van az érlemeszesedésre és a szívkoszorúér megbetegedésére, gyakran javasolják, hogy a telített zsírsavakat tartalmazó zsírokat sok telítetlen zsírt tartalmazó zsírokkal és olajokkal kell helyettesíteni. Javaslatok szerint a többszörösen telítetlen és a telített zsírsavak arányának legalább 1-nek kell lennie, vagy a többszörösen telítetlen zsírsavak energiájának el kell érnie az összes energia 10%-át.

Köztudott, hogy a koronaér-megbetegedés és az ebből eredő elhalálozás a legtöbb iparosodott országban az első helyet foglalja el a betegségstatisztikákban. Nem lehet azonban ezért a kórért csupán a táplálék telítettzsírsav-tartalmát felelőssé tenni, mert komplex problémával van dolgunk. Hogy mennyire komplex ez a probléma, azt a következők igazolják:

A 12-nél kisebb szénatomszámú telített zsírsavak nem növelik a vérérum koleszterintartalmát, és nem növeli azt a sztearinsav sem, amit feltétlenül figyelembe kell venni, mivel a tejszír viszonylag sokat tartalmaz ezekből a zsírsavakból. A mirisztinsav hatása a koleszterintartalomra csekély, és ténylegesen csak

a palmitinsav koleszterinszintet emelő hatásával kell számolni. Figyelemmel kell azonban lenni még a palmitinsav-sztearinsav arányra is, amely magyarázza azoknak a kísérleteknek az eredményeit, ahol nem kaptak összefüggést a fogyasztott zsírfajta és a koleszterinszint között.

Amikor a linolsav mennyiségét a kísérleti élelmiszerben 10–30%-ra növelték, a szérum koleszterinszintje nem változott jelentős mértékben. A többszörösen telítetlen zsírsavak koleszterincsökkentő hatása több tényezőtől is függ, ami magyarázza azon kísérletek eredményeit, ahol a különböző fajtájú zsírok fogyasztásának hatására nem változott lényegesen a szérum koleszterintartalma. Nem változott pl. a szérum koleszterintartalma akkor, ha a kísérleti csoportok az energia 31,5%-át vajban vagy margariban kapták, ahol a linolsavbevitel naponta 5,0 és 16,2 g volt.

Amennyiben a kísérlet résztvevői olyan tejszírt fogyasztottak, ahol kapszulázott telítetlen zsírsavakkal megnövelték a tej telítetlen zsírsavainak mennyiségét, a szérum koleszterintartalma, hasonlóan a más, sok telítetlen zsírsavat tartalmazó zsírokkal elvégzett kísérletekhez, 10%-kal csökkent.

Általában a növényi eredetű olajokról és zsírokról sem lehet egyértelműen elmondani, hogy nagy mennyiségű, hasznos többszörösen telítetlenzsírsav-tartalommal rendelkeznek, ugyanis vizsgálatok igazolták, hogy a különböző eredetű margarink linolsavtartalma 4–68% között, a sütésre használt növényi olajoké pedig 1 és 42% között változott. Ugyanakkor a palmitinsav, az egyik legjelentősebb telített zsírsav mennyisége a margariban 8–32% között, növényi olajokban pedig 9–42% között változott.

Figyelemmel kell lenni arra is, hogy a szérum koleszterinje különböző lipoproteinekhez kötött, és ezért nem a szérum összes koleszterinszintje, hanem a különböző lipoproteinek viszonya az, ami fontos. A HDL (high density lipoprotein; nagy sűrűségű lipoprotein) koleszterin növekedése akár abszolút mértékben, akár az LDL (low density lipoprotein; alacsony sűrűségű lipoprotein) koleszterinhez viszonyítva megakadályozza az érlelmeszesedés kialakulását, míg az LDL és a VLDL (very low density lipoprotein; nagyon alacsony sűrűségű lipoprotein) koleszterin megnöveli a rizikófaktorokat. A többszörösen telítetlen zsírsavakról azt tartják, hogy azok fogyasztása csökkenti az LDL és a VLDL koleszterin mennyiségét, bár vannak, akik kétségbe vonják, hogy a táplálkozással lehet-e hatni a szérum lipoproteinjeire. Egy körültekintően összeállított élelmiszeradag esetében, ahol a palmitinsav-sztearinsav arány 2,2 volt, csökkent az összes koleszterinszint, de a lipoproteinek részaránya változatlan maradt.

Sem az állattal, sem az emberrel végzett kísérletekből nincs olyan adat, mely minden kétséget kizáróan igazolná a telítetlen zsírsavak koleszterinmetabolizmusra kifejtett kedvező hatását. A legtöbb esetben a linolsav mennyisége és az érlelmeszesedés kialakulása között nem volt szignifikáns összefüggés. Nincs bizonyíték arra, hogy a vajfogyasztás és a szív- és érrendszeri megbetegedések között bármilyen kapcsolat is volna. Az elvégzett kísérletek azért vezettek több ízben

fals eredményre, mert a kísérleti állatok többségének más volt az anyagcseréje, mint az emberé, sokkal rövidebb ideig éltek, mint az emberek, holott köztudott, hogy pl. az embernél az érlelmeszesedés hosszú idő alatt alakul ki.

Az Egyesült Államokban és Izraelben elvégzett vizsgálat tanúsága szerint a szívproblémákkal küszködő emberek nagy része túlsúlyos volt; esetükben nem a koleszterinszint jelentette a fő problémát, hanem a túltáplálás. Megállapították, hogy a súlycsökkenés, a zsiradékok fogyasztásának korlátozása (35%-os részarányra az összes elfogyasztott energián belül), mind a növényi, mind az állati eredetűeké, csökkenti a szívbetegségek kockázatát.

A különböző élelmiszerek is hatással lehetnek a szív- és érrendszeri megbetegedésekre. Káros hatása lehet egyes szénhidrátoknak, pl. a szacharóznak, de ilyen közvetett hatásról nem számoltak be a laktóz esetében. Az élelmiszer fehérjetartalmának növelése csökkenti a szérum koleszterinszintjét, ennek ellenére egyes megfigyelések szerint a megemelt fehérjetartalom növelte az infarktusos megbetegedések számát. Hatással van a betegség kialakulására az élelmiszer ásványianyag-tartalma is. Egy nyulakkal végzett kísérletben, ahol nagy kalcium-tartalmú, sovány tejpport etettek, csökkent a szérum koleszterinszintje, és nem jelentkeztek az érlelmeszesedés tünetei. A lágy vizet fogyasztóknál fokozottabban jelentkezik a szívérrendszeri megbetegedés. Ha magas az élelem C-vitamin-tartalma, csökken a szív- és érrendszeri megbetegedések száma, és ugyanez elmondható az élelmiszer rosttartalmáról is, hisz a nagy rosttartalmú élelmiszer csökkenti a szérum koleszterintartalmát, és ezzel együtt a megbetegedések számát.

Kétségtől van összefüggés a szérum koleszterinkoncentrációja és az érlelmeszesedés, valamint a szívkoszorúér-megbetegedések között, de ez a kapcsolat nem tekinthető a betegségek kialakulása fő okának. Nagyon sok olyan humán vizsgálatot folytattak, amelyek nem hogy nem erősítették meg ezt a kapcsolatot, hanem azzal ellentétes eredményt hoztak. Az infarktusok száma nem csökkent, ha a koleszterinszintet sikerült csökkenteni a szervezetben, és számos kísérlet bizonyította, hogy nincs kapcsolat a betegség gyakorisága és a szérum koleszterinszintje között. Ezen vizsgálatok szerint a koleszterin csak egy mellékhatása, de nem kiváltó oka a betegségnek, annál is inkább, mivel a betegséget számos egyéb ok is befolyásolja, pl. a magas vérnyomás, a dohányzás, genetikai faktorok, mozgáshiány, immuno-biológiai faktorok, kor, nem, pszichológiai faktorok, személyiség, stressz stb., összesen 37 olyan tényezőről történik említés a szakirodalomban, amely hatással van a betegség kialakulására.

Végezetül érdemes szót ejteni a zsírsavak és a daganatos megbetegedések kapcsolatáról. Egy nyolc évig tartó klinikai teszt során bebizonyosodott, hogy azoknál a csoportoknál, akik 40%-nál nagyobb mennyiségben fogyasztottak telítetlen zsírsavakat, nagyobb volt a daganatos betegségek részaránya, mint a kevesebb telítetlen zsírsavat fogyasztóknál. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy a túlzott telítetlenzsírsav-fogyasztás a daganatos betegségek egyik kiváltó tényezője lehet. Amikor daganatos sejteket ültettek be patkányok tejmirigyébe, a tumor kialaku-

lása a többszörösen telítetlen zsírsavakat fogyasztó csoportoknál szignifikánsan nagyobb volt, mint a telített zsírsavakkal takarmányozottaknál, ráadásul a kítapintható tumor is sokkal előbb jelentkezett. A fentieket magyarázni lehet azzal, hogy a növekvő tumorsejteknek szükségük van többszörösen telítetlen zsírsavakra. A tumor gyakorisága és a többszörösen telítetlenzsírsav-fogyasztás közti kapcsolatot pedig az E-vitamin-hiánnyal lehet magyarázni. Más szerzők szerint a koleszterin epesavak formájában történő fokozott kiválasztása a többszörösen telítetlen zsírsavak hatására megnöveli az epesavakat lebontó baktériumok számát, ami sokak szerint oka lehet a tumor kialakulásának. A kutatók hangsúlyozzák, hogy a hosszú időtartamú megnövekedett epesavtermelés káros hatással jár.

Az előbbieken közölt tények felhívják a figyelmet arra, hogy káros lehet, ha hosszú időn keresztül fogyasztunk többszörösen telítetlen zsírsavakat. Ez táplálkozási szempontból is káros lehet, hisz a táplálék kiegyenlítetlenné válik, és köztudott, hogy a tápanyagok többségének túlzott hiánya vagy bősége szinte mindig valamilyen káros következménnyel jár. Mindebből következik, hogy a növényi és állati zsiradékot is tartalmazó étrend felel meg a többszörösen telítetlen és az esszenciális zsírsavak iránt támasztott igénynek. Más oldalról nézve egy extrém összetételű zsír, amely bármelyik típusú zsírsavból sokat tartalmaz, különösen a fölös mennyiségű energiabevitel miatt nemkívánatos. Vannak olyan vélemények is, amelyek teljesen kizárnák a vaj emberi felhasználását, de ezek nem számolnak azzal, hogy ezen keresztül olyan esszenciális tápanyagok hiányát idéznék elő a szervezetben, amelyek valamilyen módon a tejszírhoz kötöttek.

20.3.1.11. Az egyes zsírsavak speciális hatásai

A 4–12 szénatomszámú rövid szénláncú zsírsavak, amelyek viszonylag nagy koncentrációban fordulnak elő a tejszírban, antimikrobiális aktivitással rendelkeznek. A rövid szénláncú zsírsavak jobban inhibiálják a Gram-negatív baktériumokat (pl. szalmonella), mint a hosszú szénláncúak. A rövid szénláncú zsírsavak hatásosak a penészek és a savas közegnek ellenálló baktériumok ellen.

20.3.1.12. A tej foszfolipidjei

A tej 30–50 mg/100 cm³ koncentrációban tartalmaz foszfolipideket (20.20. táblázat). A tej foszfolipid-tartalmát befolyásolja a laktációs állapot és az évszak is; a kolosztrum foszfolipid-tartalma lényegesen nagyobb, mint a normális tejé, elérheti a 67–97 mg/100 cm³-t. A tejszírban a foszfolipidek mennyisége 0,2–1,0% között mozog. Az anyatej foszfolipid-tartalma 80 mg/100 cm³, ami mintegy kétszerese a tehéntejének. A foszfolipidek 60–65%-a a zsírgolyócska membránjában helyezkedik el, míg a maradék rész a fölözött tejben található. A zsírgolyócska membránja 20–40% foszfatidot tartalmaz. A foszfolipidek védőfunkciót látnak el a membránban. Mivel a foszfolipidek más és más koncentrációban fordulnak

elő a tej különböző komponenseiben, ezért a különböző tejtermékek különböző mennyiségben tartalmazzák azokat.

A foszfolipideknek a tejben mintegy tíz frakciója ismert. A fő komponensek a foszfogliceridek közé tartozó kefalin, lecitin és szfingomielin (20.21. táblázat). A lecitin két molekula zsírsavat és egy molekula foszforsavat tartalmaz, amely kolinnal van észterezve. A kefalinban etanol-amin vagy szerin van foszforsavval észterezve. A foszfatidil-etanol-amin a tej uralkodó frakciója, míg a foszfatidil-szerin csak 20%-át teszi ki a kefalinnak, vagy 2–4%-át az összes foszfatidnak. A foszfatidil-inozitol egy igen kis frakciója a foszfatidoknak, a lizofoszfatidil-kolin és lizofoszfatidil-etanol-amin pedig csak nagyon kis mennyiségben fordul elő, és a difoszfo-glicerid is csak nyomokban található a tejben.

20.20. táblázat. *A tej és néhány tejtermék foszfolipid-tartalma*

<i>Tej és tejtermék</i>	<i>Foszfolipid-tartalom mg/100 cm³ ill. mg/100 g</i>
Teljes tej	30–50
Fölözött tej	14–23
Író	103–191
Tejszín	100–500
Vaj	100–250
Sajt	100–200

20.21. táblázat. *A foszfolipid-frakciók megoszlása a tej összes foszfolipidjében*

<i>Foszfolipid-frakció</i>	<i>Részarány (%)</i>		
	<i>Átlagérték</i>	<i>Szélsőértékek</i>	<i>Anyatej</i>
Kefalin	37	21–45	35
Lecitin	34	22–48	29
Szfingomielin	21	12–35	29
Foszfatidil-inozitol	5	2–11	5
Plazmalogének	3	2–3	–

Nagy a hasonlóság a tejszír és a fölözött tej foszfolipidjei között, és ugyanez elmondható az anyatejéről is. A foszfolipidek zsírsavösszetétele eltér a tejszíré-től. Érdeemes megemlíteni, hogy nem tartalmazznak rövid szénláncú zsírsavakat, viszont sok a 20-nál is több szénatomot tartalmazó zsírsavak aránya. Ezen túl a foszfolipidek több telítetlen, különösen több többszörösen telítetlen zsírsavat tartalmazznak. Az anyatej és a tehéntej foszfatidjainak zsírsavösszetétele nem különbözik lényegesen egymástól. Az egyes foszfolipidek szignifikáns különbségeket mutatnak zsírsavösszetételükben; a kefalin 50–74%, a lecitin 34–57%, a szfingomielin pedig csak 5–27% telítetlen zsírsavat tartalmaz. A többszörösen telítetlen zsírsavak aránya is nagyobb a kefalinban, mint a lecitinben, a szfingomielin pedig nagy koncentrációban tartalmazza a hosszú láncú, telített zsírsavakat (20.22. táblázat).

20.22. táblázat. A tej foszfolipidjeinek zsírsavösszetétele

Zsírsav	A zsírsavak százalékos aránya				
	Összes foszfolipid	Kefalin	Lecitin	Szfingomielin	Foszfolipidek az anyatejben
C10	0,1	–	–	0,5	0,6
C12	1,4	0,8	0,8	1,3	3,1
C14	4,8	1,3	6,4	6,1	4,5
C15	1,4	0,3	1,6	1,3	0,7
C16	22,6	10,5	32,0	31,9	24,6
C16:1	2,2	1,6	2,3	1,0	3,1
C17	0,7	0,6	0,8	0,7	0,9
C18	11,4	13,5	9,6	4,8	10,7
C18:1	34,6	52,8	33,8	10,7	28,2
C18:2	7,7	10,7	8,2	2,0	9,1
C18:3	1,2	2,1	2,0	0,8	1,4
C20	0,7	0,9	–	2,3	1,2
C20:4	1,7	2,4	1,3	2,0	1,4
C22	2,7	1,5	1,1	10,1	2,3
C23	4,1	0,5	–	15,2	4,9
C24	2,6	0,4	–	9,4	3,4

A foszfatidok táplálkozási értékének becslésénél a többszörösen telítetlen-zsírsav-tartalom, különösen az esszenciális zsírsavak nagy mennyisége, nem játszik meghatározó szerepet. Emésztési oldalról vizsgálva jelentőségük abban áll, hogy a foszfolipidek hozzájárulnak a zsír gyors emésztéséhez, mivel a zsírgolyó körül képzett membrán segítségével azt finom diszperzióban tartják. A foszfolipidek másik jelentősége az, hogy lipotropikus hatásukkal segítik a zsír elszállítását a májból. A kefalinnal úgy tartják, hogy hozzájárul a vérárvadás idejének lerövidítéséhez.

A foszfolipidek fő komponensei az agynak, az idegszövetnek, a szívizomnak, a májnak és a spermának. A foszfatidil-inozitol nagy koncentrációban fordul elő a fehér agyvelőben és a vese foszfatid-peptidjeiben. Ennek ellenére a foszfolipideket nem tekintjük esszenciális tápanyagoknak, mivel a szervezet megfelelő mennyiségben képes őket szintetizálni. Kísérletek kimutatták, hogy nincs szignifikáns különbség a szérum koleszterintartalma és a táplálék lecintintartalma között, bár egy kis, de szignifikáns különbséget megfigyeltek a plazma triglicerid-tartalmának csökkenésében a táplálék növekvő lecintintartalma hatására.

20.3.1.13. A tej cerebrozid tartalma

A cerebrozidok is a lipidek közé tartoznak; szfingozinból, zsírsavból és galaktózból épülnek fel. Nagyobb koncentrációban fordulnak elő az agyvelőben, kisebb mennyiségben pedig a májban, a lépben, a vesében és a vörösvértestekben. A

cerebrozidok 40%-a glükozil-ceramid, 60%-a pedig laktozil-ceramid formában fordul elő. A cerebrozidok 70%-a a zsírgolyócskákban fordul elő, a foszfolipidek 2%-át teszik ki. Zsírsvösszetételükre jellemző a 20 szénatomnál nagyobb telített zsírsavak igen magas aránya.

20.3.2. A tej és a tejtermékek konjugáltlinolsav-tartalma

20.3.2.1. A konjugált linolsavak előfordulása és biológiai hatása

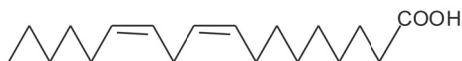
A betegségek gyógyításával összefüggő kutatások mellett a betegségek megelőzésével kapcsolatos ismeretek bővítése is fontos, hisz mindenki számára előnyösebb a betegségek kialakulásának megelőzése, mint a betegségek gyógyítása. A megelőzés egyik eszköze az olyan életmód, mely csökkenti a betegségek kialakulásának kockázatát. Az életmód egyik eleme a táplálkozás, hisz az ételek egyaránt lehetnek negatív vagy pozitív hatással egészségünkre. Az ún. gyógyhatású élelmiszerek olyan alkotórészeket tartalmaznak, amelyeknek szerepük van különféle betegségek megelőzésében vagy a már kialakult betegségek gyógyításában.

Az élelmiszereink zsírsjai közül a tejsírt gazdag telítettzsírsav-tartalma miatt nemrég még egyértelműen károsnak tartották az egészségre. A tejsír a magas telítettzsírsav-tartalom mellett azonban az újabb vizsgálatok szerint olyan komponenseket is tartalmaz, amelyek rákellenes és érelmeszesedést megelőző hatását több állatkísérlet során is észlelték. Ezen komponensek közül kiemelkednek a konjugált linolsavak (KLS), melyekről többen jelentős pozitív élettani hatást állapítottak meg. Ezt követően kezdték vizsgálni élelmiszereink KLS-tartalmát. Ennek során megállapították, hogy a különböző élelmiszerek KLS-koncentrációját több tényező jelentősen befolyásolhatja. Így pl. megállapították, hogy a nyers tej KLS-tartalmának egy része a tehenek bendőjében zajló biokémiai reakciókból származik, de a tejfeldolgozás közben, az egyes technológiai lépések során is keletkezhetnek konjugált linolsavak. Felmerült annak lehetősége is, hogy a technológiai folyamatokat úgy alakítsuk ki, hogy kedvezzenek a KLS képződésének, és ezáltal KLS-ben gazdag, kedvező élettani hatású terméket kapjunk. E bonyolult beavatkozás során azonban vigyázni kell arra, hogy a KLS-tartalom növekedése ne járjon együtt egyéb nem kívánatos változásokkal.

20.3.2.2. A konjugált linolsav definíciója

A konjugált linolsav megnevezés azon szerkezeti és geometriai linolsav-izomerek gyűjtőneve, amelyek a linolsavval szemben nem izolált, hanem konjugált helyzetben tartalmaznak két kettős kötést (20.6. ábra).

A kettős kötések leggyakrabban a 9,11 vagy a 10,12 helyzetben találhatóak, de előfordulhatnak még egyéb pozícióban (8,11 vagy 11,13) is. Mindkét kettős kötés lehet cisz vagy transz konfigurációjú.



cisz9,cisz12-C18:2 (linolsav)



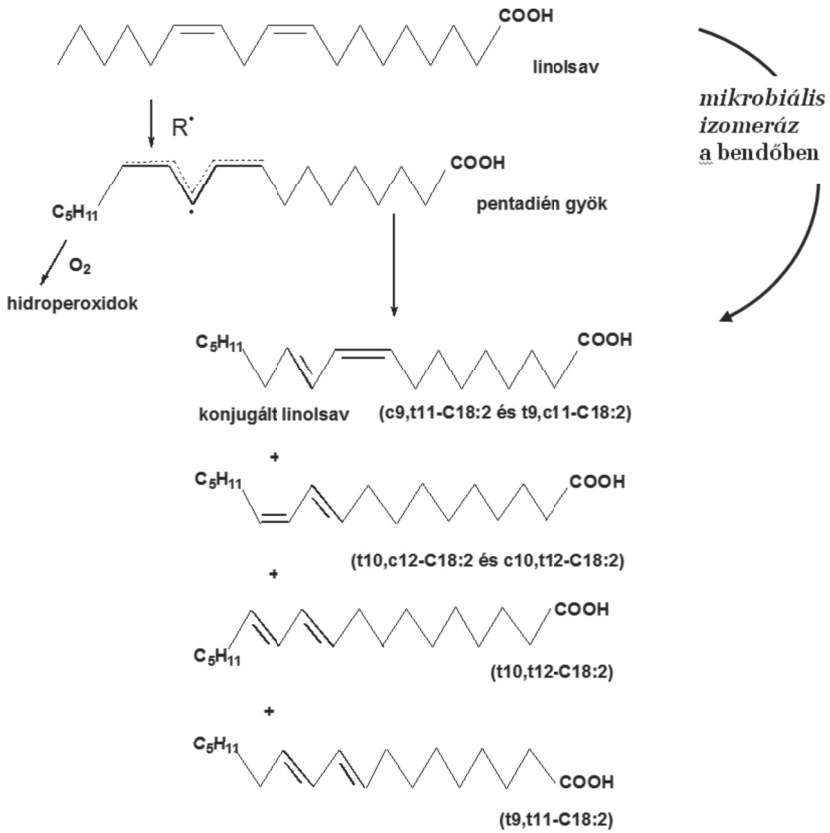
cisz9,transz11-C18:2 (konjugált linolsav, KLS)

20.6. ábra. A linolsav és a konjugált linolsav képlete

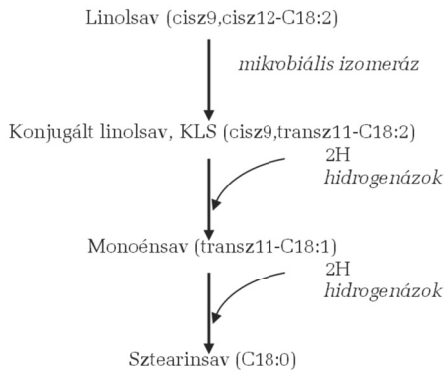
20.3.2.3. A konjugált linolsavak kialakulása és kémiai előállítása

A KLS a természetben főként a többszörösen telítetlen zsírsavak biológiai hidrogénezése során keletkezik. Ez a bakteriális enzimtevékenység főként a kérődző állatok bendőjében zajlik, és feltételezik, hogy a patkányok emésztőrendszerében található mikrobák is képesek a szabad linolsavat cisz-9,transz-11 konjugált linolsavvá alakítani (20.7. ábra). Többen azt tapasztalták ugyanis, hogy a patkányok linolsavfogyasztása befolyásolta szöveteik KLS-tartalmát; magasabb linolsavfogyasztás esetén a patkányszövetekből izolált lipidek KLS-tartalma is jelentősen nagyobb volt, mint a kevesebb linolsavat fogyasztó patkányoké.

A természetben leggyakrabban előforduló KLS-izomer a cisz-9,transz-11-C18:2 (c9, t11-KLS), amely a linolsav (cisz-9,cisz-12-C18:2) biológiai hidrogénezésének első lépésében keletkezik. Különböző baktériumok mikrobiális enzimjeinek hatására a linolsavból először konjugált linolsav (cisz-9,transz-11-C18:2) képződik, majd a cisz-9 kettős kötés két hidrogénatom felvételével telítődik, amelynek során egy egyszeresen telítetlen zsírsav (transz-11-C18:1) jön létre, ami további hidrogénezéssel sztearinsavvá (C18:0) alakulhat át (20.8. ábra).



20.7. ábra. A konjugált linolsavak kialakulása szabad gyökös reakcióval, ill. biológiai hidrogénezéssel linolsavból



20.8. ábra. A linolsav biológiai hidrogéneződése a bendőben

Az újabb vizsgálatok eredményei alapján feltételezhető, hogy a KLS a transz-C18:1 zsírsavakból is kialakulhat a tehének tejmirigyében vagy a patkányok májában a 9-es és a 10-es helyzetben lévő szénatomról való dehidrogénezéssel, a $\Delta 9$ -deszaturáz reakcióval. A konjugált linolsavak kémiai reakciókban enzimek közreműködése nélkül is kialakulhatnak a linolsavban gazdag olajok lúgos izomerizációja vagy a ricinusolaj víztelenítése közben. A linolsav in vivo szabad gyökös autooxidációja során is keletkezhet KLS, nagy kéntartalmú fehérjék jelenlétében. A KLS előállítására kifejlesztettek egy olyan módszert is, amellyel metil-c9,t11-KLS-t lehet előállítani ricinusolajból nyert ricinussav-metilészterből.

20.3.2.4. Élelmiszereink konjugáltlinolsav-tartalma és a mennyiségüket befolyásoló tényezők

A konjugált linolsavak a húsban, a tojásban és kisebb mértékben a növényi olajokban is megtalálhatók, ennek ellenére a tejtermékek a legjelentősebb konjugáltlinolsav-források az emberi táplálkozásban. Általánosságban elmondható, hogy a kérődző állatok termékei több KLS-t tartalmaznak, mint az egygyomrúaké. A bányahús, a marhahús és a tehéntej kb. tízszer annyi KLS-t tartalmaz (0,5–1 g KLS/100 g zsír), mint a sertéshús, a lazac és a tojássárgája. A biológiai hidrogénezés során képződött KLS egy része a kérődzők bendőjéből továbbjut a vékonybélbe, ahol a többi, táplálékeredetű zsírsavval együtt felszívódik, átésztereződik, és végül is az állat egész szervezetébe eljut. Az egygyomrú állatok zsírjának KLS-tartalma származhat a takarmány húsliiszt- és faggyútartalmától, másrészt elképzelhető, hogy az egygyomrú állatok egyes bélmikroorganizmusai is képesek (a kérődzők bendőjéhez képest kisebb mértékben) a linolsavat egy hidrogénezési folyamat során konjugált linolsavakká alakítani.

A növényi olajokban és a margariban egyes kutatók nem találtak KLS-t, mások viszont – igaz, hogy csak kis koncentrációban, de – ki tudták mutatni ezeket a zsírsavakat. A hidrogénezett növényi olajok KLS-tartalmában mért különbségeket az eltérő hidrogénezési körülményekkel indokolták. Az élelmiszergyártás egyes lépései, különösen a hőkezelés és a fermentációs eljárások befolyásolhatják a termék KLS-tartalmát. Főként a sajtgyártás során találták úgy, hogy a hőkezelés és az érlelés jelentősen növeli a KLS-tartalmat, míg egyéb élelmiszerek esetében nem tapasztaltak jelentős KLS-tartalom-változást a feldolgozás során.

A nyers tej konjugáltlinolsav-tartalma

A tejszírban a KLS-izomerek közül a c9,t11-KLS a teljes KLS-tartalom több mint 85%-át teszi ki. A világ több országában vizsgálva a tejszír KLS-tartalmát, az értékek 0,2–2,0 g KLS/100 g tejszír között változtak. Egy 1996-ban Svédországban végzett vizsgálat szerint a tejszír KLS-tartalma 0,25–1,7 g KLS/100 g zsír között változott. A c9,t11-KLS-izomer átlagos mennyisége 0,45 g volt 100 g tejszírban. 14 EU-országból származó több mint 2000 tejminta vizsgálata során megállapították,

hogy c9,t11-KLS átlagos koncentrációja a tejszírből 0,76 g/100 g volt, amely értékek 0,13–1,89 g/100 g között változtak. A minták cisz-C18:2, transz-C18:2 és teljes transzszírsav-tartalma átlagosan 3,67 g, 1,12 g és 4,92 g/100 g zsír volt.

A nyers tej konjugáltlinolsav-szintjére ható tényezők

A tej KLS-tartalmát elsősorban a takarmányozás befolyásolja, és a tartási mód, valamint az évszak hatása is takarmányozási okokra vezethető vissza. A nyers tej KLS-szintjét leginkább a takarmány linol- és linolénsav-tartalma, energia- és rosttartalma, a takarmány zsírtartalmának szabad vagy kötött formája, kötött forma esetén a hordozó szerkezete és a napi etetések száma befolyásolja. Már 1935-ben azt tapasztalták, hogy tavasszal a legelőre kihajtáskor a tehéntejben levő zsírsavak fényabszorpciója jelentősen megnőtt az ultraibolya tartományban, amiből a tej KLS-tartalmának növekedésére következtek. A tej konjugáltdién-sav-tartalmának spektrofotometriás meghatározásával megállapították, hogy a nyers tej KLS-tartalma nyáron kétszer olyan nagy (1,46%-a az összes zsírsavnak), mint télen (0,78%). Többen úgy találták, hogy a legelőre kihajtott tehének tejének szignifikánsan nagyobb volt a KLS-tartalma, mint a szénával és/vagy szilázssal takarmányozott tehéneké. Francia kutatók a transzszírsavak esetében is szezonális változást tapasztaltak, ugyanis a transz-C18:1-tartalom kétszer nagyobb volt júniusban, mint a januártól márciusig terjedő időszakban.

2000-ben 12 EU-tagországból származó tejminták c9,t11-KLS és transzszírsav-tartalmának gyakorisági eloszlását tanulmányozták háromféle tartási és takarmányozási módszer összehasonlításával. Németországban a tejminták c9,t11-C18:2 izomer koncentrációjának eloszlása 0,4 g/100 g zsír és 1,4 g/100 g zsír értékek körül ért el maximumot, azaz ez a két KLS-koncentráció volt a leggyakoribb a vizsgált mintákban. Az első maximum a téli, a második a nyári takarmányozás esetében vett tejmintákhoz tartozott. Hasonló eloszlásokat kaptak a tejminták teljes transz-C18:1- és transz-C18:2-tartalmára, valamint a t11-C18:1 és a t11,c15-C18:2-zsírsavtartalomra. A teljes transzszírsav-tartalom (transz-C16:1, transz-C18:1 és transz-C18:2 összege) eloszlása hasonló volt a KLS-éhez. A francia tejminták c9,t11-C18:2- és transz-C18:1-zsírsav-tartalmának eloszlása is mutatta a téli és a nyári szezonális maximumot. A francia tejszírok átlagos KLS- (0,74%), transz-C18:1- (3,58%) és teljes transzszírsav-tartalma majdnem azonos volt a németországi tejszírokra kapott értékekkel. Franciaország és Németország kivételével a tejszírminták KLS-koncentráció-gyakorisága nem mutatott sem nyári, sem téli maximumot, ami azzal magyarázható, hogy ezen országok éghajlati adottságai és ezzel összefüggésben a takarmányozási körülmények is eltértek egymástól. Az írországi tehéneket pl. egész évben legeltették, ezért a legnagyobb gyakorisággal a legmagasabb koncentrációk fordultak elő náluk.

A legeltetett állatok többszörösen telítetlenzsírsav-fogyasztása nagyobb, mint az istállóban tartott és takarmányozott társaiké, ezért, mivel a transzszírsavak a linolsav és a linolénsav részleges biológiai hidrogénezésével keletkeznek a szarvas-

marhák bendőjében, így nyáron a nagyobb többszörösen telítetlenzsírsav-tartalmú takarmány etetésekor több transzszírsav keletkezik, mint télen. A tejsír linolénsav-koncentrációjának gyakorisága szintén két értéknél ér el maximumot, azonban takarmányozásfüggő változás nem volt felismerhető. Szoros volt az összefüggés a tejsír c9,t11-C18:2-szintjének változása és a transz-C18:1-, t-11-C18:1-, transz-C18:2-, t11,c15-C18:2-, illetve a teljes transzszírsav-tartalom változása között. Mások szintén pozitív korrelációt találtak a tej KLS-tartalma és t11-C18:1 zsírsav-tartalma között, amire magyarázatul szolgálhat az a tény, hogy in vivo körülmények között a c9,t11-C18:2 KLS-izomer a t11-C18:1 zsírsavak fő prekursora, másrészt a t11-C18:1 a transz-C18:1 zsírsavak fő izomere a tejsírban és a kérődzők gyomrában.

Svédországban is szoros lineáris kapcsolatot fedeztek fel a tejsír c9,t11-C18:2-KLS-tartalma és t11-C18:1-tartalma között, amiből arra lehet következtetni, hogy a biológiai hidrogénezés reakciójának első két lépése gyorsan megy végbe. Miután a transz-11-kötés *izomeráz* enzim közreműködésével létrejött, a cisz-9-kötés hidrogéneződik és t11-C18:1 keletkezik. E két reakciót a *B. fibrisolvens* baktérium enzimjei katalizálják, de a t11-C18:1 → C18:0 második hidrogénezési lépés független ezen baktériumok tevékenységétől, ami a teljes hidrogénezési folyamat reakciósebességét is meghatározza. Francia kutatók szintén szoros összefüggést találtak a sajtból származó zsírminták c9,t11-C18:2- és t11-C18:1-tartalma között. A linolsav és a c9,t11-C18:2 mennyisége között negatív kapcsolatot, míg a linolénsav és a c9,t11-C18:2 mennyisége között pozitív kapcsolatot véltek felfedezni. A linolénsav és a t11,c15-C18:2 koncentrációjának szoros kapcsolata a linolénsav biológiai hidrogénezésének a következő lehetséges metabolikus útvonalára utalhat: c9,c12,c15 → c9,t11,c15 → t11,c15 → t11. Megállapították azt is, hogy átlagos takarmányozási körülmények között a tejsír KLS-tartalmának táplálkozási szempontból kívánatos növekedése mindig együtt jár a nemkívánatos transz-C18:1 és transz-C18:2 zsírsavak mennyiségének növekedésével.

Nagyobb mennyiségű KLS akkor tud kérődzők bendőjéből felszívódni, ha a táplálék telítetlenzsírsav-tartalma magas, és/vagy ha a biológiai hidrogénezés folyamata valamilyen okból nem teljes. Zöld takarmányok zsírja gazdag linolénsavban, a szójaolaj, a gyapotmagolaj és a napraforgóolaj pedig linolsavban. Ezen tényekre való figyelemmel azt találták, hogy legeltetett tehének tejének nagyobb a KLS-tartalma akkor, ha az állatok kiegészítésként nem kaptak koncentrált takarmányt. Ha azonban teljes zsírtartalmú extrudált szójadarát, teljes zsírtartalmú extrudált gyapotmagot vagy napraforgóolajat kaptak kiegészítésként, a tej KLS-értéke nőtt, és szintén nagyobb KLS-szintről számoltak be teljes zsírtartalmú repcemag etetése esetében. Magától adódik a kérdés, hogy a legeltetett tehének, illetve a telítetlen zsírsavakban gazdag takarmánnyal etetett tehének esetében a tej KLS-szintjének emelkedése összefüggésbe hozható-e az emelt szintű linolsav-, illetve linolénsav-bevitellel.

Vizsgálatokat végeztek annak megállapítására, hogy lehetséges-e gazdaságosan növelni a tej KLS-tartalmát a takarmányok eltérő linolsav- és linolénsav-kon-

centrációjával anélkül, hogy a tej egyéb összetevői jelentős mértékben megváltoznának. Egy kísérletben a tejelő tehenek takarmányának egy részét roppantott nyers szójababbal, roppantott és pörkölt szójababbal, szójababolajjal, valamint lenolajjal helyettesítették. A szójabab-kiegészítés megnövelte a takarmányok sztearinsav-, linolsav- és linolénsav-tartalmát a kontrolltakarmányéhoz képest, és a lenmagolaj-tartalmú takarmányok linolénsav-tartalma is magasabb volt a többi takarmányénál. A szójaolajat és a nagyobb koncentrációban lenolajat fogyasztó tehenek csoportjánál a tejhozam és a tej zsírtartalma alacsonyabb volt, mint a többi csoport esetében.

A megnövekedett linolsav- és linolénsav-bevitel is okozhat tejszírtartalom-csökkenést, és emellett megnövelheti a tej C18:1-zsír-sav-tartalmát, mivel a bendőben lezajló hidrogénezés során a linolsav és a linolénsav részben C18:1 zsírsavakká alakul át. Az előzőekkel szemben nyers és pörkölt szójababot fogyasztó csoportok esetében nem észlelték a tejszírtartalom csökkenését a kontrollcsoportéhoz képest, míg a szójaolajat és a lenolajat fogyasztó csoport esetében a tejszírtartalom csökkent. Többen tapasztalták, hogy a többszörösen telítetlen olajok szabad formában való fogyasztása csökkentette a tej zsírtartalmát, olajos magvak fogyasztásakor viszont a tej zsírtartalma nem változott. Ez azzal magyarázható, hogy a bendőbeli emésztés során a magvakból lassabban szabadul fel az olaj, mintha azt szabad formában adták volna a takarmányhoz. Ezért a transz-C18:1 zsírsavak nem halmozódnak fel olyan mértékben a bendőben, mint a szabad olaj etetése esetében. Ennek következtében a bendőből felszívódó transz-C18:1 zsírsavak mennyisége is kevesebb, amelyek így kevésbé csökkentik a tej zsírtartalmát. A takarmány eredetű hosszú szénláncú zsírsavak koncentrációjának növekedése azzal jár, hogy azok fokozottabb mértékben beépülnek a tejszírba, és ezzel gátolják a tejmirigyben a közepes lánchosszúságú zsírsavak szintézisét.

A tej KLS-tartalma a pörkölt szójababot, a szójaolajat, a kevesebb és több lenolajat fogyasztó csoportok esetében 97, 438, 305 és 315%-kal emelkedett meg a kontrollcsoportéhoz képest. Egyedül a nyers szójabab fogyasztása nem növelte meg a tej KLS-szintjét, ami azzal magyarázható, hogy az a nyers szójababból lassabban szabadul fel a bendőben, a hőkezelt szójababnál ugyanis a hőkezelés hatására törekenyebbé válnak a babszemek. A 3,6%-os szójaolaj-tartalmú táp nagyobb mértékben növelte a tej KLS-szintjét, mint a 4,4% lenmagolajat tartalmazó táp, amiből az a következtetés vonható le, hogy szójababolaj etetésével a tej KLS-szintje sokkal hatékonyabban emelhető. A szójababolaj és a lenmagolaj kombinációjával is jelentős KLS-tartalom-növekedést lehet elérni a tej zsírtartalmának számottevő csökkenése nélkül.

Egy másik kísérletben öt kísérleti csoport takarmányát 0,5, 1, 2 és 4% szójaolajjal, ill. 1% lenolajjal egészítették ki. A 2 és 4%-os szójaolaj-hozzáadás esetében a táplálék magas szabad olajtartalma miatt a tej zsírtartalma szignifikánsan csökkent, KLS-tartalma viszont 237 és 314%-kal nőtt a kontrollcsoportéhoz képest. A 0,5 és 1% szójaolajat és az 1% lenolajat tartalmazó takarmányt fogyasztó csoportok tejének KLS-tartalma nem különbözött a kontrollcsoportétól, azaz

nem volt olyan csoport, ahol a KLS-szint növekedése mellett a tejszírtartalom változatlan maradt volna. A tej KLS-tartalma nem nőtt lineárisan a takarmány szójaolaj-tartalmának növekedésével, a közepes láncosságú zsírsavak arányának csökkenése viszont a zsírsavösszetételen belül arányos volt a takarmányhoz adott zsír mennyiségének növelésével.

Egy hasonló kísérletben azt vizsgálták, hogy 1, 2 és 3% halolaj a takarmányban milyen hatással van a tej KLS-koncentrációjára. A kontrolltakarmányban nem volt kimutatható mennyiségű C20:5 eikozapentaénsav és C22:6 dokozaheptaénsav, amelyeket a halolaj jelentős mértékben tartalmazott. A halolaj bevitele csökkentette a szárazanyag-bevitelt, és jelentős mértékben csökkentette a tej zsírtartalmát. A halolajbevitel növelésének hatására a hosszú láncú zsírsavak aránya nőtt, a rövid láncúaké csökkent, és a tejszír gazdagodott telítetlen zsírsavakban. 2%-ra növelve a halolaj mennyiségét, a tejszír KLS- és transz-C18:1-zsírsav-tartalma szignifikánsan nőtt. A c9,t11-C18:2 mennyisége (a legjelentősebb KLS-izomer) is a 2%-os halolajszintnél érte el maximumát, ami 370%-os növekedést jelent a kontrollcsoporthoz képest, míg a t9,t11-C18:2 izomer mennyisége 270%-kal nőtt. Nincs tudomásunk arról, hogy a halolaj fogyasztása milyen biológiai folyamatokon keresztül növeli a tej KLS-szintjét, mivel a halolaj linolsavtartalma alacsony. Bár a halolaj bendőbeni lebontása nem teljesen tisztázott, vizsgálatok szerint a halolaj lipidjeinek kevesebb mint 50%-a hidrolizál a bendőben, szemben a növényi olajokkal, amelyeknél ez az arány 90%. Arról sincs tudomásunk, hogy a 20 és 22 szénatomos zsírsavak átalakulhatnak-e oxidációval a bendőben 18 szénatomos zsírsavakká, és arra sincs bizonyíték, hogy ezek a zsírsavak részt vennének a biológiai hidrogénezésben. Így feltételezhető, hogy a halolaj valamely egyéb komponense serkentette a KLS képződését, ami a takarmány más összetevőivel bevitt linolsavból alakult ki.

Egy másik kísérletben tejelő tehenek takarmányát a tej KLS-tartalmának növelése érdekében magas linolsavtartalmú napraforgóolajjal egészítették ki. A kísérlet második hetében több tehen tejének KLS-mennyisége az első hét végén mért 3,7 g/100 g-ról jelentős mértékben 2,3 g/100 g-ra esett vissza. A harmadik héten a csökkenés tovább folytatódott 1,6 g/100 g-ra, ami arra utal, hogy a kísérleti takarmány etetésének első néhány hetében a hidrogénezési folyamatok a bendőben jelentősen megváltozhatnak.

A tej KLS- és t11-C18:1-tartalmát jelentősen befolyásolhatja a takarmány rost- és keményítőtartalma is. Egy bárányokkal végzett kísérletben úgy találták, hogy a takarmány rosttartalmának csökkenésével és keményítőtartalmának növelésével a végső hidrogénezési lépés lelassult és több t11-C18:1 zsírsav keletkezett, amely a sztearinsav helyett a hidrogénezési folyamat fő termékévé lépett elő. Mások is arra a következtetésre jutottak, hogy magas keményítő- és alacsony rosttartalmú tápok etetésékor az utolsó hidrogénezési lépés gátolt, és a tej t11-C18:1-tartalma jelentősen megnő. Mások a t11-C18:1-koncentrációjának emelkedése mellett a c9,t11-C18:2-koncentráció emelkedését is megfigyelték.

Három kísérleti tehéncsoportnál, ahol a kontrollcsoportban a koncentrált és a terimés takarmány aránya szárazanyagra vonatkoztatva 50–50%, a két kísérleti csoportban pedig 65–35% volt (több keményítő, alacsonyabb rost- és magasabb cisz-9-C18:1 zsírtartalom), vizsgálták a tej KLS-tartalmát. Az etetési technológia hatását vizsgálva, a kontrollcsoportban és az egyik kísérleti csoportban a szükségletnek megfelelő takarmányozás folyt, a második kísérleti csoportban pedig az állatok étvágy szerint fogyaszthatták a takarmányt. A három csoport közül az adagolt takarmányozású kísérleti csoport tejének volt a legmagasabb (1,13 g/100 g zsír) a c9,t11-KLS-tartalma, ami szignifikánsan különbözött a szintén adagolt takarmányozású kontrollcsoportétól (0,55 g/100 g zsír). A két kísérleti csoportot összehasonlítva az étvágy szerint takarmányozott csoport tejének c9,t11-KLS-tartalma (0,66 g/100 g zsír) jelentősen kisebb volt, mint az adagolt takarmányú kísérleti csoporté, és ugyanezt a tendenciát figyelték meg a tej t11-C18:1-zsírsavtartalma esetében is.

Az etetési gyakoriság tejszírtartalomra és zsírsavösszetételre gyakorolt hatását vizsgálva megállapították, hogy a tejszírtartalom az etetések számával nő. A többszörösen telítetlen zsírsavak összegében nem tapasztaltak különbséget, de a t11-C18:1 zsírsav mennyisége a tejben kissé nagyobb volt a naponkénti kétszeri etetésnél a napi egyszeri etetéshez viszonyítva. Egyesek arra a következtetésre jutottak, hogy a t11-C18:1 zsírsav mennyisége csak kismértékben függ az etetés gyakoriságától, mások viszont azt tapasztalták, hogy a c9,t11-C18:2 és a t11-C18:1 zsírsavak mennyisége jelentős mértékben különbözött az adagolt és az ad libitum takarmányozású csoportok között.

Néhányan arra a következtetésre jutottak, hogy az állatok tartási módja is befolyásolhatja a tej KLS-tartalmát. Összegezve tehát, amennyiben a tehéntej KLS-tartalmának növelése a cél, akkor ez megvalósítható különféle takarmányok összeállításával, azonban a takarmányozáson kívül egyéb tényezők is jelentős szerepet játszhatnak a nyers tej KLS-tartalmának alakításában, hisz a legtöbb tanulmányban nagy egyedek közötti eltéréseket figyelték meg.

Egyéb tejtermékek konjugáltlinolsav-tartalma

A tejtermékek KLS-tartalma egy svédországi felmérés szerint 0,46–0,71 g/100 g zsír, az USA-ban pedig 0,36–0,70 g/100 g zsír között van. Németországban a tejtermékek zsírjában a konjugált linolsav mennyisége 0,40–1,70%. Mindhárom országban a sajt KLS-tartalmát nagyobbak találták a többi tejtermékénél. A pasztőrözött tej KLS-tartalmát 0,98, a sűrített tejét 0,63–0,70, a homogénezett tejét 0,55 g/100 g zsírnak mérték. Nagy szórást tapasztaltak a joghurtok (0,69±0,38 g/100 g zsír) KLS-tartalmában. A Svédországban kapható tejtermékeket vizsgálva megállapították, hogy a különféle joghurtok, a vaj, a tejszínhab és a tejföl KLS-tartalma 0,45–0,62 g/100 g zsír értékek között változott. Nem tapasztaltak jelentős eltérést egyik termék esetében sem, és a teljes és csökkentett zsírtartalmú joghurtok zsírjának KLS-tartalma sem különbözött jelentősen egymástól. A négy és tíz hónap közötti érlelésű sajtok 0,50–0,71 g/100 g zsír KLS-t tartalmaztak.

A KLS-tartalom szórása a tejtermékek esetében kisebb volt a nyers tej esetében mértnél. Ausztráliában a vaj KLS-tartalmát 0,94–1,19 g/100 g zsír között mérték. A különféle tejtermékek KLS-tartalmát meghatározva legkisebb értéket a nem zsíros, fagyasztott tejdesszertnél (0,06 g/100 g zsír), a legnagyobbat pedig egy sűrített tejnél (0,7 g/100 g zsír) mérték. 13-féle különböző sajtot ellenőrizve a KLS-tartalom 0,29–0,71 g/100 g zsír között változott, az ömlesztett sajtok pedig átlagosan 0,50 g/100 g zsír KLS-t tartalmaztak. Ezen utóbbi esetben a különböző technológiával készült sajtok közötti eltérés csekély volt. A friss és érett sajtok zsírjában alig volt különbség a KLS-tartalomban (0,51–0,54 g/100 g zsír), ahol a KLS-izomerek 82–88%-át a c9,t11 KLS-izomer tette ki. Azok az ömlesztett sajtok, amelyekhez savófehérje-koncentrátumot is adtak a feldolgozás során, kb. négyszer annyi (0,88 g/100 g zsír) KLS-t tartalmaztak, mint a nem ömlesztett sajtok (0,19 g/100 g zsír). Az ömlesztett sajtokban a hét azonosított KLS-izomer legnagyobb mennyiségét a t9,t11-KLS és a t10,t12-KLS tette ki, míg a c9,t11-KLS csak 17,1%-a volt a teljes KLS-tartalomnak. Az izomerek pontos megállapításához rendkívül precíz laboratóriumi módszerek szükségesek, ugyanis az izomerek aránya a hibás minta-előkészítés hatására is megváltozhat, mivel az egy vagy több cisz-konfigurációjú kettős kötést tartalmazó izomerek sztereoizomerizációval transz-formájúvá alakulhatnak.

A vaj konjugáltlinolsav-szintjének növelése

A tejszír KLS-szintjének növelése során egyrészt a bendőbeli hidrogénezési folyamatokba avatkoznak be a tehének takarmányozásán keresztül, megnövelve a bendőt elhagyó KLS mennyiségét és ezen keresztül a tejszírba való beépülés mértékét, a másik módszer szerint pedig a vaj összetételét biológiai vagy fizikai-kémiai eljárásokkal módosítják a KLS-tartalom növelése érdekében.

Egy kísérletben a vajgyártás alapanyagául szolgáló tej KLS-tartalmát napraforgóolaj-tartalmú takarmánnyal növelték meg. Mivel a kísérletben a tej KLS-szintje az egy hétig tartó kísérleti takarmány etetése után volt a legnagyobb, a tejet az első hét végén gyűjtötték a vajgyártáshoz. Ezen túl még az egyedek között is szelektáltak, és a legnagyobb KLS-tartalmú tehének tejét használták a vaj előállítására. Míg a napraforgóolajat nem fogyasztó kontrollcsoport tejéből készült vaj csupán 0,5 g/100 g zsír KLS-t tartalmazott, a kísérleti csoport tejéből készített vaj KLS-tartalma ennek nyolcszorosa (4,1 g/100 g zsír) volt. Mindkét vajban a c9,t11-C18:2 zsírsav volt a legfőbb KLS-izomer, bár aránya a napraforgóolaj-tartalmú tápot fogyasztó állatok termékében (90,8%) nagyobb volt, mint a kontrollcsoportéban (76,5%). A kísérleti vajban a transz-C18:1 zsírsavak aránya majdnem háromszor annyi volt, mint a kontrollban, és ez különösen vonatkozott a t11-C18:1 izomerre is. A KLS-ben gazdagított vaj több telítetlen zsírsavat és kevesebb rövid és közepes lánchosszúságú zsírsavat tartalmazott.

Egy másik eljárás szerint a már kész vajhoz adtak szintetikusán előállított konjugált linolsavat, valamint enzimek készítményt, és a vaj trigliceridjeit enzimes

módszerrel részlegesen átészterezték. A leghatékonyabb *lipáz* enzimkészítmény kiválasztását követően az enzim hőmérsékleti optimumán, 50 °C-on, különböző inkubálási időt alkalmazva megállapították, hogy a trigliceridekbe beépült KLS mennyisége az inkubálás kezdetén rohamosan nőtt, majd minden enzimmennyiség esetén egy telítési görbéhez hasonlóan változott az idő függvényében. Ha a szubsztrát mennyiségéhez képest növelték az enzim koncentrációját, hamarabb érték el a telítési értéket. Ha immobilizált enzimmel csőreaktorokban folyamatos üzemeltetéssel dolgoznának, akkor lehetőség nyílna a konjugált linolsavban dúsított vaj előállítására. Az átészterezés hatékonyságát azonban jelentős mértékben befolyásolja a vaj víztartalma, ugyanis 0,15% víztartalom felett a KLS-bevitel mértéke csökken, a nem kívánt hidrolízistermékek mennyisége pedig nő. Megváltozik az átészterezés során a trigliceridek szénatomszám szerinti megoszlása is, mert a hosszú szénláncú zsírsavak főleg a közepes és rövid szénláncú zsírsavak helyett épülnek be az acil-gliceridekbe.

KLS-ben gazdag tejszírfraekciót elő lehet állítani szuperkritikus folyadékextrakcióval is, hisz a vízmentes tejszírből szén-dioxidos szuperkritikus folyadékextrakcióval olyan frakciót lehet kinyerni, amely gazdagabb a hosszabb szénláncú és telítetlen zsírsavakat tartalmazó trigliceridekben, mint az eredeti tejszír.

A sajt konjugáltlinolsav-szintjére ható tényezők

A sajtok KLS-tartalmát többen nagyobb mértékben a többi tejtermék KLS-tartalmánál. Megállapították, hogy a sajtok KLS-szintjét befolyásolhatja a tejalapanyag KLS-tartalma, az érlelési idő és az ömlesztett sajtok esetében a gyártási folyamatok során alkalmazott hőkezelés, és nem zárható ki a starterkultúra mikrobiainak KLS-termelése sem. A különféle sajtok KLS-tartalmát vizsgálva megállapították, hogy azok az ömlesztett sajtok, amelyekhez savófehérje-koncentrátumot is adtak a feldolgozás során, kb. négyszer annyi KLS-t tartalmaztak, mint a fehérjekiegészítés nélküliek. Megállapították, hogy KLS képződhet a feldolgozás során a hőkezelés hatására, az érés során a linolsav szabadgyökös oxidációjával, és hatással lehet a KLS mennyiségére a fehérje eltérő minősége is. Ugyanabból a sajtból készített ömlesztett sajt sok esetben több KLS-t tartalmazott, mint a kiindulási anyag, ha az ömlesztést levegőn, normál nyomáson végezték, nitrogén-atmoszférában végezve a műveleteket viszont nem tapasztaltak növekedést a KLS-tartalomban. Nőtt a KLS-koncentráció a növekvő részarányú savófehérje-koncentrátum hatására, nem változott viszont a c9,t11-KLS izomer aránya az ömlesztett cheddar sajtban.

Mivel a KLS-t a bendőbaktériumok is elő tudják állítani a linolsav izomerizációjával, elképzelhető, hogy a starterkultúráknak is szerepük van a tejtermékek KLS-tartalmának alakításában. A kísérletek során bebizonyosodott azonban, hogy nem vagy csak jelentéktelen különbségeket találtak a különböző starterkultúrákkal készített cheddar, Grevé és Herrgardost sajtoknál. Az esetleges különbségekről megállapították, hogy az a sajttej magasabb KLS-tartalmára vezethető vissza. Ezen kísérleti eredmények ellenére megállapítható, hogy az élelmiszer-

előállítás során használt starterkultúrák tartalmazhatnak olyan mikroorganizmusokat, amelyek KLS-t állítanak elő. Több szintenyészetben előforduló baktérium KLS-termelőképességét vizsgálva arra a következtetésre jutottak, hogy a vizsgált tizenkét faj, illetve fajta közül mindössze három olyan fajta termel KLS-t, amelyeknek fontos szerepük van a svéd típusú sajtok jellegzetes aromájának és lyukazottságának kialakításában.

A baktériumsejtek és a tápközegek analízise során megállapították, hogy a KLS inkább a sejteken kívül fordul elő. Az összes KLS-tartalom 70–90%-át a c9,t11-C18:2 és a t9,c11-C18:2 izomer tette ki, és a c9,t11-C18:2 izomer összes KLS-n belüli aránya hasonló volt a tejtermékekben általában mértéknek. E két izomeren kívül kisebb mennyiségben előfordultak még a t10,c12-C18:2, a t9,t11-C18:2 és a t10,t12-C18:2 konjugált linolsavak is. A KLS-t termelő három fajtára a szabad linolsav antibakteriális, növekedést gátló hatást gyakorol. A KLS-t termelő fajták linolsavtűrése és az általuk termelt KLS mennyisége egyenesen arányos volt egymással, ezért a szabad linolsav KLS-sé alakítása ezen fajták esetében méregtelenítési folyamatnak fogható fel, amelynek során a baktériumok a számukra káros linolsavat úgy próbálják meg hatástalanítani, hogy KLS-sé alakítják. Ez valószínűleg azért történik meg, mert a transz-konfigurációjú kettős kötéseket is tartalmazó zsírsavak antimikrobás hatása kisebb, mint a cisz-konfigurációjú kettős kötéseket tartalmazóké. Az extracelluláris tér analízise azt mutatta, hogy a c9,t11-C18:2 és a t9,c11-C18:2 izomerek egy része tovább hidrogéneződött c9-C18:1 zsírsavvá. Ez a hidrogénezési folyamat eltér a bendőben folyó linolsav-hidrogénezéstől, mert ott a c9,t11-C18:2 KLS-izomer első lépésben t11-C18:1 zsírsavvá alakul. Felületaktív anyagokkal (pl. fehérjék) a szabad linolsav növekedést gátló hatását csökkenteni lehet, így feltételezhető, hogy ezek segítségével több KLS is termelődik. Elképzelhetőnek tartják a jövőben a termelési mechanizmus jobb megismerése után, a KLS-termelő baktériumfajtákkal a KLS-ben gazdag sajtok előállítását.

Az érlelési idő hatásával kapcsolatos eredmények ellentmondásosak. A parmezán sajt magas KLS-szintje összefügghet a hosszú érlelési idővel, ezzel szemben nem találtak különbséget a friss és az érett cougar sajtok KLS-tartalma között, és nem volt jelentős változás a grevé és herrgardost sajtok KLS-koncentrációjában a kilenchnapos érlelés során. A sajtok KLS-tartalma nem különbözik jelentősen a sajttej KLS-tartalmától, tehát sem a gyártás, sem az érlelési idő nem befolyásolta számottevően a két sajt KLS-tartalmát. A fentiekből következik az is, hogy a nyers tej eredeti KLS-tartalma nem vesz el a feldolgozása során. Egy másik kísérletben az eltérő starterkultúrák, feldolgozási módok és érlelési időtartamok a KLS-tartalomra és izomereszlásra gyakorolt hatását vizsgálva megállapították, hogy a cheddar sajt esetében ezen paraméterek nem gyakorolnak jelentős hatást a teljes KLS-tartalomra, bár kismértékben befolyásolják a KLS-izomerek megoszlását.

Más vizsgálatok szerint úgy tűnik, hogy az indiai Ghee KLS-szintjét jelentősen befolyásolja annak előállítási módja, hisz a KLS mennyisége akár ötszörösére is növelhető az előállítás során. Sikerült a 0,5–0,6 g/100 g zsír KLS-t tartalmazó

tehéntejnyersanyagból 2,5–2,8 g/100 g zsír KLS-tartalmú Ghee-t előállítani az alvadékképződés során fellépő mikrobiális fermentáció segítségével. A KLS-tartalmat befolyásolta a szűrés hőmérséklete is, hiszen magasabb hőmérsékleten több KLS keletkezett, mint alacsonyabb hőmérsékleten. Egyöntetű vélemény szerint a Ghee gyártása folyamán alkalmazott, hőközléssel járó folyamatok fehérje jelenlétében kétséget kizáróan felelőssé tehető a KLS-szint növekedéséért.

A különböző tejtermékek, illetve különböző sajtok KLS-tartalmának vizsgálatakor ügyelni kell arra, hogy a tejalapanyag KLS-tartalma döntően megszabja a termék összetételét, és így a KLS-szintben mért különbségek a nyers tej ingadozó KLS-szintjéből is adódhatnak.

A konjugált linolsavak biológiai hatása

Amint az közismert, a rákbetegségek kialakulásának több tényező lehet az oka, így mind genetikai, mind a káros környezeti hatások növelhetik a betegség kialakulásának kockázatát. A rákos halálesetek kb. 35%-a táplálkozási okokra vezethető vissza, ami a különféle rákbetegségek esetében 20 és 60% között alakul. A táplálék tartalmazhat olyan összetevőket, amelyek segítenek megelőzni a rákot, és lehetnek benne olyan alkotórészek is, amiknek szerepük lehet a rák kialakulásában. Manapság a rákmegelőzési stratégia egyik fontos része olyan élelmiszerek felfedezése, amelyeknek rákellenes hatásuk van. A legtöbb ilyen vizsgálat a növényi élelmiszerekre irányult, azonban a kutatások során nyilvánvalóvá vált, hogy az állati eredetű tejszír is több olyan, rákellenes hatású komponenst tartalmaz, mint amilyenek a konjugált linolsavak, a szfingomielinek, a vajsav és az ún. éterikus lipidek. A KLS rákellenes hatását először 1985-ben tapasztalták, amikor arra kerestek választ, hogy milyen mutagén anyagok keletkeznek a hús konyhatéchnikai előkészítése során. Ekkor fedezték föl az antimutagén hatással rendelkező konjugált linolsavakat, melyek gátolták a baktériumok mutagenézisét és a 7,12-dimetilbenz(a)antracénnel (DMBA) kiváltott bőrrák kifejlődését egerekben. A hatóanyagként elkülönített frakcióban a következő négy KLS-izomert mutatták ki, amely a teljes KLS-tartalom több mint 90%-át adta: c9,t11; t9,t11; t10,c12; t10,t12. Ez a frakció gátolta a *citokrom P-450* enzim aktivitását, amely felelős a rákkeltő 2-amino-3-metilimidazo(4,5-f)kinolein (IQ) aktivitásáért a májban. Később kiderült, hogy a KLS in vivo körülmények között is gátolja a *P-450* enzim működését, és mivel az IQ aktiválását a májon kívül a *prostaglandin H-szintetáz* végzi, a KLS ezt az enzimet is gátolta. Ezt követően szintetikus KLS-készítmények hatását vizsgálva egereken a bőrrák kialakulására megállapították, hogy a KLS-sel kezelt egerekben a daganatos esetek száma mindössze fele annyi volt, mint a linolsavval kezelt kontrollcsoportokban. Később felfedezték azt is, hogy a szintetikus KLS meggátolta a benz(a)pirén (BP) által indukált káros szövetképződést egerek gyomrában. A kísérlet során azt tapasztalták, hogy a KLS beépült a szöveti sejtek membránjába, azonban a 9 KLS-izomer közül mindössze a c9,t11-C18:2 zsírsavat tudták kimutatni a foszfolipidekből. Ebből arra következtettek, hogy csak ennek

az egy izomernek van biológiai aktivitása. A KLS még az α -tokoferolnál is hatékonyabb antioxidánsnak bizonyult a kísérlet során, hatékonysága megközelítette a butil-hidroxitoluolét, ezért feltételezhetően a KLS rákellenes hatása azon alapul, hogy a molekula in situ védelmet nyújt a membrántámadó szabad gyökök ellen.

Az *ornitin dekarboxiláz* (ODC) szintje magas a gyorsan osztódó szövetekben, de a magas ODC-érték a daganatképződés jele is lehet. Azt tapasztalták, hogy az egerek gyomrában rákkeltő anyaggal kiváltott ODC-aktivitás-növekedés KLS-adagolás hatására mérséklődött. Egy másik enzim, a *protein kináz-C*, többek között segíti a daganatképződést a szervezetben, mert a daganatkeltő anyagok egy része hatékonyan aktiválja a *protein kináz-C* enzimet. Ha a rákkeltő anyag beadása előtt KLS jut a szervezetbe, az meggátolja, hogy a rákkeltő anyag a *protein kináz-C-t* aktiválja, és ez lehet az egyik oka a KLS rákellenes hatásának a gyomorban és egyéb szövetekben.

A konjugált linolsavak gátolták a grillezett marhahúsban keletkező és több szervben DNS-elváltozást okozó IQ hatását. A KLS jelentős antikarcinogén hatásáról számoltak be emlőrák esetében patkányokon végzett kísérletek eredményei alapján. A takarmány növekvő KLS-tartalmának hatására az emlődaganatok száma 32–60%-kal csökkent, de csökkent az egyes állatokon található átlagos daganatszám és a daganatok tömege is. Ezzel párhuzamosan a fibroadenomák száma is kevesebb lett, ami azt jelzi, hogy a KLS mind a jó-, mind a rosszindulatú daganatok képződését gátolta. Ebből a kísérletsorozatból is kiderült, hogy ugyan a KLS összes izomere megtalálható volt a szövetek triglicerid-molekuláiban, de csak a cisz-9,transz-11 izomer épül be a foszfolipid membránokba. A KLS antioxidáns tulajdonságai itt is megmutatkoztak, hisz az emlőmirigyekben csökken a lipidperoxidációs folyamatok intenzitása.

Alacsonyabb karcinogén dózis alkalmazása esetén még a 0,1 g/100 g zsír KLS-koncentráció hatására is jelentősen csökkent a kialakult emlődaganatok száma. A KLS hatása arányos volt annak dóziséval 1 g/100 g zsír szintig, viszont ezen érték fölötti bevétel esetében már nem volt tapasztalható további javulás. A KLS emlőrák kialakulását gátló hatása nem függött a táplálékkal bevitt zsíradék mennyiségétől és típusától, azonban a KLS csak akkor nyújtott védelmet a mellrákos daganatképződéssel szemben, ha adagolását már a rákkeltő anyag beadása előtt megkezdték. Mikor olyan patkányoknak adtak be karcinogén anyagot, amelyek emlőmirigyek kifejlődése előtt nem kaptak KLS-t, akkor a védelem érdekében egész életük folyamán fogyasztaniuk kellett azt.

Sejtkultúrákban a KLS citotoxikus hatást gyakorolt az emberi rákos sejtekre. Ha az inkubálás során a vérben mért fiziológiai koncentrációban adták a sejtenyészetekhez a KLS-t, akkor a rosszindulatú melanoma, a colorektális rákos sejtek és a mellrákos sejtteinek proliferációja jelentősen csökkent a kontrollkultúrákhoz képest. A KLS gátló hatása nagyobb volt, mint a β -karotiné, amely csak a mellrákos sejtteinek proliferációját csökkentette. KLS hatására a rákos emlősejtek kevesebb leucint, uridint és timidint, a colorektális és a melanomasejtek

pedig kevesebb leucint építettek be a kontrollkultúrákhoz viszonyítva. Ebből levonható az a következtetés, hogy a KLS a fehérje- és a nukleotidszintézis gátlásán keresztül gátolja a rákos sejtek növekedését, és ezen kívül elképzelhető az is, hogy a KLS befolyásolja az eikozanoid lebontást és a lipidperoxidációt is.

A KLS antioxidáns tulajdonságait vizsgálva megállapították, hogy a konjugált linolsav-metilészter (KLSM)-oldatok peroxidszáma lényegesen kisebb volt, mint a linolsav-metilészter (LSM)-oldatoké, sőt a zsírsav-metilészterek mennyisége is kisebb mértékben csökkent a megvilágítási idő függvényében, mint az LSM-oldatoknál. A vizsgálat során megállapították, hogy a KLSM-oldatokban a peroxidszám növekedése és a zsírsavészter-vesztés sokkal kisebb volt az LSM-oldatokhoz viszonyítva.

Nagy részben feltáratlanok ugyan még azok a folyamatok, hogy a KLS milyen mechanizmusokon keresztül gátolja a karcinogenezist, de az már úgy tűnik, tisztázott, hogy a kölcsönhatás mechanizmusa a különböző rákfajták esetében eltérő lehet, valamint az életkor és a karcinogén anyaggal való kapcsolat időtartama, a karcinogenezis előrehaladottsága is megváltoztathatja a KLS hatásmechanizmusát. Mai tudásunk szerint a KLS reagálhat antioxidánsként, lehet prooxidáns citotoxikus hatása, gátolja a nukleotidszintézist, csökkenti a proliferatív aktivitást, gátolja a DNS károsodását és a rákkeltő anyag aktivizálódását. A fentiekén kívül beszámoltak a KLS koleszterinszint csökkentő és antiatherogén hatásáról, és ismertek olyan kísérletek is, amelynek során egerek testének zsírtartalma 60%-kal csökkent annak hatására, hogy tápjukba 0,5% KLS-t keverték be.

20.3.3. A tejsír rákellenes hatása

Számos tanulmány szerint a tejtermékek fogyasztása csökkentheti a rákbetegségek kialakulásának esélyét. A tej komponensei közül rákellenes hatást tulajdonítanak a tejfehérjének, a tejsavbaktériumok által termelt anyagoknak, a kalciumnak, valamint a tejsír alkotói közül a konjugált linolsavaknak, a szfingomielinnek, a vajsavnak, valamint az éterlipideknek.

Állatok takarmányában a tejsírt vagy a vaját izokalorikusan növényi olajokkal vagy margarinnal helyettesítve úgy találták, hogy bármely zsiradék esetében magas a daganatok száma, ha a takarmány zsírtartalma elérte a 20%-ot. A növényi olajban gazdag takarmányt fogyasztó állatok esetében a DMBA-val kiváltott patkányemlő adenokarcinómás esetek száma nagyobb volt, mint a vaját vagy az egyéb telített zsiradékot fogyasztók esetében. Egy másik kísérletben nőtényi patkányoknak bél- és emlődaganat kiváltása céljából 1,2-dimetil-hidrazint (DMH) és DMBA-t adtak. A patkányok alaptakarmánya 15% vaját vagy 15% kukoricajaját tartalmazott, főlözött tejjel vagy kazeinnel és szacharózzal kombinálva. A négy kezelés során a vajtartalmú alaptakarmány esetében kapták a legkisebb arányt a béldaganatos állatoknál, és a DMBA-indukált emlődaganatos esetek aránya is itt volt a legkisebb.

Más kutatások is bizonyították, hogy a vajjal etetett csoportokban az adenokarcinómás spontán emlőrák kialakulásának mértéke kevesebb mint fele volt a margarinnal és porsáfrányolajjal táplált csoportokhoz viszonyítva. Egy margarinnal és vajjal végzett kísérletsorozatban, ha a táphoz 20% margarin mellett 20% vajat is adtak, a rákos esetek száma mintegy 10%-kal csökkent, azonban az összes kialakult daganatok száma, az átlagos daganatszám és a daganatok átmérője jelentősen kisebb volt a csak margarint fogyasztókhöz képest. Egy másik kísérletsorozatban szőrtelen egerek hajlamosabbak voltak az ultraibolya fény (UV) és az UV/DMBA kombinált hatásával kiváltott fotokarcinózisra abban az esetben, ha sokszorososan telítetlen zsírsavakat tartalmazó margarínokat és napraforgóolajat fogyasztottak, mintha tápjuk vajat tartalmazott volna.

Az előzőekben felsorolt állatkísérletek – melyekben a magas zsírbevitel miatt nagy volt a bélrák kialakulásának kockázata – világosan mutatták, hogy a tejalapú étrend esetében a daganat kialakulásának esélye sokkal kisebb, mint a többszörösen telítetlen növényi olajokban gazdag étrendnél. Az előző kísérletekből nem derül azonban ki, hogy a különbségek a tejszír rákellenes hatásának, vagy a linolsav bél-, emlő- és bőrrákot előmozdító hatásának tulajdonítható. Bár az említett állatkísérletek nagymértékben elősegítik a karcinogenezis jobb megértését, a kapott adatokat emberre vonatkoztatni csak nagy óvatossággal s körültekintéssel szabad.

20.4. A szénhidrátok

A szénhidrátok a bioszféra szerves anyagainak főtömegét alkotó vegyületek. Polihidroxi-aldehidek vagy polihidroxi-ke-tonok vagy származékaik, általános képletük $(\text{CH}_2\text{O})_n$, ahol $n \geq 3$.

A monoszacharidok polihidroxi-aldehidek, illetve polihidroxi-ke-tonok. Leggyakoribb monoszacharid a hat szénatomos D-glükóz, ami valószínűleg a legősibb monoszacharid, amelyből talán az összes többi cukor keletkezett. Az oligoszacharidok 2–10 monoszacharid glikozidkötéssel való kapcsolódása útján jönnek létre. Nagyszámú cukoregység egyenes vagy elágazó láncú kapcsolódása révén keletkeznek a polisacharidok, amelyekre többnyire az egyfajta, néha két, igen ritkán pedig több cukoregység váltakozó kapcsolódása a jellemző.

20.4.1. A tej szénhidrát-tartalma

A tej nem jelentős szénhidrát-tartalmú élelmiszer, mert a tej szénhidrát-tartalma az összes energiának csak mintegy 30%-át teszi ki az élelmiszerekben általánosan javasolt 55–60%-kal szemben. A tej és tejtermékek ezért a felnőttek által elfogyasztott összes szénhidrát-tartalomból csak 6–10%-kal, a gyermekekénél pedig 13–20%-kal részesednek. Egy átlagos összetételű élelmiszer-fogyasztásnál azonban nem

lép fel szénhidráthiány, mivel a napi szénhidrátfelvétel átlagosan 350–360 g, és ennek mértéke az elmúlt években csak csekély mértékben változott.

A laktóz édesítőképessége viszonylag kicsi. A szacharóz édesítő erejét 100%-nak tekintve a laktózé csak 27–39%, a glükózé 72%, a galaktózé pedig 63%.

20.4.1.1. A tehéntej és az anyatej szénhidráttartalma

A laktóz (amely glükózból és galaktózból álló diszacharid) koncentrációja a tehéntejben 4,6–5,0%. Mivel az ásványi anyagokkal együtt a tehéntej ozmózisnyomásáért a laktóz a felelős, koncentrációja csak minimálisan változik a tejben. A laktóz mennyisége közvetlenül az ellés után alacsonyabb, a továbbiakban azonban alig változik a laktáció folyamán. A laktóz α - és β -alakban fordul elő. A β -laktóz hidrolízise a bélrendszerben kedvezményezettebb, de az egymásba történő átalakulás miatt egyensúly áll fenn a β - és az α -laktóz között.

Az anyatej 7,0–7,3%-os laktóztartalma lényegesen nagyobb, mint a tehéntejé. Az anyatej laktóztartalma a legnagyobb az összes emlős teje között. A humán kolosztrum laktóztartalma ennél lényegesen alacsonyabb, közvetlenül a születés után 3–4%.

A laktóz mellett kis koncentrációban más szénhidrát is előfordul a tejben részben szabadon, részben fehérjéhez, zsírhoz vagy foszfáthoz kötve. A glükóz és a galaktóz egyenként 10 mg/100 cm³ koncentrációban fordul elő a tehéntejben, míg az összes szabad szénhidráttartalom mennyisége 100 mg/100 cm³ körüli. A humán kolosztrum monoszacharid-tartalma 900 mg/100 cm³, ami lényegesen magasabb, mint a tehéntejé.

Az oligoszacharidok viszonylag nagy mennyiségben (8–14 g/dm³) fordulnak elő az anyatejben, és még nagyobb mennyiségben (24 g/dm³) a kolosztrumban. Eddig 30 különböző oligoszacharidot mutattak ki a kolosztrumból és a tejből. A monoszacharidok három és nyolc között lehetnek az oligoszacharidokban, a felépítő monoszacharidok pedig a következők lehetnek: galaktóz, fukóz, N-acetil-glükózamin és N-acetil-neuraminsav, valamint glükóz. Az oligoszacharidok mennyisége a tehéntejben alacsony (100 mg/dm³).

Az anyatej eddig tanulmányozott oligoszacharidjait a következő csoportokba lehet osztani:

- nitrogénmentes oligoszacharidok,
- N-acetil-glükózamin-tartalmú oligoszacharidok,
- N-acetil-neuraminsav-tartalmú oligoszacharidok.

A nitrogént nem tartalmazó oligoszacharidok lehetnek tri- vagy tetraszacharidok, mint amilyenek a fukozido-laktóz vagy a lakto-difukóz, amelyek közül mindegyik egy vagy két fukózt tartalmaz. A humán kolosztrum 15 g/dm³, az anyatej pedig 3 g/dm³ mennyiséget tartalmaz ezekből az anyagokból. A legfontosabb N-acetil-glükózamin oligoszacharidok az anyatejben a következők: lakto-N-tetraóz, lakto-N-neotetraóz, lakto-N-fukopentaóz I. és II., lakto-N-difu-

kohezaóz I. és II. és lakto-N-difukodekaóz. Ezeknek a komponenseknek a felépítése a következő:

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| – lakto-N-tetraóz | Gal-N-AcGl-Gal-Glu |
| – lakto-N-fukopentaóz I. | Fuc-Gal-NAcGl-Gal-Glu |
| – lakto-N-difukohexaóz I. | Fuc-Gal-N(Fuc)AcGl-Gal-Glu |

A tetraózok és a pentaózok mennyisége 1–2 g/dm³, a hexaózoké 0,7 g/dm³, a dekaózoké pedig 0,2 g/dm³. Kapcsolatot állapítottak meg az anyatej oligoszacharidjai és a vércsoportok között. Az anyatej N-acetil-neuraminsav-tartalmú oligoszacharidjainak mennyisége 200–250 mg/dm³, amely csoportba a következő oligoszacharidok tartoznak: dilaktaminil-lakto-N-tetraóz, laktaminil-lakto-N-fukopentaóz és heptaóz I. és II., és laktaminil-lakto-N-difukodekaóz. Ezen oligoszacharidok koncentrációja 25 és 60 mg/dm³ között változik, és ezekből az oligoszacharidokból néhányat a tehéntejből is azonosítottak. A laktulóz, ami egy galaktózból és fruktózból álló diszacharid, fontos szerepet tulajdonítanak a csecsemők táplálásában annak ellenére, hogy sem a hőkezeletlen tehéntejben, sem az anyatejben nem fordul elő. A laktóz hőkezelés és hosszabb ideig tartó tárolás hatására részben átalakul laktulózzá, amelynek koncentrációja a sterilizett folyékony bébitápszerekben az összes szénhidráttartalom 2–5%-át is elérheti. Az új technológiai módszerek alkalmazásával megnőtt a laktulózzá átalakult laktóz mennyisége. A laktulóz édesítőképessége nagyobb, mint a laktózé, 48–62%-a a szukrózénak, és oldhatósága is jobb a laktózénál.

20.4.2. A laktóz szerepe az anyagcserében

20.4.2.1. A laktóz hatása a kalcium abszorpciójára

A kalcium abszorpciója számottevően megnő, ha a táplálék laktózt is tartalmaz. Ezt a hatást nem magának a laktóznak, hanem a tejsavnak tulajdonítják, amely mikrobiális hatás következményeként jön létre az emésztőrendszerben, és ezért a savanyú tejtermékeknél nagyobb kalciumabszorpciót figyeltek meg. A megnövekedett kalciumabszorpció egyik magyarázata az, hogy a tejsav által létrehozott savas körülmények között a kalciumsók oldhatósága jobb, aminek hatására megnő a hasznosítható kalcium mennyisége. Hatással lehet a megnövekedett abszorpcióra az is, hogy a laktóz oldható komplexet képez a kalciummal, ráadásul a laktóz még a kalcium transzportját is megkönnyíti. Egy állatkísérletben, amelyben az állatcsoport egyik részének takarmánya laktózt, a másik részéé pedig ugyanannyi glükózt tartalmazott, megállapították, hogy a laktóztartalmú diéta megnövelte a kalcium, a magnézium, a foszfor és más esszenciális nyomelem abszorpcióját, ennek következtében csökkentette a kalciumhiány tüneteit, csökkentette a csontváz kalciumvesztését és növelte a vér kalciumkoncentrációját. A kalcium beépülése a csontokba sokkal gyorsabb volt, amivel nagyobb csonttömeg és jobb minőségű csontállomány volt elérhető. A laktóz fentiek miatt optimális körülményeket biztosít a tej nagy kalciumtartalmának abszorpciójához.

A laktóz, a tejsav és a kalcium közötti kapcsolatra építve javasolják a kalciumot tartalmazó tejsavas preparátumot – amelyet a tejsavóból könnyedén elő lehet állítani – gyerekeknek, várandós anyáknak és idősebb embereknek.

20.4.2.2. A laktóz hatása a bélflórára

A laktóz nem hidrolizálódik a gyomorban, és általánosságban elmondható, hogy kevésbé hidrolizálódik, mint a maltóz vagy a szacharóz. A laktóz egy kis része abszorbeálódik a vékonybél kezdeti szakaszán, de az abszorpció aránya lényegesen kisebb, mint a glükóz és a galaktóz esetében. A laktóz a vékonybél következő szakaszán, az epitel sejtek membránjában képződő *laktáz* enzim hatására galaktózra és glükózra bomlik, és ezek a cukrok a szervezet saját baktériumflórája tápanyagául is szolgálnak. A jelen lévő tejsavbaktériumok savas körülményeket teremtenek, ami megakadályozza a bazofil, főként fehérjebontó és rothasztó baktériumok szaporodását, acidofil flórával helyettesítve azokat. Egy állatokkal végzett kísérletben a laktóz 10–12 napos adaptáció után csökkentette az uralkodó bélfloórát, és megnövelte az anaerob bifidus flóra mennyiségét. Egy másik állatkísérletben összehasonlítva a laktóz, a glükóz és a galaktóz hatását megállapították, hogy a laktóz jelentős mértékben csökkentette a bélsár pH-ját.

Az előzőekben elmondottak különösen vonatkoznak a laktulózra. A laktulózt a *laktáz* nem bontja, ezért egészen addig képes abszorpcióra, míg el nem éri a bél alsó szakaszát, ahol a *Lactobacillus acidophilus* és *Bifidobacterium bifidum* használja fel mint energiaforrást, az utóbbi pedig mint növekedési faktort is. Savas körülményeket alakít ki, ami megakadályozza a savra érzékeny baktériumok, különösen a rothasztók szaporodását. Embereknél laktulózfogyasztás hatására jelentősen csökken a bélsár pH-értéke.

20.4.2.3. A laktóz dietetikus hatása

Mivel a laktóz viszonylag lassan szívódik fel, enyhe hashajtó hatással is rendelkezik, ami még nyilvánvalóbbá válik nagyobb mennyiségű laktulóz fogyasztása esetén. A hashajtó hatás az alacsonyabb pH-val magyarázható, amelynek hatására nő a bél perisztaltikája. A laktózt fele mennyiségben alkotó galaktóz közvetlenül hozzájárul az érbelhártya mukopoliszacharidjainak kialakításához, és így szövetei regenerálódásához. E tulajdonságánál fogva az érlemeszesedés elleni hatással is lehet számolni. Mivel a galaktóz gyorsan képes a vér cukorszintjét jelentős mértékben megemelni, ezért a galaktóztartalmú élelmiszerek, mint amilyenek pl. a tejtermékek, alkalmasak mind a fogyókúra, mind a testtömegnövelő kúránál, mivel ily módon nem zavarjuk meg a vér glükózegyensúlyát.

A laktóz hidrolízistermékei, a galaktóz és a glükóz, könnyen felszívódnak a bélből, mert majd az összes hexóz, illetve pentóz diffúzióval kerül az emésztő rendszerből a vérbe. Mivel a laktóz hosszabb időn át abszorbeálódik, mint a sza-

charóz, tovább szolgáltat energiát a szervezet számára. A laktóz hatása a nitrogén-emészthetőségre is jelentős, ugyanis ahogy nő az étel laktóztartalma, úgy nő a biológiai értéke is, miközben a valódi emészthetőség csökken. Megállapították azt is, hogy a laktóz lelassítja az aminosavak abszorpcióját, ennek következtében hatékonyabban tudja a szervezet azokat felhasználni.

Akut májgyulladásban szenvedő betegeknél jó eredményt értek el laktóz szájon keresztüli adagolásával. Bár a tej és tejtermékek sok laktózt tartalmaznak, nagyon ritka a laktózfogyasztás következtében kialakult fogszuvasodás. A laktóz sohasem okoz olyan fogbetegséget, mint amelyet az egyéb cukrokból képződő szerves savak, amelyek megtámadva a fogat, dekalifikálják azt. A laktóznak szerepe lehet a zsírsavcserében is, mert fogyasztása megakadályozza a máj zsíros elfajulását. A laktulózról azt állítják, hogy megakadályozza a koleszteroltartalmú epekő kialakulását.

Amikor diabéteszes embereknek 50 g glükózt adtak, a vér cukortartalma 146 mg/100 cm³-re, amikor 50 g laktózt, akkor csak 74 mg/100 cm³-re nőtt. A laktózt olyan cukornak tekinthetjük, ami késlelteti a vércukorszint emelkedését, és amelynek metabolizmusához nincs szükség nagy mennyiségű inzulinra. Semmi ellenvetés nem lehet a laktóz alkalmazásával szemben cukorbetegség ételmiszereiben, ugyanis 35–50 grammnyi napi laktózfogyasztás elfogadható cukorbeteg esetében is, ezért a tejfogyasztás hozzájuttatja a cukorbetegeket a biológiailag nagy értékű fehérjéhez és a tejcukorhoz.

Malabszorpció és intolerancia

A tej szénhidrátjainak különböző típusú malabszorpciója és intoleranciája ismeretes. Laktózmalabszorpció és -intolerancia a felnőtteknél elég gyakori, de a vele született glükóz-galaktóz malabszorpció és galaktozémiában megnyilvánuló galaktózintolerancia csak viszonylag ritkán fordul elő. Ezeket a rendellenességeket azonban nem szabad csak a tej szénhidrátjainak tulajdonítani, mert ezeknél az embereknél több más szénhidrát metabolizmusában is mutatkoznak rendellenességek. Beszámoltak a szacharóz-, az izomaltóz-, a keményítő-, néha a maltóz- és a fruktózintoleranciáról is. Több diszacharid esetében is tudunk emésztési hiányosságról, aminek legfőbb oka a csökkent enzimaktivitás vagy a vékonybél fal sejtjeinek elégtelen szállítási kapacitása, ami rendszerint genetikai eredetű.

Laktózmalabszorpció és laktózintolerancia

A laktózmalabszorpciót és a laktózintoleranciát a vékonybél mukóza jelentős mértékben csökkent *laktázaktivitása* okozza. Ennek eredményeként a laktóz nem hasítódik két monomerre, nem szívódik fel, és a laktózkoncentráció növekedése következtében megnő az ozmotikus nyomás, aminek hatására víz lép be a vékonybélbe. Ebből adódóan megnő a hasüregi nyomás, felfúvódás, kólika és hasmenés alakul ki, ezért krónikus hasmenés, valamint nem specifikus hasúri panaszok esetén laktózmalabszorpcióra lehet gyanakodni. Fiatal emlősökben a *laktázaktivitás* az elválasztás után csökken, ami jelzi a laktózmentes táplálékhoz való alkalmaz-

kodást. A felnőtt emberek legalább 90%-ánál mutattak ki csökkent *laktázaktivitást*, és csak 5–10%-uk őrizte meg az eredeti *laktázaktivitási* szintet. Az átlagos enzimaktivitás csecsemőknél 29 egy gramm fehérjére, ami a laktózt tűrő felnőttknél 17, a *laktázhiányos* embereknél pedig 3. A *laktázaktivitás*ban nagy egyedi különbségek vannak, és úgy tűnik, hogy a nem és a kor nem befolyásolja. A laktózmalszorpciót és a laktóztoleranciát a következők szerint lehet definiálni:

- Alacsony a *laktázaktivitás* akkor, ha testtömeg-kilogrammonként 2 g (maximum 50 g) laktózfelvétel után a vércukorszint csak 25 mg/100 cm³-re vagy ennél kevesebbre nő, vagy ha a *laktáz* enzim aktivitása 2 egységnél kisebb 1 g mukózára számolva.

- A laktózmalszorpció gyenge laktózfelszívódásban nyilvánul meg, ami az alacsony *laktázaktivitás* következménye.

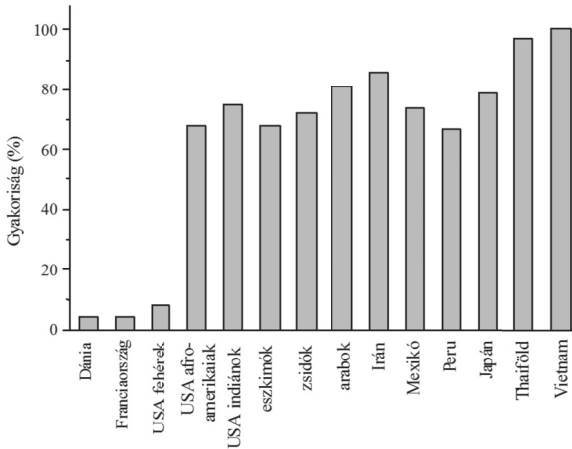
- Laktóztoleranciáról akkor beszélhetünk, ha a laktóz standard (50 g) vagy standardnál kisebb adagja vizes oldatának elfogyasztása után klinikai tünetek jelennek meg az alacsony *laktázaktivitás* következményeként.

- Laktóztoleranciáról beszélünk akkor is, ha az alacsony *laktázaktivitás* következtében klinikai tünetek jelentkeznek szokásos mennyiségű tej vagy tejtermék (1–2 pohár tej) elfogyasztása után.

Szükséges megjegyezni azt, hogy nincs összefüggés a laktózmalszorpció és a laktóztolerancia között, valamint hogy a tejintolerancia a laktóztolerancia következménye.

A *laktáz* β -galaktozidáz formában fejti ki hatását, ezenkívül savas- β -galaktozidáz és hetero- β -galaktozidáz forma is előfordul, bár ezek kisebb jelentőségűek a laktóz hidrolízisénel, és aktivitásuk laktózmalszorpció esetén nem csökken. A laktózmalszorpció fiatal felnőttknél a növekedési periódus végén figyelhető meg. A laktózmalszorpcióban jelentős különbségek vannak a különböző etnikai csoportok között. Közép- és Észak-Európa, Észak-Amerika és Ausztrália felnőtt lakosainak kevesebb mint 10%-a, a mediterrán országok lakosságának 20–80%-a, Afrika, Ázsia és Dél-Amerika lakói esetében, valamint néhány más etnikai csoportnál a felnőtt lakosság döntő része, hazánk népességének pedig 14%-a szenved laktózmalszorpcióban.

A tiszta vérű észak-amerikai indiánoknak 92%-a laktózmalszorpcióban szenved, míg ez az arány az indián-európai féléveknél kevesebb, mint 50%. Finnországban a finnül beszélők 17%-a, a svédül beszélők 8%-a szenved laktózmalszorpcióban. Afrika némely népcsoportjainál (fulani és tutsi) csak 7–22%-ban, míg másoknál (bantu) több mint 95%-ban fordul elő laktózmalszorpció. Dél-India lakosságának 67%-a, míg Észak-India lakosságának csak 27%-a szenved laktózmalszorpcióban, ami az emberfajták közti különbségekkel, az európid származásúak jobb laktóztűrő képességével magyarázható. Ausztrália kínai lakosságának csak 56%-a, Kína lakosságának pedig 95%-a rendelkezik laktózmalszorpcióval. A laktózmalszorpció előfordulási gyakoriságát a különböző országokban és a különböző népcsoportokban a 20.9. ábra mutatja.



20.9. ábra. A laktózmalabszorpció előfordulási gyakorisága különböző országokban és különböző népcsoportokban

Említésre méltó, hogy a felnőttek egy része minden népcsoport esetében megtartja laktóztűrő képességét, aminek oka ma még ismeretlen. A magas *laktáz-aktivitás* megtartásának képessége felnőtt korra egy olyan mutációra vezethető vissza, ami több ezer évvel ezelőtt mehetett végbe. A laktóztoleranciában megmutatkozó azonosság különböző népcsoportok rokonságának megállapítására is szolgál. Így pl. kapcsolatot mutattak ki a fuláni népcsoport, a hamita és a nomád arab törzsek között Afrikában, valamint az oroszok és az észak-európaiak között. A magas fokú laktóztoleranciát nagyfokú szelekciós nyomással magyarázzák, ami a tejcukornak a kalciumfelszívódást segítő tulajdonságára vezethető vissza. Ez különösen hasznos alacsony UV-sugárzású környezetben, valamint alacsony D-vitamin-fogyasztás esetén.

Azokban a csoportokban, ahol a laktózfelszívódási zavarok nagymértékben előfordulnak, a *laktáz* aktivitása már hároméves korban nagymértékben csökken, így az 5–7 éves gyerekek 50%-a, a 10–12 éves gyerekeknek pedig 85–100%-a mutat felszívódási zavart a laktóztolerancia-teszt elvégzése esetén. A gyerekeknel a *laktázaktivitás* azonban nem ugyanolyan mértékben csökken, mint a felnőtteknél, és majdnem az összes gyerek tünetmentes, ha normál összetételű tejet fogyasztanak vagy a tejadagot sok kis részre osztva kapják meg. A tejet nem kell ezért számítani a gyermek étrendjéből, különösen, ha az étel fehérjehiányos. Ezért a tejfogyasztás mennyiségében nem figyelhető meg különbség a laktózfelszívódási rendellenességben szenvedő, illetve nem szenvedő gyermekek között. Bár a színes bőrű iskolások közül az Egyesült Államokban többen utasítják vissza az iskolatejet fehér társaiknál, 75%-uk mégis minden gond nélkül fogyasztja. Egy kísérletben a laktózfelszívódási rendellenességben szenvedő gyermekek 1,7 g laktózt toleráltak testtömeg-kilogrammonként. A laktózfelszívódási zavar függet-

len az azt megelőző tejfogyasztástól, tehát attól, hogy a gyereket szoptatták vagy tehéntejen alapuló tápszereket fogyasztott. A *laktázt* még a gyermekkorban sem tartják adaptálható enzimnek annak ellenére, hogy különböző vércukorszinteket figyeltek meg a tejivó (laktózt fogyasztó) és tejet nem fogyasztó emberek között. Gyermekeknél másodlagos laktózfelszívódási zavar is kialakulhat betegség következtében, és az alultápláltság is elősegíti a *laktáz* aktivitásának csökkenését.

Ausztráliai őslakos gyermekek, akiknél a nagymértékben előforduló laktózfelszívódási zavart tekintették a fejlődésben való visszamaradás fő okának, jelentős testtömeg-növekedést értek el, ha a tejben, illetve tejtermékben a laktózt hidrolizálták. A laktózfelszívódási zavar sok esetben együtt jár a tejfehérje-allergiával.

A laktózfelszívódási zavar kimutatására a következő tesztek alkalmazhatók:

- A laktóztolerancia-teszt méri a vér glükóztartalmának növekedését standard (50 g) mennyiségű laktóz elfogyasztása után. Mivel a felszívódásbeli hiányosság a laktóz hasítására vezethető vissza, felszívódási zavar esetén a szérum glükózszerkezete kisebb lesz, mint a normális esetben.

- A vékonybél-nyálkahártya *laktázaktivitásának* meghatározása.

- A kilégtett hidrogén mérése 50 g laktóz elfogyasztása után. Normál pácienseknél a hidrogén koncentrációjának növekedése kevesebb, mint 4 mg/kg, míg a csökkent laktózabszorpciónál több, mint 20 mg/kg. E teszt eredménye nincs igazán jó összhangban a vér glükóztartalmával, de az eredmények pontosabbak és jobban alkalmazhatók sorozatvizsgálatra egy populáció laktózemésztési hiányosságainak feltárására.

- A *laktáz* enzim hiányának kimutatására igen pontos és érzékeny teszt a ^{14}C laktózrespirációs teszt, amelynek során a kilégtett $^{14}\text{CO}_2$ -t mérik. E vizsgálathoz azonban nagyfokú műszerezettség szükséges.

- A ^{14}C glükóz mennyiségének mérése a vérérszékben adja a legjobb eredményt, ezt a módszert azonban nem lehet rutinszerűen alkalmazni.

- A vér galaktózszerkezete is szoros kapcsolatban van a vér *laktázaktivitásával*.

Ezek a módszerek kétségtelenül kimutatták, hogy a *laktázhiány* több esetben fordul elő, mint ahogy várnánk. Ennek az az oka, hogy a laktóz 50 g-os standard dózisa túl nagy koncentrációt jelent, ami nem megfelelő a laktóztolerancia jelzésére. Ezért ezt az adagot nem fiziológiai vagy farmakológiai dózisnak is hívják. A laktóz vizes oldatban való felvétele sem tekinthető fiziológiásnak, mert a hatás egészen más akkor, ha ugyanolyan mennyiségű laktózt tej formájában vesz fel a vizsgált személy. Ezért azt javasolják, hogy a laktóztolerancia vizsgálatánál a laktózból 12 g-ot tejben vegyen fel a vizsgált személy, ami egy pohár tejnek felel meg.

A laktóztolerancia-teszt sok esetben hibás eredményekre vezet, ami abban nyilvánul meg, hogy sok olyan egyén, akiről a teszt hiányos laktózfelszívódást állapított meg anélkül, hogy ennek tudatában lettek volna, folyamatosan fogyasztottak tejet. Beszámoltak egy vizsgálat eredményéről, ahol majdnem minden vizsgált személynél laktóztoleranciát állapítottak meg, holott ez egyetlen esetben

sem nyilvánult meg tünetekben. A maszájok Afrikában rendszeresen isznak tejet annak ellenére, hogy az intoleranciatesztben 62%-uk pozitív eredményt mutatott. Az Egyesült Államokban jelentős különbségeket kaptak a fehérek, a színesek és a mexikóiak között a teszt elvégzése után annak ellenére, hogy a vizsgált személyek 90%-a rendszeresen fogyasztott tejet minden hátrányos következmény nélkül. Egy másik kísérletben a laktózfelszívódási hiányosságúnak tesztelt emberek 25%-a fogyasztott 1 liter tejet minden káros következmény nélkül. Leszögezhető az is, hogy a tejfogyasztás utáni tünetek nem feltétlenül a felszívódási hiány következményei, hanem lehetnek esetleg pszichoszomatikus eredetűek is. A laktózfelszívódási hiányosságtól eltekintve ezen rendellenességnek minimálisak az emésztési következményei; sem a nitrogén-, sem a zsíremésztést nem befolyásolja.

Felmerülhet a kérdés, hogy a laktóztoleráns embereknél a csökkent tej- és kalciumfelvétel nem vezet-e csontritkuláshoz. Náluk a csonttal kapcsolatos betegségek gyakoribbak, mint a normális *laktázaktivitással* rendelkezőknél. Úgy tűnik, hogy kapcsolat van a *laktáz* enzim hiánya és a csontritkulás között, amelyet nemcsak a csökkent kalciumfelvétellel, hanem a kalcium csökkent abszorpciójával is magyarázni lehet.

Hosszú idő óta vitatott, hogy milyen kapcsolat van a tejfogyasztás és a *laktázaktivitás* között. Állatokkal végzett kísérletekből úgy tűnik, hogy van ilyen kapcsolat, mert pl. patkányokkal, majmokkal és sertésekkel végzett etetési kísérlet bizonyította, hogy laktózetetés hatására szignifikánsan nagyobb volt a *laktázaktivitás*. Amikor fiatal patkányok magas tejtartalmú tápot kaptak vagy hosszú ideig szopták anyjukat, a *laktázaktivitás* csökkenése későbbi időszakra tolódott ki. A szoptatás utáni laktózfogyasztás a *laktázaktivitás* szintjét 5–10 héttel is meghosszabbította.

Néhány vizsgálat kimutatta, hogy laktóz hatására a vékonybélflóra jelentős enzimaktivitással rendelkezik. Ami az embereket illeti, kimutatták, hogy ott, ahol a tejfogyasztásnak hagyományai vannak, a laktóz csökkent abszorpciója ritkán fordul elő. Szintén különbség van a *laktázaktivitásban* a tejivők és a tejet nem fogyasztók között. Általánosságban azonban nincs kapcsolat a tejfogyasztás és a hiányos abszorpció között. Amikor csökkent laktózabszorpcióval rendelkező pácienseknek 6–14 hónapon keresztül növekvő mennyiségű tejet adtak, a *laktázaktivitás* változatlan maradt. Gyermekeknél lehetséges a *laktázaktivitás* csökkenésének elodázása nagy tejtartalmú táplálékkal vagy a szoptatás hosszának megnövelésével.

Az érintett családokkal végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a *laktázhiány* öröklődik. Amennyiben mindkét szülő csökkent laktózabszorpcióval rendelkezik, akkor majdnem az összes gyerek is *laktázhiányos* lesz. Az öröklődést valószínűleg egy autoszomális gén irányítja, és a mai álláspont szerint az ember fejlődése során a laktóztoleranciáért felelős gén azokon a területeken fejlődött ki, ahol a tejtermelés és -fogyasztás gyakorlattá vált, míg a tejtermelő állatokkal nem rendelkező vidékeken a laktóztoleranciát okozó gén vált általánossá.

Mivel a *laktázhiány* csak relatív méretekben nyilvánul meg, a laktózfelszívódási hiányossággal rendelkező emberek étrendjéből sem kell teljes mértékben

számítani a tejet. Nagyon rossz hatása lenne annak, ha a laktóztoleranciával kapcsolatos programok a tej teljes mennyiségét kiiktatnák az ilyen emberek táplálkozásából, mert a tejmentes táplálkozás (különösen a fejlődő országokban) az esszenciális tápanyagok hiányához vezetne.

Laktózfelszívódási zavarok esetében a következő módon lehet eljárni:

– Amennyiben a napi elfogyasztott tejmennyiség nem haladja meg a 250 ml-t, akkor semmiféle káros emésztési tünettől nem kell számolni. Amennyiben szükséges, a tejet több kisebb részletben kell elfogyasztani a nap folyamán. Azoknál a személyeknél, akiknél laktózfelszívódási hiányosságot állapítottak meg, mert 50 g laktóz elfogyasztása után kevesebb mint 20 mg/100 cm³-re nőtt a vér cukortartalma, 30 g laktózt tejben fogyasztva semmilyen tünetet nem tapasztaltak. Ez is azt bizonyítja, hogy nincs lényeges különbség azon emberek között a tejcukor abszorpciójában, akiknél kimutatható, illetve akiknél nem mutatható ki laktózfelszívódási rendellenesség.

– A laktóz tejsavvá fermentálódik olyan tejtermékekben, mint a joghurt, a túró, az író, a tejföl és a sajt, és a sajtnak különösen alacsony a laktóztartalma. A laktózfelszívódási hiányosságban szenvedőknek ezért különösen ajánlott a savanyú tejkészítmények kipróbálása. A mikroorganizmusok, különösen a *Streptococcus thermophilus* működésének következtében jelentős mennyiségű *laktáz* enzim van a joghurtban, amely csökkenti a laktóz kedvezőtlen hatását. Azért is kedvező a savanyú tejtermékek fogyasztása, mert a laktóz lassabban haladva keresztül az emésztőrendszeren, nem terheli túl az amúgy is csökkent fokú *laktáztermelést*.

– Manapság azt javasolják, hogy a mikroorganizmusok által termelt β -*galaktózidázt* adjanak a laktóz hidrolízisére a tej és tejtermékekhez. Ez jelentős mennyiségben csökkentené az elfogyasztott tej laktóztartalmát, bár a laktóz hasítása glükózzá és galaktózzá, a tejet kissé édesebbé változtatja. Amikor *laktázhiányos* emberek olyan tejet fogyasztottak, amelyben a laktózt hidrolizálták, vérük tejcukortartalma jobban nőtt, a kilégtett levegő hidrogéntartalma kisebb volt, a kalcium abszorpciója pedig javult. A *laktázzal* kezelt tej fogyasztása hasznos lehet a csökkent enzimaktivitással rendelkező populációkban, mert ilyen tejből lényegesen nagyobb mennyiséget lehet elfogyasztani, és így nagyon sok ember 10–30 év tejfogyasztási szünet után ismét képes lehet tej és tejtermékek fogyasztására. Természetesen ily módon alacsony laktóztartalmú tejet is lehet gyártani.

– Lehetséges egyéb, laktózmentes tejpreparátumokat is gyártani, mint amilyen pl. az ausztráliai tejkész, amelyhez laktóz helyett mintegy 20%-nyi szénhidrátot adnak, ami szacharózból és keményítőből áll. Ezeket a készítményeket iskolás etnikai csoportoknál használják, ahol a *laktázhiány* számottevő. Laktózmentes vagy csökkentett laktóztartalmú tejpороkat ultraszűrőssel is elő lehet állítani.

A laktóz hiányos felszívódása másodlagos tünetként jelentkezik a bélnyálkahártya zavart működése esetén, amelynek során nemcsak a *laktáz*, hanem az egyéb *diszacharidázok*, pl. a *szacharáz* és a *maltáz* is csökkent mértékben termelődik. A

zavar megszűnésével a normális működés is visszaáll. Emésztőrendszeri operációk, különösen a bélrendszert is érintők, gyakran együtt járnak csökkent mértékű *laktáztermeléssel*. Csecsemőknél a nyálkahártya megbetegedésével gyakran együtt jár a csökkent *laktáztermelés*. A hidrolizált laktózt tartalmazó tej és tejtermékek szintén használhatók a másodlagos laktózfelszívódási hiányban szenvedőknél.

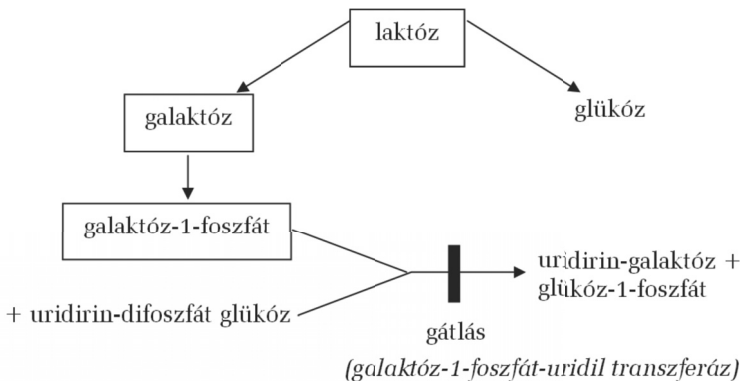
A veleszületett *laktázhiány* tünetei (a felfúvódás, a hasmenés, a testtömeggyarapodás elmaradása) a tejtáplálás legelején megjelennek. A laktózabszorpciós zavar ezen formája csak igen ritka, és genetikai enzimhiánynak tekinthető, ami egyes családokban elég gyakran előfordul. Ez a veleszületett rendellenesség csak átmeneti, mert a legtöbb esetben növekvő korról, néha már a második hónap végére, jobb laktóztolerancia és normál *laktázaktivitás* alakul ki. Kezdetben azonban ezen csecsemőknek laktózmentes táplálkozás szükséges. A veleszületett *laktázhiány* a teljes hiányt vagy csak igen kis aktivitást is jelenthet.

Veleszületett glükóz-galaktóz felszívódási hiányosságok

Az olyan enzimhiány, amely csökkent glükóz- és galaktózfelszívódáshoz vezet, csak igen ritkán fordul elő, és összesen csak 20 esetet írtak le tudományosan. Ez a típusú betegség ozmotikus hasmenésben, magas cukortartalmú vizes bélsárban és igen alacsony vérszérum glükóz- és galaktózsztintekben nyilvánul meg. Ez a betegség szintén egy genetikailag meghatározott enzimhiány következménye.

Galaktóz-intolerancia

Három öröklődő rendellenesség ismert a galaktóz-anyagcserében, amelyek közül kettő okoz betegséget. Az első a *galaktokináz* hiánya, ami minden ötvenzredik vagy még annál is kevesebb újszülöttnél fordul elő. Ennek hatására az újszülött a születés után néhány héttel szürke hályogban megvakul. Amennyiben a galaktózt eltávolítják az ételből, a szürke hályog kialakulását meg lehet előzni.



20.10. ábra. A galaktóz-intolerancia kialakulása a galaktóz-1-foszfát-uridil transzferáz enzim hiánya következtében

A másik forma a klasszikus galaktozémia, amely szintén nagyon ritkán (25 000–70 000 újszülöttből egynél) fordul elő. Ebben az anyagcsere-betegségben a hiba a laktóz hasítása után következik be, amikor a galaktóz-1-foszfát az uridin-difoszfát glükózzal nem alakul át glükóz-1-foszfáttá és uridin-galaktózzá, mert hiányzik az átalakulásért felelős enzim, a *galaktóz-1-foszfát-uridil transzferáz*. A galaktóz-1-foszfát ezért akkumulálódik a sejtekben, mely nemcsak inhibálja a szénhidrát-anyagcsere enzimeit, hanem károsodást idéz elő a májban és a központi idegrendszerben is (20.10. ábra). Az ilyen betegségben szenvedő csecsemő hamarosan visszautasítja az ételt és beteg lesz. Ezt rövidesen követi a sárgaság, a májcirrózis, a fejlődésben való visszamaradottság és a visszafordíthatatlan mentális leépülés. Mindezekért a *galaktóz-1-foszfát-uridil transzferáz* a felelős, amely ahhoz szükséges, hogy a galaktóz be tudjon lépni a szénhidrátok lebontási folyamatába. Ez az enzimhiány öröklődik, és ezért ugyanabban a családban ismételtén többször előfordul.

Galaktozémia esetében a galaktózt teljesen ki kell küszöbölni a táplálkozásból. Manapság már előállítanak olyan laktózmentes tejtermékeket, amelyekben a laktózt szacharózzal, keményítővel, dextrinnel vagy egyéb oligo- és poliszacharidokkal helyettesítették. Ilyen tápok időbeni fogyasztása esetén a felsorolt tünetek részben megszüntethetők.

A galaktóz-intoleranciát a galaktóz-1-foszfát aktivitásának mérésével lehet diagnosztizálni. A galaktozémiát a vizelet galaktóztartalmának mérésével is lehet ellenőrizni 3–4 napos korban. Egy másik lehetőség a vér galaktózszintjének mérése, amely e betegeknél a 100 mg/100 cm³ koncentrációt is meghaladja. Lehetőség van ennek a veleszületett rendellenességnek a szülés előtti diagnosztizálására is, mivel a galaktozémia esetén a sejtek kevesebb galaktózt vesznek fel. Javasolják az újszülöttek rendszeres vizsgálatát a galaktózmétabolizmus hiányosságainak kiszűrésére.

Amikor patkányoknak a táp összes energiája 22%-át kitevő mennyiségű galaktózt adtak, mesterségesen tudtak hályogot előállítani. A nagy mennyiségű sovány tejből készült joghurttal csak 2–6 hónap után lehetett ugyanezt a hatást elérni. Amikor tejsírt és kazeint is adtak a táphoz, a hályog megszűnt, ezért valószínű, hogy a hályog előfordulásának nagyobb gyakorisága a humán tejet fogyasztó patkányoknál a tehéntejet fogyasztókhoz viszonyítva a két tej különböző fehérje-összetételétől is függ. Ezeket a kísérleti eredményeket azonban az emberi gyakorlatba nehéz átültetni, mivel a galaktóz részesedése az összes energiából teljes tej vagy teljes tejből készült joghurt esetében csak 14%, és hosszú időn keresztül nincs is lehetőség nagy mennyiségű főlözött tejből készült joghurt fogyasztására.

20.5. Vitaminok

Az emberi lét fenntartásához kis mennyiségben olyan természetes szerves vegyületek is kellenek, amelyek szabályozzák az anyagcserét, az energiaforgalmat és a szervezet megújítását. Ezeket a nélkülözhetetlen anyagokat vitaminoknak hívjuk.

20.5.1. A tej vitamintartalma

20.5.1.1. A tehéntej vitamintartalma

A tej minden ismert vitamint tartalmaz különböző koncentrációban. Nagyszámú publikáció alapján kapott átlagos tejevitamin-tartalom értékeket mutat a 20.23. táblázat, melyben az átlag mellett a szélsőértékek is fel vannak tüntetve.

20.23. táblázat. A tej vitamintartalma

Vitamin	Mennyiség (mg/dm ³)	
	átlagérték	szélsőértékek
A	0,37	0,10–0,90
Karotin	0,21	0,05–0,40
B ₁ (tiamin)	0,42	0,20–0,80
B ₂ (riboflavin)	1,72	0,8–2,6
B ₆ (piridoxin)	0,48	0,17–1,9
B ₁₂ (kobalamin)	0,0045	0,002–0,007
Nikotinsav	0,92	0,3–2,0
Folsav	0,053	0,01–0,10
Pantoténsav	3,6	2,6–4,9
Inozitol	160	30–400
C (aszorbinsav)	18	5–30
D (kolekalciferol)	0,0008	0,0001–0,0020
E (tokoferol)	1,1	0,2–2,0
K	0,03	ny–0,17
Biotin	0,036	0,01–0,07
Kolin	170	50–450

Az értékek általában a feldolgozatlan tej vitamintartalmát mutatják. Figyelembe kell venni, hogy a tej feldolgozása módosíthatja néhány vitamin koncentrációját, bár a vitaminok vesztesége, a C-vitamin kivételével, viszonylag alacsony. Az A- és D-vitamin koncentrációját a különböző szerzők időnként nemzetközi egységben adják meg, amit az összehasonlításnál át kell számolni mg/dm³ vagy µg/dm³-re. (Az átszámításhoz szükséges adatok a 20.24. táblázatban találhatóak). A tehéntej átlagos A-vitamin-tartalma 369 µg/dm³, és a D-vitamin-tartalma 0,80 µg/dm³. A vitaminkoncentrációk a különböző szerzőknél igen nagy variabilitást

mutatnak. Néhány kutató közöl pl. olyan folsavértékeket, amelyek tízszer alacsonyabbak, mint a legtöbb szerző által mért átlag.

20.24. táblázat. *A zsírolldható vitaminok gyakorlatban használatos egységei és azok egymásba történő átszámolása*

<i>Vitamin</i>	<i>Egység</i>
A-vitamin	1NE = 0,3 µg
E-vitamin	1NE = 1 mg
D-vitamin	1NE = 0,025 µg
K-vitamin	mg/kg; µg/kg
Karotin	mg/kg

Mind az A-vitamin, mind a karotin hozzájárul a tej teljes vitaminaktivitásához. A tej csak β -karotint tartalmaz, amelynek hozzájárulása a tej vitaminaktivitásához kb. 30%. A bivaly teje csak nyomokban tartalmaz karotint, ami azok számára lehet fontos, akik olyan vidékeken élnek, ahol a bivalytej részaránya magas a tejtermelésen belül. A D-vitamin a tejben D_3 -vitaminként (kolekalciferol) fordul elő, aminek döntő része D_3 -vitamin-szulfát, emellett még a 25-hidroxi-kolekalciferol található. Újabb vizsgálatok szerint a D-vitamin nemcsak zsírban oldódó formában, hanem vízben oldódó formában is előfordul, aminek a koncentrációja sok esetben nagyobb, mint a zsírban oldódó formáé. A D-vitamin-szulfát koncentrációja a vizes fázisban 3,4 µg/dm³-re tehető. Feltételezések szerint a vízben oldódó D-vitamin-komponensek kezdetben csak a savóban fordulnak elő, és az idő előrehaladtával kerülnek a zsírfázisba. A tejszírszárban lévő E-vitaminnak kb. 95%-a α -tokoferol formában fordul elő, ami a legmagasabb E-vitamin-aktivitású, míg a maradék 5% γ -tokoferol. Nem mutattak ki semmi egyéb tokoferolt a tejből. A zsírgolyómembrán lipidjei tokoferolban gazdagok.

A zsírban oldódó vitaminok koncentrációja a tej zsírtartalmától függ. Így pl. a különböző zsírtartalmú tejek A-vitamin-tartalmát a következők találták: 3,25% zsír: 0,33 mg/dm³, 2% zsír: 0,23 mg/dm³, és fölözött tejben: 0,04 mg/dm³. A riboflavin, amit néha laktoflavinnak is hívnak, a tejben főleg szabad formában fordul elő, míg más táplálékokban kötött állapotban található. A riboflavin 20%-a a tejben flavin-mononukleotidként vagy flavin-adenin-dinukleotidként fordul elő, fehérjéhez kötve. A B_{12} -vitamin a tejben öt különböző kobalamin formában fordul elő, de az adenzil- és hidroxikobalamin forma a legnagyobb jelentőségű. 95%-a fehérjéhez, főleg a savófehérjéhez kötött, míg szabad formában csak nyomokban mutatható ki a kezeletlen tejben.

A B_6 -vitamin a tejben főleg piridoxál formában található, de sok tejtermék több piridoxamint is tartalmaz. A folsav főleg szabad formában található; az inozit részben a lipidekhez kötött. A tejben lévő C-vitamin 75%-a aszkorbinsav formában van jelen, a maradék dehidroaszkorbinsav, ami szintén rendelkezik C-vitamin-aktivitással.

Némely vitamin koncentrációja a kolosztrumban nagyobb, mint a normális tejben. Főleg az A-, D-vitamin, a karotin és a tokoferol van jelen lényegesen nagyobb koncentrációban a kolosztrumban. A kolosztrum B-vitamin- (tiamin-, riboflavin-, piridoxin-, kobalamin-, nikotinsav-, folsav- és inozit-) tartalma is nagyobb, mint a normális tejé. Az első fejés kivételével a kolosztrum kb. azonos mennyiségű C-vitamint tartalmaz, mint az érett tej, míg a pantoténsav és a biotin koncentrációja alacsonyabb a kolosztrumban. Az érett tej A-, D-, E- és B₁₂-vitamin-tartalma nem változik szignifikánsan a laktáció folyamán.

A tej A-vitamin- és karotintartalmát befolyásolhatja a takarmány, mivel szoros összefüggés van a takarmány és a tej karotintartalma között. A tej teljes A-vitamin-aktivitása nő a legeltetés alatt, a szilázsetetéssel télen, a karotinban gazdag takarmány adásával vagy a takarmányhoz való közvetlen karotinadagolással. Ugyanez vonatkozik az E-vitaminra is. Egy α -tokoferol-acetáttal dúsított kapszulázott olaj etetésekor 50-ről 156 $\mu\text{g/g}$ -ra nőtt a tejsír tokoferol-tartalma. A tej aszkorbinsav-tartalmát viszont nem befolyásolja a takarmány összetétele. Hasonlóképpen a B-vitamin-tartalmat is csak nagyon kis mértékben lehet a takarmányozással befolyásolni. Kivétel ez alól a B₁₂-vitamin, amelynek a koncentrációját a tejben a takarmányhoz való kobaltadagolással növelni lehet. Mindezek ellenére a tejben magasabb biotin-, pantoténsav- és B₁₂-vitamin-tartalmat találtak istállózott tartásnál, és magasabb volt a folsav koncentrációja, amikor az állatok a legelőn voltak.

A tej D-vitamin-tartalmát nem lehet befolyásolni szájon át való felvétellel, mivel ezt a vitamint a szervezet ultraibolya fény hatására a dehidrokoleszterinből kellő mennyiségben szintetizálja. Ez az oka annak, hogy a D-vitamin koncentrációja megnő (maximum 2,8 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ -re) a nyári legelőn tartott tehén tejében, különösen hegyes vidékeken, ahol a napfény UV-sugarainak energiája nagyobb. Az évszak befolyását mutatja, hogy a tej több karotint, A-, D- és E-vitamint tartalmaz nyáron (vagy legeltetéskor), mint télen. Másrésztől viszont kis különbségeket figyeltek meg a tej B-vitamin- és aszkorbinsav-koncentrációjában télen és nyáron.

20.5.2. A tej vitaminjainak szerepe a táplálkozásban

Étrendi szükséglet. A 20.25. táblázat a felnőtt javasolt napi vitaminfelvételét tartalmazza. Az adatok átlagok, amelyeket néha igen nagy különbségek alapján állítottunk össze.

Így pl. E-vitaminból maximum 30 mg/nap, D-vitaminból 10 $\mu\text{g}/\text{nap}$ és B₂-vitaminból pedig 3,4 mg/nap a javasolt felvétel. Néhányan az „ideális” A-vitamin-mennyiséget 10 mg/nap, a nikotinsavét pedig 150 mg/nap körülre teszik. A napi E-vitamin-szükséglet 6 mg/nap körüli érték, de ezt növelni kell, ha több többszörösen telítetlen zsírsavat is fogyasztanak. Más vitaminok szükséglete is függ az étrendtől. Így 1 mg nikotinsavat 60 mg triptofánnal tekintenek ekvivalensnek. Az aszkorbinsav minimális mennyiségét 5–10 mg/nap-ra teszik, de az optimális ennek a tízszerese. Ráadásul a napi vitaminszükséglet függ a testi aktivitástól és a nemtől

is. Feltételezik, hogy bizonyos vitaminok szükséglete függ a kortól. Terhes és szoptatós mamáknak növelni kell az A-, B₁-, B₂-, B₆-, B₁₂-, C-vitamin, a nikotinsav és folsav felvételét. Az A-vitamin mennyiségét gyakran retinol ekvivalensben fejezik ki, ahol 1 µg retinol 0,6 µg β-karotinnak felel meg. Nagy-Britanniában a D-vitaminra nem szabnak meg határértékeket, mert feltételezik, hogy a szükséges mennyiséget a szervezet előállítja a napfény hatására. A felnőtteknek, úgy tűnik, nincs szüksége biotinra. A K-vitamin-szükséglet valószínűleg 0,01–0,03 mg/testtömeg kg. Néhányan a vitaminfelvételt a táplálék energiataralmára vagy a testtömegre vonatkoztatják.

20.25. táblázat. *A javasolt napi vitaminfelvétel férfiaknak és nőknek, és az 1 liter tejjel kielégíthető szükséglet*

Vitamin	A javasolt napi felvétel, mg		Az 1 liter tejjel kielégíthető mennyiség, %
	férfi	nő	
A	1,3	1,2	46
B ₁ (tiamin)	1,4	1,2	32
B ₂ (riboflavin)	1,7	1,6	104
B ₆ (piridoxin)	2,0	1,9	25
B ₁₂ (kobalamin)	0,0004	0,0004	113
Nikotinsav	16	14	6
Folsav	0,35	0,35	15
Pantoténsav	8	8	45
C (aszorbinsav)	60	60	30
D (kolekalciferol)	0,0025	0,0025	32
E (tokoferol)	10	10	11
K	2	2	2
Biotin	(0,2)	(0,2)	(18)

A javasolt napi vitaminfelvételt összevetve 1 liter tej vitamintartalmával bizonyítható, hogy a tej az egyik legfontosabb vitaminforrás. Egyes vitaminok szükséglete (pl. a B-vitamincsoport némelyike; a B₂, és B₁₂), teljesen fedezhető 1 liter tej elfogyasztásával, míg a tej és tejtermékek lényegesen hozzájárulhatnak az A-, B₁-, B₆-, D-vitamin és a pantoténsavpótláshoz. A fejlett ipari országokban élő emberek étrendjét vizsgálva kimutatták, hogy a tej és tejtermékek hozzájárulása a teljes vitaminfelvételhez a következő (20.26. táblázat):

20.26. táblázat. *A tej és tejtermékek hozzájárulása a teljes vitaminfelvételhez a fejlett ipari országokban*

Vitamin	
A-vitamin	12–45%
Tiamin	6–20%
Riboflavin	35–70%
Piridoxin	10–20%

<i>Vitamin</i>	
Nikotinsav	2–5%
Pantoténsav	20–30%
Aszkorbinsav	4–13%
D-vitamin	5–20%
E-vitamin	kb. 10%

A tejből és tejtermékekből származó A-vitamin mennyiségében lévő tág határ a különböző országokban az elfogyasztott vajmennyiség eltérő voltának köszönhető. A vizsgálatok szerint a különböző életkorú emberek riboflavinszükséglete eltérő, amit könnyen lehet orvosolni több tejfogyasztással. Ugyancsak megállapították, hogy a B₆-vitamin, a folsav és pantoténsav is az ajánlott szint alatt található a táplálékban. Az étrend is jelentősen befolyásolja a vitaminfelvételt, mivel a táplálék jelentősen eltérő mennyiségű nikotinsavat, B₁₂-vitamint és aszkorbinsavat tartalmaz. A vegetáriánusok B₁-, B₂- és B₁₂-vitamin-felvétele lényegesen alacsonyabb, mint a nem vegetáriánusoké, vagy a lacto-ovo és laktovegetáriánusoké.

A tej egyes vitaminjai. Az A-vitamin a tejben emulzióként van jelen, és a szervezetbe a tejszírhoz hasonlóan, vagyis a nyirokcsatornákon át, zsírgömböcskék formájában megy át. Csak az A-vitamint lehet kimutatni a nyirokban, amiből arra lehet következtetni, hogy a karotin A-vitaminná való alakulása befejeződik, mielőtt áthalad a bélfalon. A karotin hasznosulásának foka függ az elfogyasztott mennyiségtől, a hordozó természetétől, a hordozó zsír telítettségének fokától, valamint a táplálék zsír- és fehérjetartalmától. Az A-vitamin hasznosulása jobb a szervezetben, ha az fehérjéhez kötött, mint olajban oldott állapotban. A vaj A-vitamin-tartalma a magas zsírtartalom miatt nagy.

Úgy vélik, hogy a tej véd a környezeti egészségkárosító hatásokkal szemben, mivel magas a B-csoportba tartozó vitamintartalma. Mivel a növények nem tartalmaznak B₁₂-vitamint, állati termékeket nem tartalmazó étrenddel hosszú távon ennek a vitaminnak a szükségletét nem lehet kielégíteni, ezért a szérum B₁₂-vitamin-tartalma alacsony a vegetáriánusoknál.

20.6. Enzimek, hormonok, szerves savak

Az enzimek az élő sejtekben keletkeznek, és meghatározott kémiai reakciókat katalizálnak. Minden növényi és állati szervben megtalálhatók, ahol az anyagcseré-folyamatokat irányítják; a szervezet biokatalizátorai. Nagy molekulájú, szerves vegyületek, amelyek az élő szervezeten kívül is megtartják katalizáló hatásukat. A tej és a tejtermékek előállításánál fontos szerepet töltenek be, mert egyrészt felhasználhatjuk őket sok élelmiszer előállításához, másrészt meg kell akadályoznunk a működésük következtében fellépő romlási folyamatokat. Az alapanyagok nagy részének jelentős az enzimetartalma, amelyek feldolgozásához további enzimdús se-

géd- és járulékos anyagot használnak. Napjainkban még csak a tudásunk kezdetén tartunk e területen, hisz az élővilágban fontos szerepet játszó több tízezer enzim közül csak mintegy kétezret ismerünk. Az enzimek nemcsak gyorsítják a szubsztrátok átalakulását, amelyre hatnak, hanem meghatározzák a folyamat jellegét is.

20.6.1. Enzimek a tejben

20.6.1.1. A tehéntej enzimelei

A tehéntejben több mint 40 enzimet mutattak ki. A legtöbbjük az emlőmirigyben szintetizálódik, de néhány a vérből kerül a tejbe. A zsírfázisban az enzimek koncentrációja különbözik a fölözött tejétől. Az *észteráz* három alakban fordul elő a tejben, amelyek közül a *B*-formának a legnagyobb az aktivitása az érett tejben, míg az *A* és *C* *észterázok* a kolosztrumban vannak túlsúlyban. A tejelválasztás zavarát a tejben lévő *A* *észteráz* aktivitásának jelentős emelkedése kíséri.

A tejben öt *lipáz* jelenlétét mutatták ki. A legtöbbjük a kazeinhez kapcsolódik. Az egyik *lipáz* a *lipoprotein lipázzal* azonos. Az enzimaktivitás mértéke a tehén vemhességi állapotától függ. A lipolitikus aktivitás masztitisz esetében megnő, a laktációs periódus végére viszont lecsökken. Úgy tűnik, hogy a *lipázok* aktivitása a tejben vagy nagyon alacsony, vagy a zsírgolyócskák túl jól védettek a gyors lipolízissel szemben.

A tej tartalmaz egy endogén (azaz nem bakteriális eredetű) *proteázt*, amely a kazeinhez kötődik. A kolosztrumban az aktivitása észrevehetően magasabb, mint a tejben. Mind a *savas*, mind az *alkalikus proteáz* megtalálható a tejben. Ezek az endogén enzimeken túl a tej tartalmaz még pszichotróf baktériumok által termelt *proteázokat* és *lipázokat* is.

Az *alkalikus foszfatáz* a zsírgolyómembránban, a *savas foszfatáz* pedig a tejszérumban található. A laktáció alatt, és amikor a tejelválasztásban zavar lép fel, az *alkalikus foszfatáz* koncentrációja megnő, a *savas foszfatázé* pedig lecsökken. A *peroxidázaktivitás* nagysága a takarmány típusától, az évszaktól, a tehén vemhességi állapotától függ. A tejelválasztás zavara esetén szintén nagyobb az aktivitása a kolosztrumban és a tejben. A *peroxidáz* az emlőmirigyben szintetizálódik, a legnagyobb koncentrációban előforduló tejenzim; koncentrációja a savófehérje 1%-a. A mikroorganizmusok is termelnek egy szerkezetében és hatásában a *tejperoxidázhoz* hasonló enzimet.

A *xantin oxidáz* két genetikai variánsként, dimer és tetramer formában fordul elő a tejben. Az *oltóenzim* ezeket a polimereket kisebb egységeikre bontja. A *xantin oxidáz* aktivitása a laktációs periódus alatt nő, és akkor is magasabb, amikor a tej növekvő mennyiségű szomatikus sejteket tartalmaz. Mivel mindegyik variáns enzim molibdénatomot tartalmaz, a tej enzimaktivitása kapcsolatban van a molibdéntartalommal. A *xantin oxidáz* a zsírgolyócskamembránhoz kapcsolódik. Azt gondolják, hogy ez az enzim felelős a tej oxidált ízének kialakulásáért.

Az *amiláz* főleg a savófehérje laktoglobulin frakciójában helyezkedik el; a tejben mind α , mind β formában előfordul. *Ribonukleáz*ból négy variánst (A–D) mutattak ki a tejben. A *ribonukleáz-A*-ról feltételezik, hogy azonos a hasnyálmirigy-*ribonukleáz A*-val. A *katalázaktivitás* a kolosztrumban és a tejelválasztás zavara esetén magasabb, ezért a *katalázteszt* használatát javasolják a tőgybetegség kimutatására.

A tehéntej *lizozimtartalma* nagyon kicsi (kb. $13 \mu\text{g}/100 \text{ cm}^3$). Ennek az enzimnek az aminosav-szerkezete lényegesen különbözik az anyatej és a tojásfehérje *lizozimjától*. A tejben lévő *lizozim* koncentrációja nagyobb a kolosztrumperiódus alatt, és csökken a laktáció végére. A tejelválasztás rendellenességét a *lizozimaktivitás* lényeges növekedése kíséri. Ha a tőgy *Staphylococcus aureus*szal fertőzött, a mikroorganizmusok száma gyorsabban csökken a tej magas *lizozimkoncentrációja* esetén.

A következő enzimek koncentrációja jelentős még a tejben: *N-acetil-glükózamináz*, *aldoláz*, β -*glükuronidáz*, *laktát dehidrogenáz*, *laktóz szintetáz*, *szulfhidril oxidáz*. A tehéntej tripszininhibitort is tartalmaz, amelynek koncentrációja megnő a masztitisz alatt.

20.6.1.2. A tej enzimeinek táplálkozási szerepe

A táplálékkal felvett enzimek szerepét a felnőttek anyagcseréjében nem ismerjük. Csak a laktózmalabszorpció esetében gondolják, hogy a kezelt tejben lévő *laktáz* felvétele hatással lehet az anyagcserére. Másrészt a táplálékban lévő enzimek jelentősek lehetnek a kisgyerekek számára. Az újszülött csecsemő emésztőrendszerének endogén lipolitikus aktivitása alacsony, ezért az anyatejjel történő *lipázfelvétel* szignifikáns hatással van az emésztőrendszerben folyó lipolízisre. A hasnyálmirigy-*lipáz* önállóan csak nagyon lassan hidrolizálja a tejben lévő zsírgolyócskák trigliceridjeit. Az anyatej *lipoprotein lipáza* 5 alatti pH-n, éppúgy mint a bélben, nem stabil, de az epesók által aktivált *lipáz* nagymértékben megtartja az aktivitását még savas pH-n is, és ezért nagy részt vállal a tejszír emésztésében és felszívódásában. A hasnyálmirigy által termelt *lipáz* ettől eltérő mechanizmussal működik; ez hidrolizálja a triglicerid mindhárom észterkötését. A zsír által képviselt energia nagy része csak akkor hasznosul, ha eredményes a lipolízis, és ehhez kell a magas *lipázaktivitás*.

A *laktoperoxidáz*, a *xantin oxidáz* és a *lizozim* baktericid tulajdonságokkal is rendelkezik, és a laktoferinnel együtt része az immunrendszernek. Ebből adódóan az anyatej jobb tápláléka a csecsemőnek, mint a tehéntejkészítmények, és ezért merül fel a tehéntejkészítményeknél a megfelelő enzimadagolás, mert így hasonló hatást remélnék a csecsemőtápszer esetében is.

A *lizozim* ellenálló az emésztő enzimekkel szemben, ezért aktivitását az egész emésztőtraktuson keresztül megőrzi. Ezt megerősíti az a tény, hogy *lizozimot* találtak a szoptatott csecsemők székletében, de nem találtak ilyet a mes-

terségesen táplált csecsemőknél. Mind az anyatejből, mind a tojásfehérjéből (ha adtak a tejhez) származó *lizozim* bejutott a székletbe. A *lizozim* közvetlen hatással van a baktériumra, mivel főleg a Gram-pozitív mikroorganizmusoknál, de az *E. colinál* is szétrombolja a sejtfalat. Ezenkívül közvetett baktericid hatása is van, mivel megnöveli az antitestek aktivitását. A *lizozim* ezért egyike azon anyatejkomponenseknek, amelyek megvédik a csecsemőt a különböző fertőző betegségekkel szemben. Az anyatejben lévő *lizozim* specifikus aktivitása háromszor akkora, mint a tojásfehérjéé, a tehéntej *lizozimaktivitása* pedig csak harmada a tojásfehérje-*lizoziménak*. Néhány kísérletben 130 mg/100 g tej koncentrációban *lizozimot* adtak csecsemő ételéhez, aminek eredményeként a bélflóra *Bifidobacterium bifidum*-aránya megnőtt, míg a kólii organizmusok száma csökkent, azaz a széklet összetétele megváltozott a szoptatott csecsemők székletéhez képest. Azonban a bélben lévő bifidusflóra és a székletben lévő *lizozim* között meglévő, kétségtelenül szoros kapcsolat ellenére nem következtethetünk arra, hogy a csecsemő étrendjéhez adott *lizozim* közvetlen hatással lenne a bélflórára. A fenti megfigyelést vélhetően a hasonló diétás faktorok jelenlétével lehet magyarázni, és a *lizozim* hozzáadása az ételhez nem biztos, hogy valóban bifidussegítő hatással is bír. A *lizozimról* még azt is feltételezik, hogy segíti a fehérje abszorpcióját és emésztését, ugyanis egy kísérletben *lizozim* ételhez keverése után nagyobb mennyiségű oldható nitrogént találtak a kontrollcsoporthoz képest.

A *laktoperoxidáz*-tiocianát- H_2O_2 rendszer egy olyan másik antimikrobás faktor, amely megvédi a csecsemőt a betegségekkel szemben. A *laktoperoxidáz* és a tiocianát minden szövetben és váladékban megtalálható, a H_2O_2 -ot pedig a bél tejsavbaktériumai termelik, vagy a *xantin oxidáz* segíti elő képződését. Ez a rendszer a bélben antibiotikus hatást fejt ki. A tiocianátot fiziológiai koncentrációban a *laktoperoxidáz* és a H_2O_2 oxidálja közbülső terméké, ami a baktérium sejtmembránján tevékenykedik, és elpusztítja a mikroorganizmust vagy gátolja a növekedését. A *laktoperoxidáz* ellenáll a gyomorsavnak, amely hatást in vitro kísérletekben megerősítették, de az in vivo bizonyítás még várat magára.

A tehéntej *peroxidázaktivitása* magas, a tehéntej *laktoperoxidáz*-tiocianát- H_2O_2 rendszere ezért szintén fontos lehet táplálkozási szempontból. A májban és a vesében lejátszódó anyagcsere-folyamatok megnövelik a tej tiocianáttartalmát, a H_2O_2 -ot pedig a mikrobiológiai működés eredményezi. Ezért feltételezhető egy rendszer, ami felelős lehet a tehéntej baktericid tulajdonságaiért, mely különösen hatékony a pszichrotrof organizmusokkal szemben. A legelőn tartott tehen teje elegendő tiocianátot tartalmaz, de ha mégsem, akkor tiocianát-kiegészítést javasolnak a rendszer aktiválására. A reakció végterméke ártalmatlannak tekinthető, ezért a *laktoperoxidáz*-tiocianát- H_2O_2 rendszert trópusi országokban a tejromlás késleltetésére is használhatják.

20.6.2. Hormonok a tejben

Magasabb rendű szervezetek belső elválasztási mirigyei olyan szabályozó hatású anyagokat, úgynevezett hormonokat termelnek, amelyek a véráram útján a célsejtekbe jutva megváltoztatják azok anyagcseréjét. Ezek az anyagok a testtömeghez képest igen kis mennyiségben szintetizálódnak, de termelésük zavara a szervezet jelentékeny működésbeni eltérését okozhatja, így pl. közvetlen hatással lehetnek a növekedésre, a szaporodásra, az anyagcserére és a viselkedésre. A hormonális szabályzórendszer rendkívül bonyolult, és mivel az idegrendszerrel is mélyreható kölcsönhatásban áll, ezért a rendszert neurohormonális szabályozásnak hívjuk.

Hormonok az állat- és a növényvilágban mindenütt előfordulnak, ezért kis mennyiségben a tehéntejben és az anyatejben is megtalálhatóak. A tehéntej ösztrogéntartalma 60–200 pg/cm³, a kolosztrumé 1 ng/cm³. A laktációs periódus alatt vagy a vemhesség előrehaladtával a tej ösztrogéntartalma megnő, amíg el nem éri a kolosztrumban található szintet. Nem tudjuk, hogy a kolosztrumban található nagy mennyiségű ösztrogén jótékony hatású-e az újszülött számára.

A tehéntej átlagos természetes progeszteronkoncentrációja 13 ng/cm³, amelyből a kolosztrum nagyon keveset tartalmaz, a vemhes állatok tejében viszont több progeszteron lehet. Egy kísérletben intravénásan adagolt progeszteronnak csak 0,1–0,2%-a ment át a tejbe. Szoros kapcsolat áll fenn a tejtermékek zsír- és a hormontartalma között, ezért a fölözött tej csak 2 ng hormont tartalmaz milliliterenként, míg a vaj hormontartalma 300 ng/cm³.

A kolosztrum és a tej 0,2–0,7 ng/cm³ glikokortikoid hormont tartalmaz, amelynek szintje tovább csökken a laktáció folyamán, és koncentrációját nem befolyásolja a vemhességi állapot. A glikokortikoid elsősorban a tej fehérjéivel kapcsolódik, a petefészkek-szteroidok pedig a lipidfrakciókhoz kötődnek. A masztitisz kezelésére ezeket a hormonokat használva soha nem nő a tej hormontartalma, a glikokortikoid kortizolkoncentrációja viszont megnő a tejben, amikor az állatot stressz éri. Az összes kortikoid koncentrációja átlagosan 3–4 ng/cm³ a tejben.

A prolaktin a tejben átlagosan kb. 50 ng/cm³ koncentrációban van jelen. A kolosztrum prolaktintartalma magasabb, majd csökken a laktáció folyamán. A tej 50–150 pg tesztoszteront tartalmaz milliliterenként, amely hormonszint az állat szexuális ciklusától függ. A prosztaglandin-F_{2a} hormon csekély és változó mennyiségben (0,1–0,4 ng/cm³) található a tejben. A prosztaglandin koncentrációja egy intramuszkuláris injekció után csak a kezelést követő első tejben nőtt meg. Amikor tejelő állatokat hormontartalmú gyógyszerekkel kezelnek, vagy ha hormonokat használnak a tehének ivarzásának szinkronizálására, esetleg a tejelválasztás növelésére, fennáll a veszélye annak, hogy a hormonok bekerülnek a tejbe. Ez függ a dózistól, a hormon kémiai szerkezetétől, a vivőanyagtól és a kezelés módjától. A hormonok tejbe kerülését meg kell előzni a fogyasztóra ható egészségkárosító hatása miatt. Ösztrogénnel, gesztagénnel és kortikoidokkal végzett kísérletek

azt mutatják, hogy ezek a hormonok a tejben csak akkor fordulnak elő, ha igen nagy dózisban vagy nem szájon át adják azokat. A takarmány gesztagén hormonokkal történő kezelése vagy a hormonok intramuszkuláris injekciója nem okozott hormonmaradványt a tejben. Intravénás injekcióval való kezelés után 10 ng hormonszintet csak a kezelést követő második fejésig tudtak kimutatni a tejből.

A tejben a hormonegyensúly megzavarása miatt megnövekedett hormonszint, az állat szexuális ciklusa vagy a hormonkezelés megrontja a tej zamatát, és elősegíti az oxidált íz kialakulását. Az élelmiszerekben természetesen előforduló hormonok koncentrációja olyan alacsony, hogy a mai napig semmilyen biológiai jelentőséget nem tulajdonítottak neki. A tejben természetesen előforduló hormonoknak gyakorlatilag semmilyen hatása sincs a fogyasztóra, és a tej viszonylag biztonságosnak tekinthető az exogén hormonok tekintetében is, amelyek szájon át történő felvételkor is hatásosak. A tej és tejtermékek ösztrogénszintje túl alacsony a biológiai aktivitás kialakításához.

Az anyatej ösztrogéntartalma öt nappal a szülés után a legmagasabb (kb. 600 ng/cm³), majd 10 ng/cm³-re csökken. A pregnandiol a tehéntejben nem fordul elő, az anyatejben viszont 150–450 ng/cm³ koncentrációban található. A tehéntejben is megtalálható 17-ketoszteroid koncentrációja 36 µg/cm³ a szülés után négy nappal, és 400 ng/cm³-re csökken a laktáció 20. napjára. A szoptatott csecsemők több ösztrogént választanak ki a vizeletben, mint a tehéntejkészítményekkel tápláltak. Azt gondolják, hogy az anyatej magasabb szteroidtartalma a laktáció korai szakaszában kedvezőtlen hatással van a csecsemő bilirubinmetabolizmusára. Az anyatejben található egyéb hormon még a tiroxin és trijód-tironin.

Az anyák a szervezetükbe jutott ösztrogénnek kevesebb mint 0,4%-át választják ki a tejben 24 órán belül. A fogamzásgátló tablettákban lévő kis mennyiségű szteroid bekerül az ezeket a készítményeket szedő anyák tejébe, ezért kapcsolat lehet ezen hormonok és a hormonkészítményeket szedő anyák tejét fogyasztó csecsemők növekvő sárgasága között.

20.7. A tej egyéb szerves vegyületei

A tej és a tejtermékek kis mennyiségben olyan vegyületeket is tartalmaznak, amelyek részt vesznek ízének és illatának kialakításában, befolyásolják eltarthatóságukat, és köztük speciális élettani hatású komponensek is találhatóak.

Elsősorban az erjesztéssel készült tejtermékek (kefir, joghurt, kumisz) tartalmazhatnak kisebb-nagyobb koncentrációban **alkoholokat**. Az alkoholokat a szénhidrogénből úgy vezetjük le, hogy bennük egy vagy több hidrogénatomot hidroxilcsoporttal helyettesítünk. A hidroxilcsoportot tartalmazó szénhidrogénváz szerkezetétől függően az alkohol lehet alifás vagy ciklikus szerkezetű, telített vagy telítetlen, ha a szénhidrogéncsoport aromás gyűrűhöz kapcsolódik, akkor a vegyület aromás alkohol.

Az egyértékű alifás alkoholok között vannak az élelmiszer-ipari szempontból legfontosabb alkoholok, amelyek homológ sort alkotnak. Közülük tejtermékekben leginkább az **etil-alkohol** ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) fordul elő, ami színtelen, víztiszta, kellemes szagú és égető ízű folyadék. Hidegen vagy melegen számos illóanyagot jól old, minden élő szervezet számára erős mérég. A 70%-os alkohol elpusztítja vagy fejlődésükben gátolja a mikroorganizmusokat. Az etil-alkohol-képződés legrégebben ismert módja a szeszes erjedés, amelynek során glükózból alkohol és szén-dioxid képződik.



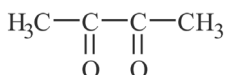
Élelmiszer-ipari szempontból jelentősek az alkoholtartalmú italok. Közülük kiemelését érdemel a kumisz, mely 1,5–2,5% alkoholtartalmával kellemes és tápláló élvezeti cikk. Az emberi szervezet számára a kis mennyiségben fogyasztott alkoholtartalmú ital előnyös hatású, étvágygerjesztő, emésztést elősegítő és szorongást oldó lehet, nagy mennyiségben azonban rendkívül káros.

Az **oxovegyületek** jellemzője a $\text{C}=\text{O}$ karbonilcsoport, amely attól függően, hogy az oxocsoport láncvégi vagy láncközi C-atomhoz kapcsolódik, lehet aldehid vagy keton. Az aldehidek általános szerkezete $\text{R}-\text{CHO}$. A legreakcióképebb vegyületek közé tartoznak, amelyek primer alkoholokból keletkeznek enyhe oxidációval; továbboxidálva őket karbonsavakat kapunk. Az aldehidek jellemző reakciói az addíció, a polimerizáció és a kondenzáció. Az élelmiszerekben az aldehidek az aminosavak bioszintézise során, az aminosavak enzimés dezaminálásánál vagy transzaminálásánál, az aminosavak és a karbonilszármazékok közti reakció során, a telítetlen zsírsavak autooxidációjánál, a linol- és linolénsav enzimés lebontásánál, továbbá a karotinoidok átalakulása során képződhetnek. Jellemző illatuk révén a különböző élelmiszerek aromaanyagainak összetevői, és részt vesznek az élelmiszerek nem enzimés barnulási folyamataiban is.

Az **acetaldehid** (etanal) kis koncentrációban gyümölcsillatú, az alkoholos erjedés és az ecetsavgyártás fontos köztterméke. Az etil-alkohol *alkohol dehidrogenáz* enzim hatására acetaldehiddé alakul. Képződhet ezen kívül a szervezet szénhidrát-anyagcseréjében és az alanin lebomlása során is.

A **ketonokban** a karbonilcsoport mindkét vegyértékével szénatomhoz kapcsolódik. Reakcióik hasonlítanak az aldehidekéhez, de azoknál nehezebben oxidálhatók, aminek során láncszakadás következik be. Többségük jellegzetes, de nem kellemetlen illatú vegyület. Az **alifás ketonok** főként zsírtartalmú élelmiszerekben fordulnak elő; zsírsavakból képződnek oxidációval. A folyamat egyik útja a mikroorganizmusok által katalizált oxidáció, amelynek végterméke az R-metil-keton. Ezen az úton 5–9 szénatomos ketonok képződnek, melyek fontos aromaanyagok. Az **acetone** (2-propanon) az élő szervezetben az acetecetsav dekarboxileződésével képződik. Hidroxiketon az **acetoin** (3-hidroxi-2-butanon), amely kellemes illatú, az állati és az emberi szervezet természetes alkotója. Számos mikroorganizmus is termel acetoint, ami a vajgyártás fő aromaanyaga. A vajon kívül

előfordul a kenyérben, a sörben, a narancsban, a csirkehúsban és a friss zöldbor-sóban is. A melasz erjesztésének egyik mellékterméke. A **diacetil** (2,3-butándi-on) az acetoin vagy a 2-butanon oxidációjával képződik. A folyamat enzimátikus hatásra is végbemegy, amelynek a vajgyártásban van jelentősége. A diacetil a vaj legjellegzetesebb aromaanyaga. A vajon kívül előfordul még a sajtban, a babérolajban, több illóolajban, alkoholtartalmú italokban és a kávéaromában.



diacetil (2,3-butándi-on)

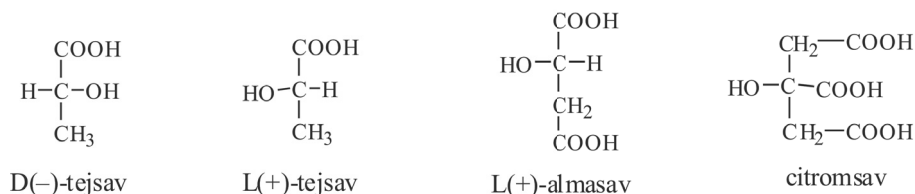
A tej és tejtermékeknek fontos összetevői a **szerves savak és származékaik**, amelyek közül legjelentősebbek az észterek és a laktonok. A szerves savak karboxilcsoportot (–COOH) tartalmazó szerves szénvegyületek. Az ásványi savaknál gyengébbek, a dikarbonsavak a monokarbonsavaknál erősebbek. Legjellemzőbb tulajdonságuk, hogy az alkoholokkal észtert képeznek, fontos átalakulásuk a dekarboxileződés, és megfelelő körülmények között alkohollá redukálhatók. A tej és tejtermékekben a szerves savak részt vesznek az íz- és illatanyagok kialakításában. A pH változtatásával szabályozzák egyes technológiai szempontból fontos reakciók sebességét, és védelmet nyújtanak a mikrobiológiai romlás ellen.

A **telített monokarbonsavak** közül legjelentősebb az **ecetsav** (CH₃COOH), amely áthatóan savanyú ízű és szagú, vízgőzzel desztillálható illósav, disszociációs állandója 25 °C-on 1,85 · 10⁻⁵. Előfordul minden olyan élelmiszerben, amely alkoholos vagy savas erjesztéssel készül (savanyú tejkészítmények, kenyér, alkoholtartalmú italok). A **propionsav** (CH₃CH₂COOH) gyenge sav, melyet a propionsav-termelő baktériumok hexózokból állítanak elő. A propionsav ezért előfordul minden olyan élelmiszerben, ahol megvannak a propionsavas erjedés feltételei. Fontos szerepe van a sajt érésében, mert részt vesz az aromaanyagok kialakításában. Az **n-vajsav** [CH₃(CH₂)₂COOH] kellemetlen, átható szagú, az ecetsavnál gyengébb sav. A vajsavtermelő baktériumok szénhidrátokból és tejsavból állítják elő anaerob körülmények mellett. Azokban az élelmiszerekben fordul elő, amelyek gyártása során erjedési folyamatok mennek végbe, így megtalálható a rokfort és parmezán sajtban is.

A **2-metil-butánsav** (α-metil-vajsav) egyes sajtfeleségekben, a **kapronsav** (hexánsav) a tejben, a sajtban, a sörben, a teában és a málnában, az **önantsav** (n-heptánsav) a sörben, az almahéjban, a sajtban, a savanyú káposztában, a teában és a kávéban fordul elő.

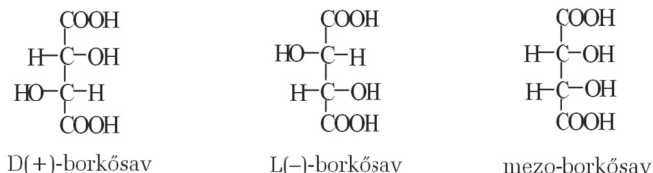
A **telítetlen dikarbonsavak** közül az etiléndikarbonsav transz-izomere, a **fumársav** részt vesz a citrátkörben, gyakorlatilag minden olyan sejtben megtalálható, ahol a citrátkör lejátszódik. A **telítetlen trikarbonsavak** közül az **akonitsav cisz-izomere** a citromsavciklus közbülső terméke, ezért szinte mindenütt megtalálható élelmiszereinkben. A **tejsav** (2-hidroxi-propionsav) víztiszta, „tisztá”

savanyú ízű vegyület. Három izomer módosulata létezik, amelyek közül a D(-) tejsav a szénhidrátok tejsavas erjedése során képződik, az L(+) tejsav pedig az állati szervezetben a glikogén lebontásának terméke. A tejsav kellemes savanyú íze miatt különböző élelmiszerek ízesítésére alkalmas. Fontos szerepe van számos élelmiszer gyártásánál, pl. a savanyútej-készítmények, a mikrobiológiai úton savanyított zöldségfélék, a kenyér gyártásánál, a friss húsok érésénél.



Az **almasav** három módosulatából a természetben csak az L-módosulat található meg, amely köztes termék a citrátciklusban. Különösen sok található belőle az éretlen almában, az egresben és a szőlőben, és előfordul még a vérben, a mézben és a borban is. A **borkósav** a természetben csaknem kizárólag a D(+)-borkósav formában fordul elő. A természetben széles körben megtalálható a különféle növényekben: a szőlőben, a galagonyában, a meggyben és a berkenyében. Az újborból jelentős mennyiségben válik ki savanyú káliumsója, a borkő. A borkósavat sütőporokba, gyümölcszselék, cukorkák, fagylalt ízesítésére és a limonádék savanyítására használják.

A borkósav izomerjei



A **citromsav** (2-hidroxi-propán-trikarbonsav-[1,2,3]) kellemesen savanykás ízű, nagyon reakcióképes vegyület, amely minden élőlényben megtalálható, hisz a sejtlégzésben a citrátciklus előtagja. A citrom különösen sok citromsavat tartalmaz, amiből az iparban előállítják. Kellemes savanykás íze miatt cukorkák, fagylaltok, üdítőitalok, likőrök, italporok készítésére, fűszerek, mártások ízesítésére az élelmiszeripar széles körben alkalmazza. A citromsavból kitűnő puffer állítható elő, ezért különböző élelmiszerek, elsősorban tejtermékek gyártásakor előszeretettel használják. Komplexképző hatása miatt alkalmas a kalciumion lekötése révén véralvadás gátlására. A réz- és a vasionok komplex alakban történő megkötése miatt a zsírokhoz adagolt antioxidánsok mellett szinergetikus hatása van.

Az **aromás karbonsavak** közül a **benzoészav** és származékai, a **p-hidroxi-benzoészav** és a **p-hidroxi-benzoészav-észterek**, valamint a **szalicilészav** baktericid

és fungicid hatásúak, ezeket bizonyos élelmiszereknél tartósítószerként is használják. Néhány aromás karbonsav a különböző élelmiszerekből is kimutatható; az íz- és aromaanyagok részei.

A szerves savak észterei rendkívül fontos aromaképző vegyületek, ugyanis a **szerves savak alifás alkohollal képzett észtereire** jellemző, hogy kis szénatom-számú képviselőik gyümölcsillatúak. A **vajsav alkil-észterei** kellemes gyümölcsillatú vegyületek, az n- és izo-vajsavészterek egy-egy gyümölcsre emlékeztető illataroma hordozói. A vajsavészterek előfordulnak többek között a különféle sajtokban, felhasználják azokat aromák, eszenciák készítéséhez.

A **laktonok** a hidroxikarbonsavak belső észterei, amelyek γ - és δ -hidroxisavakból spontán képződnek. A γ -lakton öttagú, a δ -lakton hattagú gyűrűs vegyület. A laktonok élelmiszerekben is előfordulnak, és mivel néhányuknak kicsi az ízküszöbértéke, ezért jelentős élelmiszeraroma-komponensek. A γ -laktonok inkább a növényi, a δ -laktonok pedig főként az állati eredetű élelmiszerekben fordulnak elő. A γ - és δ -laktonokon kívül az élelmiszerekben még makro- és biciklusos laktonok is előfordulnak.

20.7.1. Szerves savak a tejben

Citromsav. A tejben a citromsav átlagos koncentrációja $1,7 \text{ g/dm}^3$, a szélsőértékek pedig $0,9\text{--}2,3 \text{ g/dm}^3$, amelynél a kolosztrum lényegesen több citromsavat tartalmaz ($3\text{--}5 \text{ g/dm}^3$). A tejben lévő szerves savaknak kb. 90%-át a citromsav teszi ki. Úgy tűnik, hogy a takarmány összetétele nem befolyásolja a tejben lévő citromsav mennyiségét, de összefüggést figyeltek meg a κ -kazein genetikai variánsainak típusaival, ugyanis szignifikánsan nagyobb a citromsav koncentrációja A-variáns esetében. A tej citromsavtartalma csökken a tejelválasztás zavara esetén. A tejben lévő citromsav több mint 90%-a oldatban van, 6–7%-a kolloidális állapotú, valószínűleg kalcium-kazeinát komplexhez kapcsolódva. Az anyatej kevesebb citromsavat tartalmaz, mint a tehéntej ($0,2\text{--}1,5 \text{ g/dm}^3$), a csecsemőtápszer-készítmények pedig $0,8\text{--}2,9 \text{ g}$ citromsavat tartalmaznak literenként.

A citromsav az emlőmirigyekben a piruvátból képződik. Az ásványi anyagokkal együtt a tej pufferrendszerének a része, hozzájárul a kalcium-kazeinát komplex stabilitásához és a tejtermékkultúrák ízanyagához. A citromsav gyorsan metabolizálódik, ezért valószínűtlen, hogy valaha is elérhesse a toxikus koncentrációt. Élettani szerepe az, hogy csökkenti az ionos állapotú szérumkalcium vizeletben történő kiválasztását, és így megelőzi a csontok túlzott demineralizálódását. A citromsav elősegíti a mineralizációt, ezért a csecsemő táplálkozásában fontosnak tartják az exogén pótlást, bár a citromsavpótlás a szervezet által szintetizált mennyiségének csak egy töredékét jelentheti.

Neuraminsav. A neuraminsav a tejben acetilezett formában van jelen, azaz N-acetil-neuraminsav, amit laktamin- vagy szialinsavnak is hívnak. A tejben nitrógentartalmú oligoszacharid csoport is tartalmaz laktaminsavat. A szialinsav-

nak kb. 80%-a kazeinhez, főleg a κ -kazein glikomakropeptidjéhez kapcsolódik, tehát pozitív összefüggés van a tej szialinsav- és fehérjetartalma között. A tej átlagos szialinsav-koncentrációja 15 mg/100 cm³ körül van, a szélsőértékek 8–100 mg/100 cm³. A kolosztrum és a laktáció végén fejt tej több szialinsavat tartalmaz, és több szialinsav található a beteg állat tejében, különösen azoknál, melyeknél rendellenes a tejelválasztás. A különböző fajták tejének szialinsav-tartalmában különbségek lehetnek. A κ -kazein 2,3%, az összes kazein pedig kb. 0,35% szialinsavat tartalmaz. A szialinsav részt vesz a kazeinkomplex stabilitásában.

Az anyatej kb. 50 mg szialinsavat tartalmaz 100 cm³-enként, ami több, mint a tehéntejé, és a kolosztrumban még ennél is nagyobb a koncentrációja. A szoptatott és mesterségesen táplált csecsemők szérumában közel azonos volt a neuraminsav-koncentráció. Mivel a neuraminsav és annak acetilezett származéka a glikolipidek és glikoproteinek szintézisének építőköve, ezért lehetséges, hogy a csecsemő táplálékában az agy idegszövege kialakulásához fontos a jelenléte. Az anyatejben lévő bőséges mennyiségű neuraminsav szintén közreműködik a kóli baktériumok és Staphilococcusok növekedésének gátlásában.

Nukleinsavak. A nukleinsavak minden sejtnak alkotórészei, a tejben ribonukleinsavként (RNS), dezoxiribonukleinsavként (DNS) és nukleotidokként fordulnak elő. A tehéntejben lévő DNS hasonló koncentrációban van jelen, mint az anyatejben (1,2 és 1,5 mg/100 cm³), de az anyatej több RNS-t tartalmaz (11,5 mg/100 cm³ a tehéntej 5,4 mg/100 cm³-ével szemben). A tehéntejben lévő nukleotidok 80%-a orotsav formában van jelen, ami teljesen hiányzik az anyatejből. A nukleinsavak túlnyomórészt a savóhoz és a kazeinhez kötődnek, és csak kis mennyiségben találhatóak a zsírfázisban. Az orotsav mellett a tehéntej kis mennyiségben tartalmaz uridin, guanozin, adenozin és citidin nukleotidokat is. A tehén kolosztruma magasabb koncentrációban tartalmaz néhány nukleotidot, főleg UDP-glukózt, UDP-galaktózt és más uridinszármazékokat. A tehén kolosztruma viszonylag nagy koncentrációban tartalmaz pirimidin nukleotidokat is, de koncentrációjuk az érett tejben alacsony.

20.27. táblázat. Az anyatej és a tehéntej nukleotidtartalma

Nukleotid	Mennyiség (mg/dm ³)	
	Anyatej	Tehéntej
Citidin-5-monofoszfát (CMP)	10,8–18,0	2,97
Adenozin-5-monofoszfát (AMP)	0,9	
Ciklusos-3,5-adenozin-5-monofoszfát (3,5-AMP)	0,22	1,38
Guanozin-5-monofoszfát (GMP)	0,27–0,53	
Uridin-5-monofoszfát (UMP)	1,14–1,33	
Uridin-5-difoszfát-N-acetil-glükózamin + fukóz (UDP-X3)	1,60	

Nukleotid	Mennyiség (mg/dm ³)	
	Anyatej	Tehéntej
Uridin-5-difoszfát-N-acetil-glükózamin + uridin-5-difoszfát-N-acetil-galaktózamin (UDP-AG + UDP-AGal)	2,60–3,61	
Uridin-5-difoszfát-glükuronsav + uridin-5-difoszfát (UDP-GS + UDP)	1,27–2,18	
Orotsav		61,9

A 20.27. táblázat az anyatej és a tehéntej fontos nukleotidjait tartalmazza, amelyeknek tejben található mennyiségét illetően lényeges eltérés van az egyes szerzők között. Az anyatej nukleotidjai, amelyek UDP-ből és cukrokból állnak, különös figyelmet érdemelnek, mivel ezek, éppúgy, mint más oligoszacharidok, bifidusfaktornak tekinthetők. A táblázatban közölt nukleotid oligoszacharidok mellett az anyatej még az uridin-5-difoszfát-N-acetil-laktózamint (UDP-X1), az uridin-5-difoszfát-glükózt (UDPG) és az uridin-5-difoszfát-galaktózt (UDP-Gal) is tartalmazza. Az anya kolosztruma nagyobb koncentrációban tartalmaz nukleotidokat, főleg guanozin- és adenzinszármazékokat, mint az anyatej. Közlemények szerint a kecske teje lényegesen több adenzin-trifoszfátot (ATP) tartalmaz, mint akár az anyatej, akár a tehéntej.

Megoszlanak a vélemények arról, hogy az étrendben szereplő nukleotidoknak van-e élettani hatása. Egyrésztől azt gondolják, hogy az RNS szerepet játszik a zsíremésztésnél, mivel meggyorsítja a tejsír enzimatis hidrolízisét, másrésztől a tej alacsony nukleinsav-tartalma előnyt jelent a hússal szemben, mert a nagy nukleinsav-tartalmú, nagy mennyiségű hús elfogyasztása a szervezetben nagy mennyiségű hűgysav képződéséhez vezet, ami felelős lehet a húgykő és a köszvény kialakulásáért. Az átlagos napi nukleinsav-felvételt közlemények 1,1 g-ra teszik. A ciklusos nukleotidok, a ciklikus AMP és a ciklikus GMP változatlanul érik el az emésztőrendszert és abszorbeálódnak. Lehetséges, hogy szerepet játszanak az újszülött növekedésének szabályozásában. A táplálékban lévő nukleotidokat a növényben lévő szervezet a nukleinsav-szintézis prekursoraiként használja, ezért Japánban nukleotidokat adnak a csecsemőtápszerekhez. Azt állítják, hogy ez a kiegészítés előnyt jelent az anyatejhez jobban hasonló tehéntejz produkálásában, és hogy segíti a kazein koagulációját a gyomorban, javítva az emészthetőséget.

Az orotsav a tehéntej egyedüli nukleotidja. Az átlagos orotsav-koncentráció 75 mg/dm³, 20–180 mg/dm³ szélsőértékekkel. A savó több, a kolosztrum kevesebb orotsavat tartalmaz. Az orotsav koncentrációja emelkedik a laktáció alatt, és értéke az évszaktól is függ. A tőgybetegségek csökkentik a tej orotsavtartalmát.

Az orotsav befolyásolja a zsírsanyagcserét, ugyanis mérsékelt mennyiségben hypolipaeimiához vezet, de több mint 0,1%-nyi felvétele a máj zsíros elfajulását okozza. A tejben lévő orotsav az emberre nem ártalmas, mert a tej magas kalcium- és laktóztartalma miatt megvédheti a májat az elzsírosodással szemben. Azt találták, hogy az orotsav növekedési faktor a *Lactobacillus bulgaricus* számára,

és néhány szerző azt gondolja, hogy vitaminszerű tulajdonságokkal is bír, mivel részt vesz a nukleinsavak szintézisében, és kimutatták, hogy a laboratóriumi állatokra is kedvező hatással van. Az orotsavat koleszterincsökkentő faktornak is tekintik, mert csökkenti a májban lévő koleszterin bioszintézisét. Az orotsav részt vehet a májban lejátszódó detoxikációs folyamatokban is.

Más szerves savak. A tej kis mennyiségben tartalmaz vajsavat, propionsavat, piroszólósavat, hangyasavat és tejsavat, és nyomnyi mennyiségben még más szerves savakat is. A hippursav a növényevők anyagcseréjének mellékterméke, és kb. 30–60 mg/dm³ koncentrációban fordul elő a tejben. Legeltetéskor koncentrációja magasabb, mint nagyobb mennyiségű abrakfogyasztáskor. A benzoesav szintén természetes alkotórésze a tejnek, a nyers tejben 3–6 mg/dm³ koncentrációban van jelen. A tejtermékek 50 mg benzoesavat is tartalmazhatnak literenként, mivel ez a sav a starterkultúrák anyagcseréjének mellékterméke. A tejben jelen lévő egyéb savak: a húgysav, az oxálsav, a szalicilsav és az α -liponsav, amit növekedési faktornak gondolnak, mely a zsírgolyómembránban foglal helyet.

A technológia hatása a tej és tejtermékek összetételére

21.1. A feldolgozás hatásai

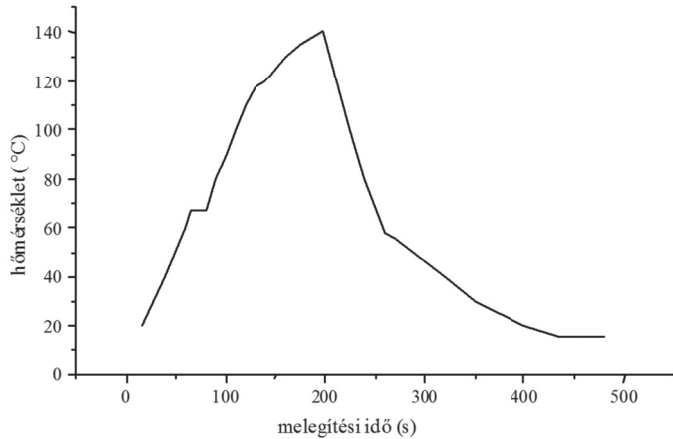
21.1.1. A tej hőkezelése

21.1.1.1. Hőkezelési módok

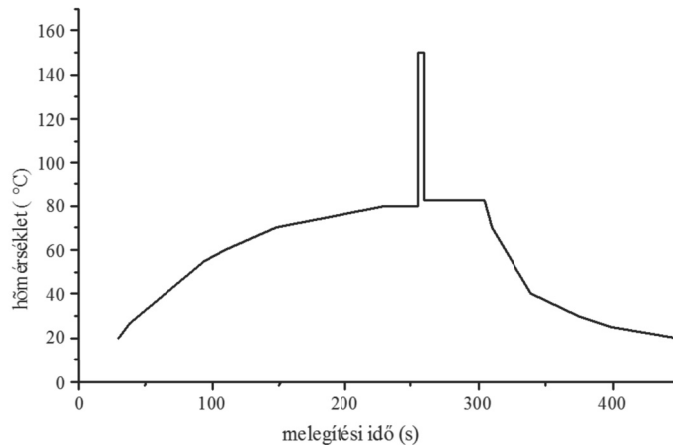
A nyers tej hőkezelésére különböző módszerek ismertek, amelyek a hőmérsékletben és a hőkezelés időtartamában különböznek egymástól. Attól függően, hogy mennyi ideig akarjuk a terméket tárolni, a mikroorganizmusok részleges vagy teljes elpusztítása (sterilizálás) a cél. Általában a következő hőkezelési módszereket használják:

- Rövid ideig tartó pasztörözés 72–76 °C-on 40 másodpercig. A legtöbb fogyasztásra szánt tejet így kezelik.
- Pillanatpasztörözés 85 °C-on, néhány másodpercig.
- 110–120 °C-on 10–30 percig való sterilizálás a végleges csomagolásban. Az így kezelt tejet steril tejnek hívják.
- Ultramagas hőmérsékleten történő hőkezelés (UHT), 135–150 °C-on néhány másodpercig. Mivel az UHT-kezeléssel a tejet legalább hat hétig jól el lehet tartani, ez tartós vagy hosszan tartósított tejnek tekinthető.

Az UHT-kezelést vagy közvetlen gőzinjektálással, vagy indirekt hőcserével lehet véghezvinni. A két eljárás idő-hőmérséklet diagramja (21.1., 21.2. ábra) szerint a tej magasabb hőmérsékletet bír el a gőzinjektáló módszerrel, mint az indirekt módszerrel. Az UHT-eljárás mikrobiológiai hatásossága a *Bacillus stearothermophilus* spóráinak inaktiválásával becsülhető meg: ez a legkevésbé hőérzékeny spóra, és ezért tesztorganizmusként is használják.



21.1. ábra. Az indirekt UHT-eljárás hőmérséklet-ido diagramja



21.2. ábra. A direkt UHT-eljárás hőmérséklet-ido diagramja

21.1.1.2. A patogén mikroorganizmusok elpusztítása

A tej pasztörözésének eredeti célja az volt, hogy védelmet nyújtson a nem endospóras patogén mikroorganizmusokkal szemben. Az általánosan használt hőkezelési műveletek elpusztítják a patogén mikroorganizmusokat, az *E. colit* is beleértve, amit gyakran tesztorganizmusnak használnak a tej és más élelmiszerek higiéniai minőségének ellenőrzésére. A *Mycobacterium tuberculosis* és a *Brucella* baktériumokat, amelyeket meglehetősen gyakran találtak a tejben e kórokozókkal szembeni mentesítést megelőzően, elpusztítja a pasztörözés. Ez vonatkozik a szalmonellára, rickettsiára, az úgynevezett Q-láz okozójára, valamint a

lisztériára, a leptospira és más patogén mikroorganizmusokra is. A legtöbb fertőző betegségeket okozó baktérium 66–71 °C-on inaktiválódik, amelyek jobban ellenállnak a hőmérsékletnek, 72 °C-on, 20 másodperc alatt inaktiválódnak. Ezért az engedélyezett pasztörözési eljárások biztos védelmet nyújtanak az emberre átvihető betegségekkel szemben. Alig néhány patogén spóra van a tejben, de ezek is minden esetben teljesen elpusztulnak az UHT-kezelés során.

A vírusok is gyorsan inaktiválódnak magasabb hőmérsékleten, és így nem élik túl a pasztörözési eljárást. A veszettség vírusa és más vírusok is már 65 °C-on elpusztulnak, a száj- és körömfájás vírusai viszont jobban ellenállnak a hőnek, és túlélnek a 80 °C-on 15 másodpercig tartó vagy a 85 °C-on 5 másodpercig tartó hőkezelést, de 73 °C-on 40 másodperc alatt teljesen inaktiválódnak. Minden vírus elpusztul az UHT-kezelés alatt.

21.1.1.3. A hőkezelés hatása a tejsírra

A tej hőkezelése az előzőekben közölt idő/hőmérséklet kombinációknál nem ártalmas a tejsír természetes tulajdonságaira. Ezt az a megfigyelés is alátámasztja, hogy más zsírok és olajok melegítése során magas hőmérsékleten a hő nem károsítja azokat. Ez az oka annak is, hogy a lipidek fotokémiai oxidációját csak alig befolyásolja a hőmérséklet. Bár a zsírok magas hőmérsékletre melegítésénél peroxidok, hidroperoxidok, karbonilvegyületek és hidroxizsírsavak keletkeznek, a patkányokat hosszú időn keresztül peroxidtartalmú zsírokkal etetve nem találtak toxikus hatást. Csak extrém hőmérsékleti feltételek, pl. 200 °C-on 20 óráig tartó kezelés eredményezett polimerizációs termékeket a többszörösen telítetlen zsírsavak termikus oxidációja révén, ami ártalmas volt a patkány etetésekor. Karcinogén hatás nem alakul ki a zsírok lényeges túlmelegítésekor sem, ugyanis a zsírnak csak akkor alakul ki toxikus tulajdonsága, ha erősen, hosszú időn keresztül atmoszférikus oxigénnel érintkezve melegítjük. Amikor 200 °C-on, 24 óráig melegített tejsírt etettek patkányokkal, semmilyen ártalmas hatást nem figyeltek meg, ami azt mutatja, hogy azok a hőkezelések, amelyek toxikus tulajdonságokat alakítanak ki más zsíroknál, nincsenek hatással a tejsírra. Ez a felfedezés magyarázhatja azt is, hogy a máj- vagy epehólyag-betegségben szenvedők a hőkezelt tejsírt jobban tolerálták, mint más hőkezelt zsírokat.

Ha tejet melegítünk, a hidroxisavak átalakulnak laktonokká, amelyek javítják a tej organoleptikus tulajdonságait. A laktonok minden hőkezelt tejben és tejtermékben jelen vannak, de néha csak nagyon kicsi koncentrációban, és akkor csak kissé hatnak az ízanyagokra. A tejsírból melegítés hatására keletkező karbonilvegyületek (aldehidek és metil-ke-tonok) általában rontják a hőkezelt tej aromáját. Az UHT-kezelt tejek lényegesen több laktont és karbonilvegyületet tartalmaznak, mint a pasztörözött tej, így például a nyers tej metilketon-tartalma 10 nmol/g zsír, a pasztörözött tejé 12, az UHT-kezelt tejé 21 és a szokásos módon sterilizált tejé 104 nmol/g zsír.

A tej pasztörözése nem befolyásolja a tejszír többszörösen telítetlen és esszenciális zsírsavtartalmát, mivel pl. a linolsav stabil magas hőmérsékleten, és a linolsav bomlását csak a tej 180 °C-on egy órán át történő hőkezelése eredményezi. Csak néhány közleményben számolnak be a tej UHT-kezelése és sterilizációja során az esszenciális zsírsavak koncentrációjában bekövetkező kismértékű csökkenésről, viszont a hőkezelt tejtermékek foszfolipidjeinek zsírsavösszetételében változást figyeltek meg. A hőkezelés megváltoztathatja a tej szabadzsírsav-tartalmát is, ezért pl. a szabadzsírsav-tartalom nőtt UHT-kezelt tejben.

21.1.1.4. A hőkezelés hatása a tejfehérjére

A tejfehérjék bizonyos mértékben denaturálódnak a hőkezelés hatására, de ez a táplálkozás szempontjából nem káros. A hőkezelési eljárások változást okoznak a fehérje konfigurációjában, vagyis a fehérje másodlagos és harmadlagos szerkezetében, de a peptidkötéseket nem szakítják fel. A denaturálódás kb. 80 °C-on kezdődik és részben reverzibilis lehet. A tejben lévő kazein viszonylag stabil a hőkezelésre, mivel a prolin megakadályozza az aggregációhoz szükséges hidrogénkötések kialakulását. A hő által okozott koaguláció csak akkor fordul elő, ha a tejet 125 °C-on több mint 60 percig melegítjük. Ilyen kezelést nem alkalmaznak normál tejfeldolgozás során, de a kevésbé intenzív hőkezelések is szétbonthatják a kazeinmolekula peptidláncait. Az UHT-kezelt tejben a kazeinmicellák elektronmikroszkopikus képe azt mutatja, hogy a szerkezetük meglazult és átmérőjük megnőtt. A β -kazein fizikai-kémiai tulajdonságai kevésbé változnak meg a hőkezelés során, mint az α_s -kazeiné.

A savófehérjéket viszont a különböző típusú hőkezeléssel különböző mértékig denaturálják, amelynek mértéke a hőmérséklet és az idő függvénye. A savófehérjének a kazeinhez viszonyított viszonylag nagy hőinstabilitása a foszforhiányának, alacsony prolintartalmának és magas cisztin-, cisztein- és metionintartalmának tulajdonítható. A savófehérje 10–20%-a a pasztörözött tejben denaturálódik, a denaturálódott savófehérje mennyisége az indirekt hőkezelési eljárással készült UHT-tejben 70–80%, a direkt eljárással készült UHT-tejben pedig 40–60%, ami szintén illusztrálja a két különböző UHT-eljárás közötti különbséget. A savófehérje a hagyományosan sterilizált tejben sem denaturálódik teljesen. A globulinok a legkevésbé hőstabil savófehérjék a tejben, ezt követi a szérumalbumin és a β -laktoglobulin, míg az α -laktalbumin a legstabilabb. Különbség van a két β -laktoglobulin variáns hőstabilitása között is. A β -laktoglobulin-A 90–95 °C alatt, míg a β -laktoglobulin-B még magasabb hőmérsékleten is stabil. Az immunglobulinok 74 °C-on 15 másodperc után mutatják a denaturáció első jelét, a szérumalbumin és β -laktoglobulin 84–86 °C-on 15 másodperc után, míg az α -laktalbumin csak legalább 100 °C-on öt percig tartó melegítés után denaturálódik. A különböző típusú tejek ezért különbséget mutatnak a savófehérje-frakció szerkezetében. Az UHT-kezelt és sterilizált tejek nem tartalmaznak

többé denaturálatlan immunglobulinokat, a β -laktoglobulin aránya csökken, míg az α -laktalbumin relatív mennyisége lényegesen megnő. A proteóz-pepton frakció hőellenálló frakciónak tekinthető. A laktoferrin a hő hatására szerkezetében jelentősen változik, de ha vassal telítik, akkor hőellenállása jelentősen megnő.

A denaturáció a fehérjemolekulák aggregációjával jár együtt, ami vagy intermolekuláris diszulfidhidak formájában valósul meg, vagy a savófehérje a kazeinmicellák felületére csapódik ki. Az első lépés az α -laktalbumin és a β -laktoglobulin közötti kölcsönhatás, ezt a savófehérje-kazein komplexek kialakulása követi, amit elsősorban a κ -kazein és a β -laktoglobulin kapcsolódása hoz létre. Az aggregáció foka a hőközlés mértékétől függ, így ez lényegesen nagyobb fokban fordul elő sterilizett tej esetében. Amikor a kazein kicsapódik, a savófehérjék is együtt csapódnak ki vele a komplexben, amelynek során a kicsapódott nitrogén mennyisége 80%-ról több mint 90%-ra nő, a fehérje mennyisége pedig 4% alá csökken a savóban. Nem következnek be jelentős változások a nem-fehérje nitrogéntartalomban.

Amikor a tejet 75 °C-nál magasabb hőmérsékletre melegítjük, a kéntartalmú aminosavak szulfhidrilcsoportjaiból olyan illékony komponensek képződnek, mint a kén-hidrogén, a merkaptánok, a szulfidok, amelyek a tej főtt ízét okozzák. A szabad szulfhidrilcsoportok főként a β -laktoglobulinból származnak. A főtt ízt okozó szabad SH-csoportok száma függ egyrészt a hőkezeléstől, de legalább olyan mértékben függ a denaturációtól is. Az SH-csoportok a legnagyobb értéket 90 °C-on érik el, míg sterilizéskor ennél némileg kisebb mennyiségben keletkeznek. Ennek következtében a kéntartalmú metionin és cisztin mennyisége a sterilizett tejben kissé csökken. Az UHT-tej szabad SH-csoportjainak koncentrációját 0,7 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ -nek mérték.

A sterilizett tejjel ellentétben a pasztörözött tejnek nincs főtt íze. A tej indirekt UHT-kezelése nagyobb mértékben okozza a főtt íz kialakulását, mint a direkt hőkezelés. A szabad SH-csoportok mennyisége oxidáció hatására néhány napon belül csökken, aminek következtében a főtt íz is kevésbé érződik. L-cisztin adagolásával csökkenteni lehet a szabad SH-csoportok mennyiségét, és ezzel a módszerrel a főtt ízt is ki lehet küszöbölni. Egy másik lehetőség az íz javítására a *szulfhidril oxidázzal* való kezelés, amelynek során a szulfhidrilcsoportok oxidálódnak. A tej organoleptikus tulajdonságainak javítására végzett kísérletek azért is nagyon jelentősek, mert a vásárlók a rossz ízből az így készült tej csökkent táplálkozási értékére következtetnek.

A hővel denaturálódott fehérjék könnyebben emészthetők, mert a részben szétrombolt szerkezetet az emésztőenzimek könnyebben meg tudják támadni, mint a natívat. Ezért az UHT-hőkezelésen átesett tej fehérjeemészthetőségét jobbnak találják, mint az eredeti tejét. *Tripszinnel*, *pepszinnel* és *pankreatinnal* végzett kísérletek megerősítették, hogy ezek az enzimek a denaturálódott fehérjét könnyebben meg tudják támadni. Csak a magas hőmérséklet és a hosszú idő (120 °C, 60 perc) csökkentette a *tripszinnel* mért emészthetőséget, ám még ez a

magas hőmérséklet is növelte a fehérje *pepszinnel* mért emészthetőségét. A hőkezelés hatására a fehérje a gyomorban sokkal kisebb részecskék formájában csapódott ki sav hatására, megkönnyítve a *pepszines* emésztést. A hőkezelt tej jobb emészthetőségének másik lehetséges oka az, hogy a hőkezelés inaktiválja a tej saját tripszinhibitorait. Kevesebb emésztési probléma fordul elő csecsemőknél és kisgyermekknél UHT-tej fogyasztása során, mert ez a gyomorban finomabb precipitációt képezve megkönnyíti az emésztést. A tejfehérje emészthetősége csak olyan szélsőségesen magas és hosszú ideig tartó hőkezelés (120 °C, 80 perc) hatására csökken, amely valójában sohasem fordul elő a gyakorlatban.

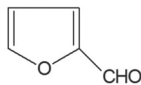
UHT-kezelés hatására a tejfehérjében lejátszódó változások oly csekélyek, hogy nem befolyásolják a patkánykísérletekkel meghatározott, hőkezeletlen tejjel viszonyított biológiai értékét. Az UHT-tej produktív fehérjeértékét, amelyet a patkánytest nitrogéntartalma százalékos növekedéseként definiáltak a fogyasztott takarmány nitrogéntartalmához viszonyítva, a nyers tej esetében 96–97%-nak találták. Amikor a biológiai értéket olyan mikroorganizmusokkal határozták meg, amelyek esszenciális aminosav-szükséglete nagyon hasonlít az emberéhez, a különböző UHT-technológiákkal előállított tejeknél 95–100%-ot kaptak az eredeti nyers tejhez viszonyítva, és a PER, valamint az NPU értékekben sem mutatható ki hátrány az UHT-tej rovására. Kilenc egymást követő patkánygenerációval végzett kísérletben némi előnyt mutattak ki a nyers tejjel etetett patkányoknál a különféle UHT-technológiákkal előállított tejekkel szemben, de egyetlen esetben sem sikerült hisztopatológiai változásokat kimutatni a hosszú ideig tartó kezelése során. Csecsemőkkel és kisgyermekkel végzett kísérletekből kiderült, hogy az UHT-tej tápláléértéke ugyanaz, mint a pasztörözött tejé, fehérjeveszteség csak akkor lépett fel, ha kísérleti célból a rendkívül extrém hőkezelést hosszú időn keresztül alkalmazták.

Alkalikus körülmények között hőkezelve a fehérjét olyan kémiai reakciók játszódhatnak le, amelyek a lizinoalanin (LAL) és a D-aminosavak képződéséhez vezetnek. Amikor patkányok 2000 mg/kg-nál nagyobb koncentrációban fehérjében kötött LAL-t fogyasztottak, vesekárosodás lépett fel vesemegnagyobbodás formájában. A LAL toxikus hatása az egérre lényegesen kisebb, és egyéb állatokra (pl. a majomra) egyáltalán nem tűnik toxikusnak. Ebből azt a következtetést lehet levonni, hogy a LAL nem toxikus az emberek számára, annál kevésbé, mivel a főzés és sütés hatására nem alkalikus közegben is keletkezhet. Az emberiség azóta fogyasztja ételeiben a lizinoalanint, hogy elkezdte a főzést és a sütést. Amikor patkányok tápjába 20%-ban keverték lúggal kezelt szójafehérjét, az állatokban vesemegnagyobbodás alakult ki, míg a lúggal kezelt laktalbumin még magasabb LAL-tartalommal is csak enyhe elváltozást váltott ki. Amikor 8–10% kezeletlen laktalbumint adtak olyan patkánytáphoz, amely 10–12% lúggal kezelt szójafehérjét vagy lúggal kezelt laktalbumint tartalmazott, sem vesemegnagyobbodást, sem egyéb rendellenességet nem lehetett kimutatni, bár a táp 1800–2500 mg/kg LAL-t tartalmazott.

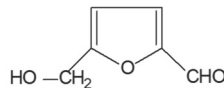
A tej és a tejtermékek, valamint a bébitápszerek vagy nem tartalmaznak LAL-t, vagy annak koncentrációja rendkívül alacsony. Az elvétve talált magasabb érték a feldolgozás folyamán alkalmazott sokkal intenzívebb hőkezelésnek köszönhető. Az olyan kazeinátok és precipitátumok, amelyeket lúgos kezeléssel állítottak elő, viszonylag nagy koncentrációban tartalmazzák a LAL-t, de a LAL koncentrációja csökkenthető, ha betartják a technológiai utasításokat, elsősorban a hőmérsékletet és a pH-t. Bár a lizinoalanin önmagában nem toxikus az emberek számára, keletkezése mégis kárt okoz, mert kialakulása során leköti a lizin ϵ -amino csoportját, ezért a nagy koncentrációban előforduló LAL lizinhiányhoz vezethet. A LAL kialakulásának kedvező körülmények között szerin- és cisztinveszteséget, valamint a fehérje csökkent emészthetőségét tapasztalták. A lizinoalanin-koncentráció mérése ezért jó indikátora a csökkent fehérjeértéknek.

21.1.1.5. Maillard-reakció a tej hőkezelése során

Magas hőmérsékleten vagy hosszú ideig tartó raktározás alatt az aldehidek, ketonok és a redukáló cukrok reagálnak az aminosavakkal, az aminosavakkal, a peptidokkal és a fehérjékkel. Ez a Maillard-reakció. A tejfehérjék közül a β -laktoglobulin az, amely leginkább részt vesz a laktózzal karöltve ebben a reakcióban, de a kazeinnel is létrejöhet ez a reakció. A Maillard-reakció termékei barna színű vegyületek, amelyek csak a sterilizett tejben vagy a sűrített tejporban okozhatnak színváltozást, másfajta tejekben csekély a jelentőségük. A leggyakrabban detektált reakciótermék a hidroximetil-furfural (HMF), amelynek koncentrációja a hőkezelés mértékével nő. A HMF a nyers tejben nem fordul elő, és mennyisége a pasztörözött tejben is csak $1 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$. Koncentrációja az indirekt hőkezeléssel előállított UHT-tejben kissé nagyobb ($6\text{--}18 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$), míg a direkt hőkezeléssel készült tejben kissé alacsonyabb ($2\text{--}12 \mu\text{mol}/\text{dm}^3$). A sterilizett tej HMF-tartalma még ennél is nagyobb. A fentiek miatt a tej HMF-tartalmát ugyan a tej hőkezelt-ségi állapotának becslésére lehet felhasználni, ennek ellenére csak igen gyenge kapcsolat van a HMF-tartalom és az UHT-tej hasznosítható lizintartalma között, ezért a HMF-tartalomtól nem lehet messzemenő következtetéseket levonni a tejfehérje károsodásáról. A Maillard-reakció csak igen kis mértékben fordul elő folyékony tejtermékekben, mert a víz inhibálja a Maillard-reakciót.



furfural



hidroximetil-furfural

A Maillard-reakció sok terméke étvágykeltő aromaanyagként funkcionál, ezért jelenlétük kívánatos a különböző ételféleségekben, de a túl magas hőmérsékleten történő hőkezelés rossz illatú illékony anyagok képződésével járhat, amelyek képződése kerülendő. A sterilizett tej karamellizű, amely íz kialakítá-

sához, valamint az organoleptikus tulajdonságokhoz hozzájárulnak a furfurool, az aldehidek, a kis molekulatömegű kéntartalmú vegyületek és a heterociklusos komponensek is.

A Maillard-reakcióban az aldehidek főként aminosavakkal, azok közül is a lizin ϵ -amino-csoportjával kapcsolódnak, ezért a lizin különösen érzékenynek tekinthető erre a reakcióra. A reakció termékei (fruktóz-lizin, laktulóz-lizin, furozin és piridazin) az emésztő enzimeknek ellenállnak, ezért csökken a tej hasznosítható lizintartalma az ilyen reakció során. A normál hőkezelés azonban csak igen csekély veszteséget okoz a lizintartalomban, és még az UHT-kezelés hatása sem számottevő ebben a tekintetben. A lizinvesztés a pasztörözött tejben 1–2%, az UHT tejben 1–4% (csekély különbség van a direkt és az indirekt eljárás között), a forralt tejben kb. 5%, a sterilizált tejben 6–10%, a sűrített tejben pedig kb. 20%. Mivel a tej eredeti lizintartalma igen magas, az UHT-tejekben a csekély veszteség gyakorlati szempontból elhanyagolható. Csak a magas hőmérsékleten hosszú ideig tartó hőkezelés okoz számottevő veszteséget a hasznosítható lizintartalomban. Főként a savófehérjék károsodnak, míg a kazein károsodása e tekintetben rendkívül csekély. Az esszenciális aminosavakhoz tartozó metionin, treonin és triptofán ellenállnak a hőnek, így a különböző hőkezelések során alig károsodnak, viszont a sterilizált tejben csekély leucin-, izoleucin-, valin-, cisz-tin- és hisztidinvesztést figyeltek meg.

A Maillard-reakció termékeinek táplálkozási értékét tekintve megállapították, hogy az oldódó reakciótermékek, az ún. premelanoidok, csökkentik a fehérje hasznosulását és emészthetőségét, míg az oldhatatlan melanoidoknak nincs fiziológiai hatása. A HMF alig tekinthető károsnak az egészségre, mert LD_{50} értéke 1 g testtömeg-kilogrammonként, és 250 mg-ot etetve belőle testtömeg-kilogrammonként hosszú időn keresztül semmiféle káros hatást nem fejtett ki. A fruktóz-L-triptofán, a Maillard-reakció egyik első terméke, felszívódik, és feltételezik róla, hogy a bélbaktériumok lebontják. Tengerimalacnál a fruktóz-lizin keresztülment a placentán, de mivel az emberiség jelentős mennyiségben fogyasztja ezeket a termékeket, amióta a tüzet használja ételek előállítására, levonhatjuk azt a következtetést, hogy a Maillard-reakció termékei ártalmatlanok a magzat vagy az újszülött számára. Ezen termékek mennyisége a normál ételkészítési eljárások során olyan csekély, hogy nem tekinthetők az egészségre károsnak. Míg a hőkezelt termékek ízletesek, addig nagy biztonsággal nem tartalmaznak egészségre ártalmas terméket. Ellentétes hatás csak akkor várható, ha a hőkezelés túlzott. Mikor a patkányokat hőkárosodott kazeint tartalmazó táppal etették, amelynek ϵ -fruktóz-lizin-koncentrációja nagy volt, a testtömeg-gyarapodás kisebbnek bizonyult, mint a kontrollállatoknál. A különbséget a hőkezelt fehérje alacsonyabb lizintartalmának tulajdonították.

21.1.1.6. A hőkezelés hatása az ásványi anyagokra

Hőkezelés hatására az oldható kalcium- és foszfortartalom csökken, amelynek mértéke függ a hőkezelés intenzitásától. Az oldható kalciumtartalom pl. az UHT-kezelés hatására 40–50%-kal csökkent. A tej ionos fluortartalma szintén csökken a hőkezelés során. A fémek hőkezelés hatására nem csapódnak ki a tejből sók formájában, ami a tej és a tejfehérjék, elsősorban a savófehérjék védő hatásának köszönhető. A tej összes kalcium- és foszfortartalma gyakorlatilag változatlan marad a különböző hőkezelések során. Az elemek oldható mennyiségének csökkenése nem vezet a tej tápláléértékének csökkenéséhez, mert patkánykísérletekben kimutatták, hogy a kalcium hasznosulása az UHT-tejben a sterilizált tejben és a nyers tejben azonos volt. Egy csecsemőkkel végzett kísérletben a kalcium és a kálium retenciója UHT-tejből nagyobb volt, mint a pasztőrözöttből, míg a foszfor retencióját illetően nem tudtak különbséget tenni a kétféle tej között.

21.1.1.7. A hőkezelés hatása a vitamintartalomra

A zsíroidható vitaminok közül az A-, D- és E-, a B-vitaminok közül pedig a riboflavin, a pantoténsav, a biotin és a nikotinsav viszonylag ellenáll a hőnek és általában nem szenved veszteséget a hőkezelés során. Csak a hosszú hőkezelési és a sterilizációs eljárás alatt figyeltek meg csökkenést az A-, E- és B₂-vitamin-tartalomban, amelynek okaként az A- és E-vitamin esetében az oxigén jelenlétét, azaz az oxidációs folyamatokat jelölték meg.

A vitaminok másik csoportja, a tiamin, a piridoxin, a kobalamin, a folsav és az aszkorbinsav viszont érzékenyebb, ezért az intenzívebb hőkezelés jelentős károkat okozhat e vitaminoknál. A 21.1. táblázat a különböző hőkezelési eljárások során tapasztalt vitaminveszteségeket mutatja.

21.1. táblázat. A különböző hőkezelések hatása a tej vitamintartalmának alakulására

Eljárás	Veszteség (%)				
	Tiamin	Piridoxin	Kobalamin	Folsav	Aszkorbinsav
Pasztőrözés	<10	0–8	<10	<10	10–25
UHT-kezelés	0–20	< 10	5–20	5–20	5–30
Forralás	10–20	10	20	15	15–30
Sterilizés	20–50	20–50	20–100	30–50	30–100

Ezekből az eredményekből az a következtetés vonható le, hogy pasztőrözés hatására a vitaminveszteség olyan csekély, hogy az gyakorlatilag nem csökkenti a tej táplálkozási értékét. Hasonlókat lehet elmondani az UHT-kezelésről is, ahol a vitaminveszteség 10–20%; az indirekt UHT-kezelésnél a vitaminveszteség némileg nagyobb, mint a direktnél. Az UHT-eljárás körülményeit lehet azonban úgy is

módosítani, hogy a különböző spórák elpusztuljanak anélkül, hogy a tiaminvesztés pl. 3%-nál nagyobb lenne. A pasztörözés vagy UHT-kezelés hatására bekövetkező vitamintartalom-csökkenés azonban jelentősen kisebb annál, mint ami az otthoni ételkészítési eljárások során a háztartásban előfordul. A sterilizált tej vitamintartalmának elbomlása azonban már sokkal komolyabb probléma. A sterilizálás hatására bekövetkező veszteségeket elemezve megállapítható, hogy a modern sterilizációs módszerek jobban megóvják a hőre érzékeny vitaminokat, mint a régebbiek, amelyeknél a B₁₂- és C-vitamin csaknem teljesen, a B₁-, B₆-vitamin és a folsavtartalom pedig kb. 50%-ban elbomlott. Hasonló veszteségek fordulnak elő abban a sűrített tejben is, ahol sterilizálást alkalmaznak, míg a cukrozott sűrített tejben a vitaminvesztés csak 10–30%.

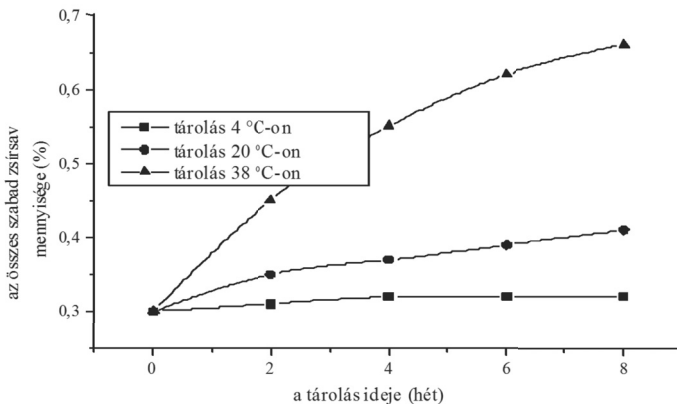
Az aszkorbinsav-vesztés elsősorban az oxidáció és csak másodsorban a hőkezelés következménye. A pasztörözés során, oxigén hiányában, alig fordul elő C-vitamin-vesztés. A C-vitamin két formája, az aszkorbinsav és a dehidroaszkorbinsav, különböző módon reagál a hőkezelésre; az aszkorbinsav csak jelentősebb hőkezelés során bomlik le, a dehidroaszkorbinsav viszont gyorsan elbomlik rögtön azután, hogy oxidációval kialakul az aszkorbinsavból. Ezen utóbbi reakció során a dehidroaszkorbinsav a laktongyűrű felbomlásával átalakul biológiailag inaktív diketogulonsavvá. Hőkezelés hatására a dehidroaszkorbinsav-vesztés lényegesen nagyobb, mint magáé az aszkorbinsavé. Pasztörözött tejben koncentrációja a felére csökken, míg indirekt hőkezeléssel készült UHT-tejből ki sem mutatható. A C-vitamin-, tiamin-, kobalamin- és folsavvesztés az indirekt eljárással készült UHT-tejekben gáztalanítással, azaz az oxigén mennyiségének redukálásával csökkenthető. A közvetlen hőkezeléssel készült UHT-tej oxigéntartalma 0,2–0,6 mg/kg, míg a közvetett hőkezelésnél 7 mg/kg körül van. Az oxigén mennyiségének gáztalanítással 1 mg/kg alá csökkentése jelentősen visszaszorítja a vitaminok elbomlását.

21.1.1.8. A hőkezelés hatása az enzimekre és a szerves savakra

Az enzimek a különböző mértékű hőkezelés során eltérő mértékben inaktíválódnak. Mivel az *alkalikus foszfatáz* a gyors, a *peroxidáz* pedig a pillanatpasztörözés során inaktíválódik, ezért ezen enzimek aktivitásának hiánya a tej megfelelő pasztörözöttségére utal. Ugyanezzel a teszttel ki lehet mutatni, hogy a sajt nyers vagy pasztörözött tejből készült-e. A *proteinázok* aktivitása a pasztörözött tejben nagyobb, mint a nyers tejben. Azt is kimutatták, hogy a pillanatpasztörözött tejet a *proteinázok* gyorsabban megemésztik, mint a nyers tejet, amiből azt a következtetést lehet levonni, hogy a hőkezelés inaktíválja a tej hőérzékeny *proteináz* inhibitorait. A *xantin oxidáz* 85 °C-on inaktíválódik. A *savas foszfatáz* nem inaktíválódik a pasztörözés folyamán, de elveszíti aktivitását a sterilizálás, illetve UHT-kezelés során. A β -*glükuronidáz* és a *ribonukleidáz* kis mennyiségben az UHT-tejeből is kimutatható.

Lehetséges, hogy a tejfehérjék megóvják a *kataláz* és *foszfatáz* enzimeket a hő okozta inaktíválódástól. A hőkezelés után a lehűtött tejben néhány enzim ismét visszanyeri aktivitását. Ilyen reakciót figyeltek meg az *alkalikus foszfatáz*, a *peroxidáz* és a *xantin oxidáz* enzimek esetében, de a *lipázok* soha sem nyerik vissza aktivitásukat a hőkezelés után. Az *alkalikus foszfatáz* még az UHT-kezelés után is visszanyerheti aktivitását.

Pszihrotrof *Pseudomonas* baktériumok a nyers tejben hőnek ellenálló *lipázokat* termelnek, amelyek csak részben inaktíválódnak az UHT-hőkezelés során. Ezen enzimek 90%-ának inaktíválásához 150 °C hőmérséklet és 30 másodpercnél hosszabb idő szükséges. Az inaktíváláshoz szükséges magas hőmérséklet természetesen jelentős károkat okozhat a termék minőségében. A maradék *lipáz* enzim az UHT-tejben lipolitikus változásokat okoz, amely függ a tárolás hőmérsékletétől. Ennek során megnő a szabad zsírsavak mennyisége a tejben, magasabb lesz a tej savassága, és avas lesz az íze (21.3. ábra).



21.3. ábra. A tárolási hőmérséklet hatása az UHT-tej szabad zsírsavainak mennyiségére

Hasonló módon a *proteáz* enzimek hőkezelés után is aktív része a felelős a proteolitikus reakciókért, ami megnöveli a tej NPN-tartalmát, a fehérje koagulációjához, gélesedéshez vezet, és keserű ízt kölcsönöz a tejnek. A *proteinázaktivitás* ugyancsak hozzájárul a hőkezelés során keletkezett kazein-savófehérje komplexek szétbontásához. Ezeket a *proteinázokat* inaktíválni lehet az UHT-kezelést megelőzően egy órán keresztül 55 °C-on történő előmelegítéssel, míg *lipázokat* 98%-ban lehet inaktíválni 74 °C-on 10 másodpercig tartó hőkezeléssel. A sterilizált tej enzimaktivitása minimális.

A pasztörözés és az UHT-hőkezelés csak csekély hatással van a tej orotsav- és nukleotid-tartalmára, a sterilizálás és a porlasztva szárítás viszont jelentős mértékben csökkenti a citidin-monofoszfát (CMP), az adenzin-monofoszfát (AMP) és az orotsav koncentrációját. A szokásos hőkezelési módszerek nem teszik tönkre

a neuraminsavat. Az UHT-tejekben néha talált magas neuraminsav-koncentráció valószínűleg a tej azon *proteináza*inak köszönhető, amelyek a κ -kazein gliko-makropeptidjeit hasítják szabad neuraminsav keletkezése közben.

21.1.2. A tej homogénezése

A homogénezés az a folyamat, amikor csökkentik a zsírgolyócskák méretét azért, hogy megakadályozzák a felfölöződést a hosszabb ideig eltartható tejekben. Homogénezés hatására a zsírgolyócskák mérete 3–6 μm -ról 1 μm alá csökken, aminek következtében a felület olyan rendkívüli mértékben megnő, hogy a foszfolipidek mennyisége nem elegendő a zsírgolyócskák felületének beburkolására, ezért a tej felületaktív fehérjei abszorbeálódnak, a zsírgolyócskák felületén zsír-fehérje komplexet létrehozva. A homogénezés után a fehérjemicellák mérete is kisebb.

A tej fizikai tulajdonságaiban bekövetkezett változások különböző emésztési előnyökkel járnak. A zsírabSORPCIÓ a kisebb zsírgolyócskák miatt könnyebb; ezért olyan emberek, akik gyomor-, bélpanaszokban szenvednek, a homogénezett tej zsírtartalmát könnyebben meg tudják emészteni. Egy patkánykísérletben a homogénezett tej nagyobb zsírabSORPCIÓT, jobb fehérjeértékesülést és nagyobb testtömeg-gyarapodást eredményezett a homogénezetlen tejhez viszonyítva. A homogénezett tej íze a zsírgolyócskák nagyobb felülete miatt testesebb, és a homogénezett tej fehér színe is intenzívebb. Az előzőekben felsorolt előnyök miatt a fogyasztásra szánt folyadéktejeket szinte teljes mennyiségben homogénezik, és ma már nem homogénezett tej alig van kereskedelmi forgalomban.

A közönségesen használt homogénezési módszerek nincsenek hatással a tej enzimaktivitására. A homogénezett tejekben néha megfigyelt nagyobb fokú lipolízis a zsírgolyócskák nagyobb felületének köszönhető, mert nagyobb támadási felületet adnak a *lipáz*oknak. Ez csak rendkívül kis számban okoz problémát, mivel a homogénezett tej *lipázai* inaktiválódnak a pasztörözés folyamán. A homogénezési eljárás meggátolja az oxidált íz kialakulását, érzékenyebbé teszi viszont a tejet a „fényíz” kialakulására. Mivel a homogénezett tejben a zsírgolyócskák mérete hasonló az anyatejéhez, az ilyen tejből készült bébitápszerekben a zsír gyorsabban emésztődik. A fehérjeemésztés szintén gyorsabb, mivel sav hatására finomabb diszperzió, koagulátum keletkezik. Csecsemőkkel és iskoláskorúakkal végzett kísérletek során bebizonyították, hogy a homogénezett tej emésztéséhez kevesebb gyomornedv szükséges, mint a nem homogénezett tej esetében. A gyomorban való tartózkodás a homogénezett tej esetén ugyanolyan hosszú volt, mint az anyatejnél.

Néhány évvel ezelőtt az az elképzelés ütötte fel a fejét, hogy a homogénezett tej fogyasztása egy újabb rizikófaktor az arterioszklerózis és a szívkoszorúér-megbetegedés területén. A hipotézis szerint a homogénezett tej kisebb zsírgolyócskái sokkal könnyebben áthatolnak a vékonybél falán, magukkal szállítva a *xantin oxidáz* enzimeket, amelyek a zsírgolyócska membránjában helyezkednek el. Ezt az enzimet a vér elviszi az artériák falába és a szívizomba, ahol hisztokémiai

változásokat okozva hozzájárulnak az említett betegségek kialakulásához. Ezt az állítást azonban a gyakorlatban nem sikerült bebizonyítani, sőt annak valóságtartalmát a következők cáfolják:

– Mivel a homogénezett tej szintén hőkezelt, a *xantin oxidáz* részben vagy teljesen inaktiválódik. Pasztőrözött tejben ugyan aktivitásának 20–40%-át még megőrzi, de 80 °C fölé melegítve teljesen és irreverzibilisen inaktiválódik, így az UHT-tejben ez az enzim aktív formában egyáltalán nem fordul elő.

– A *xantin oxidáz* teljes mértékben inaktiválódik a gyomron való áthaladás során, ezért a bélrendszerbe aktív enzim sohasem kerülhet. Patkányokkal végzett kísérletekben megállapították, hogy a gyomorban az enzim rendkívül gyorsan inaktiválódik. Ezenkívül figyelembe kell venni azt, hogy az enzimek fehérjék, ezért az emésztőenzimek hatására lebomlanak. A *xantin oxidáz* lehasítódik a zsírgolyócska membránjáról, ezért nem tekinthető az enzim szállítójának.

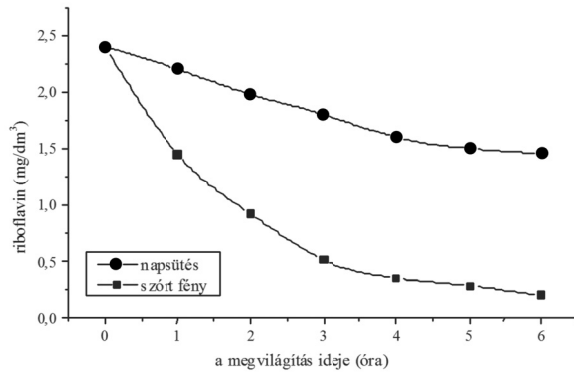
– Állatkísérletekben bebizonyították, hogy a fehérjemolekulák képesek keresztülhatolni a vékonybél falán, de csak akkor, ha molekulatömegük 80 ezernél kevesebb. Mivel a *xantin oxidáz* molekulatömege 300 ezer körül van, ezért ez nem képes keresztülhatolni a vékonybél sejtfalán. Egy patkánykísérletben, ahol az állatokat hosszú időn keresztül homogénezett tehéntejjel etették, nem tapasztaltak növekedést a vér *xantinoxidáz-aktivitásában*. Az embereknél sem volt összefüggés a napi átlagos tejfogyasztás és a vér enzimaktivitása között, sőt a tejet nem fogyasztó emberek között is hasonló enzimaktivitást mértek.

– A *xantin oxidázt* nem lehetett limfocitákból kimutatni, amiből az következik, hogy az enzim nem tud behatolni a limfociták belsejébe. A *xantin oxidázt*, mivel metabolikus funkciói vannak, az emberi test maga is szintetizálja, ami magyarázza jelenlétét a test különböző szöveteiben. Hosszú ideig tartó intravénás *xantinoxidáz-adagolás* következtében nem csökkent a plazmalogén az aortában vagy a szívben, és nem okozott elváltozásokat az artériákban. Mindezek miatt a homogénezett tej *xantinoxidáz-tartalma* a legkevésbé sem veszélyezteti az ember egészségét, így a vázolt hipotézis teljesen alaptalannak, légből kapottnak bizonyult.

21.1.3. A tárolás során bekövetkező változások

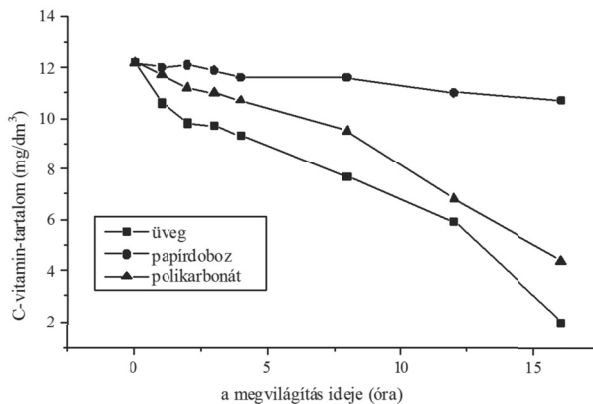
A fogyasztási tej táplálkozási értékét elsősorban a fény és az oxigén változtathatja meg a tárolás során. Néhány vitamin erősen érzékeny mindkét behatással szemben. A riboflavin és az aszkorbinsav rendkívül érzékeny a fényre, különösen a rövidebb hullámhosszúakra. A B₆- és a B₁₂-vitamin, a folsav, az A- és a K-vitamin kevésbé, míg a B₁- és E-vitamin, a nikotinsav, a biotin, a kolin, az inozitol és a D-vitamin egyáltalán nem érzékeny a fényre. Az oxidációra rendkívül érzékeny a folsav, a B₁₂-, a C-, E-, A- és D-vitamin, a kolin, míg a B₁-, B₆- és a D-vitamin csak kevésbé érzékeny az oxigénre, a B₂-vitamin, a nikotinsav, a pantoténsav, a biotin, az inozitol és a K-vitamin pedig egyáltalán nem érzékeny rá. A fentiek azt mutatják, hogy a fény és az oxigén kombinációja néhány vitamin elbomlásához

vezet, ezért a rossz tárolási körülmények több vitaminvesztést okozhatnak, mint az előállítás.



21.4. ábra. A megvilágítás hatása a tej riboflavintartalmára

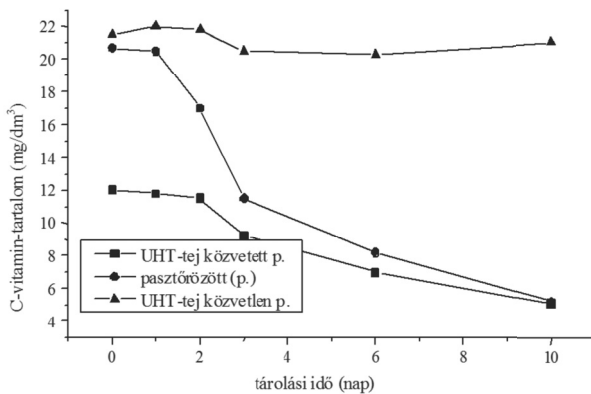
A riboflavin rendkívül nagy érzékenysége a fényre egyértelmű, hisz a közvetlen napsugárzásnak kitett tejben a vitamin 90%-a néhány óra alatt elbomlik (21.4. ábra). A két C-vitaminvariáns közül az aszkorbinsav érzékenyebb a fényre és dehidroaszkorbinsavvá oxidálódik, amely csak hosszú ideig tartó fényhatás során alakul tovább diketogulonsavvá. A lebomlás főleg az 500 nm alatti rövidebb hullámhosszak hatására megy végbe. A vitaminok 70%-a is elbomolhat közvetlen napsütés mellett egy óra alatt. Egy kísérletben 200 lux esetén hat óra alatt a C-vitamin 12%-a, 2000 lux hatására 87%-a, 4000 lux hatására három óra alatt pedig a C-vitamin teljes mennyisége elbomlott. Egy órás napsütés után a B₆- és B₁₂-vitamin, valamint a folsav 20–30%-a elbomlott. A pasztörözött tej E-vitamin-tartalmának 43%-a elbomlott négy napos világosban történő tárolás során.



21.5. ábra. Különböző csomagolású tejek C-vitamin-tartalmának változása a megvilágítási idő függvényében

A tej csomagolóanyagainak ezért megfelelő védeltséget kellene biztosítani a fényvel szemben. Ez a feltétel teljesül, ha a csomagolóanyag karton, belső oldalán alumíniumfóliával, de az átlátszó üveg vagy műanyag zacskók gyakorlatilag semmiféle védelmet nem nyújtanak a fényvel szemben, a színes csomagolóanyagokat viszont a fény kevésbé tudja átjárni. Számos kísérletben, ahol különböző csomagolóanyagokat tettek ki fényhatásnak, bebizonyosodott, hogy a nem megfelelő fényvédő képesség miatt a B₂- és a C-vitamin jelentős része elbomlott (21.5. ábra).

A hosszú ideig fényvel történő megvilágítás jelentősen befolyásolja a tej B₆- és A-vitamin-tartalmát. Az eljárás folyamán a riboflavin lumikrómmá és lumiflavinné alakult át, amelyek katalizálják az aszkorbinsav elbomlását, és koncentrációjának igen gyors csökkenését okozzák. Ha a tejet üveg vagy polikarbonát palackokban tárolják, a vitamintartalom már az első órákban is jelentősen csökken, és 16 órás tárolás után a tej C-vitamin-tartalma gyakorlatilag nullának tekinthető. Egy belső alumíniumréteggel ellátott kartondobozban való tárolás viszont megfelelő védelmet biztosít a fény ellen. Az ilyen csomagolóanyagok megvédik az UHT-tej vitamintartalmát, és hosszú szavatossági időt tesznek lehetővé. A fény a tejszír oxidációját is indukálhatja, de a fluoreszcens fény nincs hatással a fehérje aminosav-összetételére. A napfénybesugárzás jelentős ízromlást okoz a tejben „fényíz” formájában. A metionin fény hatására átalakulhat metionallá, később metil-merkaptánná, ami hozzájárulhat a tej rossz ízéhez. Különböző aldehidek (propanal, hexanal és heptanal) is hozzájárulhatnak a kellemetlen íz kialakulásához, amely komponensek kialakulásában a riboflavinnak jelentős szerepe van. A B₂-vitamin fény indukálta elbomlása a kereskedőházak tárolóiban alkalmazott megvilágítás hatására 2–4 óra alatt bekövetkezik.



21.6. ábra. A pasztörözött és a különböző UHT-tejek C-vitamin-tartalmának alakulása a tárolás során

Az előzőek egyértelműen bizonyítják a fénynek ellenálló csomagolás rendkívüli jelentőségét a tej organoleptikus tulajdonságai megőrzése érdekében. A

pasztőrözött tej aszkorbinsav-tartalma csökken a hűtőszekrényben való tárolás során is az oxigén jelenléte miatt. Az indirekt eljárással készült UHT-tej kb. 8 mg/kg oldott oxigént tartalmaz, aminek hatására aszkorbinsav-tartalma kéthetes tárolás alatt jelentős mértékben csökken. Ezzel szemben a direkt eljárással készült UHT-tej aszkorbinsav-tartalma az oxigén szinte teljes hiánya miatt gyakorlatilag változatlan (21.6. ábra). A folsav is teljesen inaktiválódik oxigénben gazdag tejben, míg oxigén hiányában eredeti koncentrációja a hosszú tárolási idő alatt is megmarad. Némileg nagyobb a veszteség a B₁₂-vitaminnál oxigén jelenlétében, mint hiányában. A fentiek miatt az UHT-tejeből az oxigént el kell távolítani. Az indirekt hűtésnél ez egy gáztalanító lépés közbeiktatásával megvalósítható. Ezt követően természetesen meg kell akadályozni az oxigén ismételt felvételét, ami az oxigén számára átjárhatatlan csomagolóanyaggal, illetve a tej csomagolás előtti tárolásának kiiktatásával érhető el.

Az UHT-tej tárolása során a fehérje minősége nem változik jelentősen. A pszeudomonasz baktériumok *proteázainak* maradék aktivitása esetenként az NPN-tartalom megnövekedéséhez vezethet. A Maillard-reakció csak igen csekély mértékben megy végbe, ezért nem okozza a fehérje értékének csökkenését. Az UHT-tejet tekintjük ezért a legalkalmasabbnak a trópusokon és a fejlődő országokban való felhasználásra; csak extrém tárolási körülmények között (37 °C, 12 hónap vagy ennél több) fordul elő csökkenés a fehérje emészthetőségében. Az UHT-tej szobahőmérsékleten való tárolása 10–30%-kal csökkenti néhány vitamint (B₁, B₆, nikotinsav, pantoténsav) mennyiségét. A zsírsavösszetételben, illetve a trigliceridek mennyiségében bekövetkező változások még a hosszú tárolás után is csekélyek.

Az UHT-tej organoleptikus tulajdonságai is megváltoznak a tárolás folyamán, ami elsősorban a szabad szulfhidrilcsoportok csökkenésének köszönhető. A lipolízis következtében megnő a szabad zsírsavak mennyisége, ami szintén hozzájárul az organoleptikus tulajdonságok megváltozásához. A tárolási hőmérséklet függvényében megnő a metil-keetonok koncentrációja, az oxigén jelenléte pedig növeli az aldehidek mennyiségét, amelyek elsődlegesen felelősek a rossz íz kialakulásáért. Mivel a Maillard-reakció szobahőmérsékleten csak rendkívül lassan megy végbe, a tej HMF-tartalma csak kismértékben változik, sőt folyékony bébitápszerekben a HMF-tartalom hathónapos tárolás során csökken. A hőnek ellenálló *lipázok* és *proteázok* azok, amelyek felelősek az UHT-tej organoleptikus tulajdonságainak megváltozásáért. A Maillard-reakciónak és a zsírok oxidációjának csak igen csekély hatása van ezen a területen, mivel ezek a reakciók hőmérsékletfüggőek. A tej 8 °C-on való tárolásával a rossz íz kialakulása megelőzhető.

A műanyag csomagolásból nem számottevő azon anyagok kioldódása, amelyek a későbbiek folyamán befolyásolják a tej minőségét. A poli(vinil-klorid) önmagában nem toxikus, de a monomerjét, a vinil-kloridot rákkeltőnek tartják, emiatt szigorúan megszüntetik azokat a határokat, amiket a csomagolóanyagból származó kis molekulatömegű anyagok koncentrációja elérhet a tejben. A poli(vinil-

kloridot) ritkán használják a tej csomagolására, a polisztirol, illetve a polietilén csomagolás sokkal elterjedtebb. A polietilén nem toxikus, de esetenként ízhibát okozhat a tejben.

21.1.4. Kémiai tartósítószer

A mérsékelt égöv alatti országokban a tej kémiai tartósítása hidrogén-peroxiddal tilos, de néhány trópusi, szubtrópusi országban alkalmazható a nyers tej hosszú távolságra történő szállítása során, amikor a környező hőmérséklet túlzottan magas. 0,5–0,8% hidrogén-peroxid még 30 °C-on is tartósítja a tejet. A hidrogén-peroxid nem marad változatlanul a tejben, hisz a *kataláz* enzim tökéletesen elbontja. A baktericid hatása a hidrogén-peroxidból felszabaduló naszcenz oxigénnek köszönhető, amely nemcsak az *E. coli* növekedését gátolja, hanem a baktériumspórákat is elpusztítja. Hatására majdnem minden anaerob mikroorganizmus inaktíválódik, de néhány patogén szervezet túlélheti ezt a kezelést, ezért a pasztőrözés továbbra is szükséges.

Az úgynevezett peroxid-katalázos eljárást néhány országban engedélyezik a sajtgyártáshoz használt tejek esetében. Az eljárással egyebek közt a sajtok vajsavas puffadását lehet kiküszöbölni. A hidrogén-peroxid a tejhez adott *kataláz* enzim hatására 30–40 perc alatt tökéletesen elbomlik. Az aszeptikus csomagolású UHT-tejknél a hidrogén-peroxidot gyakran alkalmazzák a csomagolóanyag töltés előtti sterilizálására. Ezt követően a hidrogén-peroxid forró levegő hatására elbomlik, ezért az UHT-tej gyakorlatilag nem tartalmaz hidrogén-peroxidot. Patkánykísérletekben kimutatták, hogy a hidrogén-peroxiddal kezelt tej táplálkozási értéke alig változik. A tejfehérje struktúrájában, főleg a savófehérjében, ugyan némi változás megfigyelhető, a kazein azonban jobban ellenáll a hidrogén-peroxid denaturáló hatásának. A kéntartalmú aminosavak, a metionin és a cisztin részlegesen oxidálódik a hidrogén-peroxiddal, de a metionin oxidációjából keletkező metionin-szulfoxid ugyanolyan jól hasznosul a szervezetben, mint az eredeti metionin. A vitaminvesztés ugyancsak csekély; a tiamin, a piridoxin, a nikotinsav és az aszkorbinsav részben oxidálódik a hidrogén-peroxiddal, de az egyéb vitaminok gyakorlatilag változatlanok maradnak. A hidrogén-peroxid csekély mértékben befolyásolja a *peroxidáz*, a *xantin oxidáz* és az *alkalikus*, valamint a *savas foszfatáz* enzim aktivitását.

21.2. Színtenyészetekkel előállított savanyú tejtermékek és a vaj

21.2.1. Színtenyészetekkel előállított savanyú tejtermékek

21.2.1.1. Összetétel

A különböző típusú tejtermékek előállítása során eltérő színtenyészeteket használnak. A tejsavtermelő *Streptococcus*okat, mint pl. a *Streptococcus (S.) lactist*, a *S. cremorist* és a *S. diacetylactist*, a fermentációval előállított tejtermékek előállítására, a *Lactobacillus (L.) bulgaricust* és a *S. thermophilust* a rendkívül közkedvelt joghurt előállítására használják. (A tejsavbaktériumok nevezéktana a legújabb kutatások eredményeként megváltozott, de az új nevezéktan a tudományos szakirodalomban még nem terjedt el.) A kefir készítésére a tejsavat előállító *Streptococcus*okat és a *Lactobacillus*okat, valamint a szén-dioxidot és kevés alkoholt produkáló laktózfermentáló élesztőket használják.

21.2. táblázat. A joghurt és a vaj átlagos összetétele

Komponens	Mértékegység	1 kg	
		joghurt	vaj
		<i>összetétele</i>	
Fehérje	g	33	7
Szénhidrát	g	40	7
Ásványi anyagok	g	8	1,2
Ca	g	1,2	0,16
P	g	0,9	0,2
Na	g	0,45	0,06
K	g	1,6	0,2
Mg	g	0,14	0,22
Zn	mg	4	2
Mn	mg	–	0,4
Fe	mg	1,0	0,9
Cu	mg	–	0,15
F	mg	–	1,3
I	mg	0,85	0,08
Cr	mg	–	0,15
Se	µg	5	3
Vitaminok			
A-vitamin	mg	0,30	6,8
Karotin	mg	0,15	5,8
Tiamin	mg	0,40	0,06
Riboflavin	mg	2,0	0,19
Piridoxin	mg	0,5	0,04

21.2. Színtenyészetekkel előállított savanyú tejtermékek és a vaj ■ 365

Komponens	Mértékegység	1 kg	
		joghurt	vaj
		<i>összetétele</i>	
Nikotinsav	mg	1,4	0,5
Kobalamin	µg	3	–
Folsav	mg	0,1	–
Pantoténsav	mg	3,8	2,3
Biotin	µg	3	–
Aszkorbinsav	mg	10	–
D-vitamin	µg	–	10
Tokoferol	mg	1,8	28
K-vitamin	mg	–	0,6
Tejsav	g	8	–

Míg a hagyományosan készített kefirekben az alkohol koncentrációja 0,2–1,0% közötti, addig a mai kereskedelmi forgalomban kapható kefir alkoholtartalma csak 0,02 és 0,05% között van. Színtenyészeteket használnak pl. a kumisz előállítására kancatejből, amelynek során a *Lactobacillus* fajok és a *Sacharomices* élesztőfajok legalább 1%-os alkoholtartalmú tejsavas italt produkálnak. A kumisz átlagos összetétele: 1,9% zsír, 2,2% fehérje, 2,2% laktóz, valamint változó koncentrációban alkohol, tejsav és egyéb ízanyagok.

A színtenyészetel készült tejtermékek összetételét legnagyobb mértékben a kiindulási tej összetétele határozza meg; ennek komponensei alig változnak pl. a joghurt-előállítás folyamán (21.2. táblázat). A joghurt zsírtartalma attól függ, hogy zsírtalanított, részben zsírtalanított vagy teljes tejből készült. A laktóztartalom csökken a joghurtkészítés során, hisz az részben átalakul tejsavvá. A laktóz hidrolízis termékeiből, a galaktózból és a glükózból, a joghurt eltérő mennyiségeket tartalmaz: a galaktóztartalom 1% körüli, míg a glükóztartalom egészen csekély. A gyümölcsjoghurtok 9–12% szénhidrátot is tartalmaznak szacharóz, glükóz és fruktóz formájában. A fehérjékben gazdagított joghurt fehérjetartalma 4–5%-kal nő, és nő a joghurt fehérje- és ásványianyag-tartalma is, amikor sűrített tejet használnak előállításukra. A *L. bulgaricus* proteolitikus enzimjei hatására megnő a joghurt szabadaminosav-tartalma, különösen prolintartalma, amelynek koncentrációja elérheti a 300–500 mg/kg-ot is. A joghurt karbamid tartalma viszont a *S. thermophilus* aktivitásának következtében (amelynek proteolitikus aktivitása csekély, és amely az egyéb szervezetek által felszabadított aminosavakat használja fel életműködése során) az eredeti érték 10%-ára csökken. A proteolízis a hagyományos aludttejben kisebb mértékű, mint a joghurtban. A frissen gyártott joghurtban az eredeti fehérjének csak 1–2%-a található szabad aminosav formában, de a szabadaminosav-tartalom folyamatosan nő a tárolás során.

A zsírok elbomlása, a laktóz, a fehérje, valamint a citromsav adják azokat az aromaanyagokat, amelyek jellemzőek a joghurtokra. Az egyik legfontosabb az acet-

aldehid, amelynek koncentrációja 15–40 mg/kg. A többi aromaanyag az aceton, az etil-acetát, a laktonok és az észterek. Hozzájárulnak még a joghurt ízanyagainak kialakulásához a szabad zsírsavak, a diacetil és az acetoin. Az aromaanyagok kialakulásával párhuzamosan fejlődő szén-dioxid is részt vesz a joghurt friss ízének kialakításában, és a szabad aminosavak szintén aromakomponensek. A kefir ízét elsősorban az illózsírsavak, az acetaldehid, az aceton, a butanon, az acetoin, a diacetil, valamint a propionaldehid és az amil-alkohol alakítja ki. A joghurt előállítása során a tejsavbaktériumok – főként a szaporodási szakaszban – sok vitamint szintetizálnak, és úgy tűnik, hogy néhány vitamin szintézisére a későbbiek folyamán is képesek; ugyanekkor számos vitamin mennyisége csökkenő tendenciát mutat. A B₁₂-vitamin szükséges a joghurtkultúrák működéséhez, ezért ennek koncentrációja a végtermékben csak a fele az eredeti tejének. A többi B-vitamin hatása lényegesen csekélyebb, mivel néhányat a vitaminok közül (B₂, biotin és kolin) a mikroorganizmusok is képesek szintetizálni. Néhány szerző a joghurt magasabb folsav-, nikotinsav-, biotin-, pantoténsav-, valamint B₆- és B₁₂-vitamin-tartalmáról számol be az eredeti tejhez viszonyítva. Lehetséges magyarázat erre, hogy néhány tejsavbaktériumtenyészet képes ezeket a vitaminokat nagyobb mennyiségben szintetizálni. A joghurt aszkorbinsav-tartalma lényegesen lecsökken a joghurtgyártásnál alkalmazott erőteljesebb hőkezelés miatt. Tehát a tej vitamintartalma gyakorlatilag nem csökken a joghurtkészítés folyamán. Kézenfekvő a C-vitamin-pótlás a joghurt esetében, mert a savas közeg megakadályozza elbomlását a tárolás során, és az aszkorbinsav-hozzáadás nem befolyásolja károsan a joghurt íz- és aromaanyagait. A gyümölcsjoghurtok C-vitamin-tartalma rendszerint szintén magasabb, mint a kiindulási tejé.

A kefir és a kumis esetében nagyobb B₁-, B₂-, B₆-vitamin- és pantoténsav-tartalomról számoltak be a kiindulási tejhez viszonyítva. A kefir és más savanyított tejtermékek kobalamin-tartalmának növelésére javasolják, hogy a tenyészethez adjanak *Propionibacterium (P) shermanii* tenyészetet, mert ezek a mikroorganizmusok, szimbiózisban más mikroorganizmusokkal, különösen a kefirélesztőkkel, nagy mennyiségben képesek a B₁₂-, valamint a B₁-, B₂-, B₆-vitamin, a nikotinsav és a folsav szintézisére. Ezzel a módszerrel a kefir B-vitamin-tartalmát mintegy 10-szeresére lehet növelni. Ezeket a vitaminokban gazdagított termékeket azután szárítják és olyan embercsoportok táplálására használják fel, akik B-vitamin-hiányban szenvednek, hisz 100–200 g így készített tejtermék tartalmazza egy felnőtt napi B₁₂-vitamin-szükségletét. Savanyított tejtermékek tejsavtartalma 0,7–1,0% között változik. A citromsav aromaanyagokká alakul át a joghurt előállítása folyamán, ezért koncentrációja csökken, a kefir citromsavtartalma gyakorlatilag nulla. Az orotsavtartalom szintén csökken, mivel a mikroorganizmusok nukleotidok szintézisére használják fel. A szintenyészetekkel készített tejtermékek benzooesav-tartalma nő, mivel a benzooesav a starterkultúrák metabolizmusának mellékterméke. A joghurt és a kefir benzooesav-tartalma 30 mg/kg.

A kultúrákkal készített tejtermékeket az élesztők és penészek eltávolítására, valamint a táplálóérték megnövelésére az előállítás után néha utóhőkezelik.

Egyesek úgy vélik, hogy ez a kezelés csökkenti a termék minőségét, mivel a kultúrákkal készült utóhőkezelt termékek csökkentették a kísérleti patkányok testtömegének növekedését, továbbá a hőkezelés csökkentette a *laktázaktivitást* is. A színtenyészetekkel készült tejtermékek tejsavtartalma lehetővé teszi a hosszú időn keresztül történő tárolást, ezért forró égövi országokban ezek a készítmények széles körben elterjedtek. Gyakran használják őket gabonafélékkel történő keverékekben, amelyek fehérjékben, ásványi anyagokban és vitaminokban gazdagok.

Sok baktérium termel olyan poliszacharidokat, amelyeket nem épít be, hanem kijuttat a sejtből. Ez az anyag vagy a sejt közötti térbe jutva nyálkát képez, vagy kívülről rögzül a sejtfalhoz, burokként körbevéve azt. Ezen poliszacharidokat exopoliszacharidoknak (a továbbiakban EPS) nevezzük, mivel a poliszacharidok a sejt falon kívül találhatóak. Számos tejsavbaktérium is képes EPS-termelésre. E nyálkatermelő kultúrák alkalmazása a joghurtgyártásban javíthatja a termék szerkezetét, mivel az EPS hatására kedvezőbbé válhatnak a reológiai tulajdonságok, nőhet a viszkozitás, valamint a géltörés és a szinerézis megelőzhető. Egyes EPS-termelő tejsavbaktérium-fajták használatával elkerülhető a növényi eredetű állományjavítók használata, s így „természetes”, „adalékmentes” joghurtot, illetve jégkrémet állíthatunk elő. Az EPS jelenléte azonban nem minden élelmiszer esetében kívánatos, ugyanis pl. a borok állaga nyálkás, olajos lesz tőle.

Egyes EPS-fajták kedvező hatással lehetnek az ember egészségére, egyrészt mivel nem emészthető élelmiszeralkotók, másrészt rákellenes és koleszterinszint-csökkentő hatást is tulajdonítanak nekik. Napjainkban folyamatban van a különböző tejsavbaktérium-fajok által termelt EPS szerkezetének és mennyiségének feltérképezése. A szerkezet egyes szerzők szerint ugyanazon fajta esetében is eltérő lehet a fermentációs körülmények függvényében, és a termelt EPS mennyisége a fermentációs körülményektől, fajtától függően is tág határok között változik. Ahhoz, hogy az EPS-termelő fajok által nyújtott előnyöket kiaknázhassuk az élelmiszeriparban, egyrészt ismernünk kell, hogy melyik fajta milyen körülmények között milyen mennyiségű és szerkezetű EPS-ot termel, másrészt, hogy az adott szerkezetű és mennyiségű EPS szignifikánsan javítja-e a termék fizikai tulajdonságait.

A nemkívánatos EPS esetében (pl. nyálkás bor) a viszkozitást csökkentő enzim kezelés kidolgozása a cél, s ehhez szintén az adott EPS szerkezetének ismerete szükséges. A tejsavbaktériumok által termelt EPS-ok kémiai szerkezetük alapján három csoportba oszthatók:

- α -glükánok, amelyek főként α -1,6 és α -1,3 kötésekkel kapcsolódó glükóz egységekből állnak, például a dextránok és mutánok,
- fruktánok, amelyeket leginkább β -2,6 kötéssel kapcsolódó fruktózmolekulák alkotnak, például a leván,
- és heteropoliszacharidok.

Az oligoszacharidok közül jelenleg az érdeklődés középpontjába kerültek azon 2–10 molekula glükózt és/vagy fruktózt és galaktózt tartalmazó szerkezetek, amelyeket galakto-oligoszacharidoknak (a továbbiakban GalOS) nevezünk.

A GalOS-ok pozitívan hatnak a bélműködésre: elősegítik a hasznos bifidobaktériumok szaporodását, csökkentik a pH-t és a rothadás során keletkező termékek mennyiségét. Mivel emészthetetlenek, a diétás rosthoz hasonló fiziológiai hatást fejtenek ki, azaz csökkentik a vérszérum koleszterinszintjét és a vérnyomást, ezenkívül élelmiszer- és kozmetikai adalékként is használatosak (pl. kis energiatartalmú édesítőszer). Mindezek miatt tanulmányozzák a GalOS-ok ipari előállításának lehetőségeit, amelyre háromféle módszer ismeretes:

- a galaktán és a laktóz kémiai vagy enzimes hidrolízise,
- kémiai vagy enzimes szintézis,
- eukarióta sejt kultúrák fermentációja.

A savó magas laktóztartalma miatt alkalmas alapanyag a GalOS-ok enzimes termelésére. Vizsgálták az enzimes módszerek termelékenységet, és optimalizálták a fermentációs paramétereket. Ezekhez a vizsgálatokhoz, valamint az EPS-ok és a GalOS-ok élelmiszer-ipari alkalmazása és élettani hatásainak vizsgálata érdekében szükség van az előállított GalOS-ok mennyiségének és szerkezetének meghatározására.

21.2.1.2. A szintenyészetekkel előállított tejtermékek szerepe az emésztésben

A szintenyészetekkel készült termékek emészthetősége jobb, mint a kiindulási anyagé. Ennek két oka van.

– Az első az, hogy a tejsavbaktérium által termelt tejsav rendkívül finom csapadék formájában kicsapja a fehérjét. Az apró részecskék óriási felülete lehetőséget biztosít az emésztőenzimek számára a fehérje lehető legnagyobb felületen való megtámadására és gyors lebontására.

– A második ok, hogy az előállítás során a mikroorganizmusok a fehérje egy részét peptidekké és szabad aminosavakká bontják le, amit a fehérje előemésztésének is neveznek. A nyers tejben lévő fehérjét kétszer annyi idő alatt tudják lebontani az enzimek, mint a joghurtét.

A fermentált tejtermékek *pepszin-pankreatin* enzim emésztési indexe nagyobb, mint a kiindulási tejé. A biológiai érték és az NPU-érték gyakorlatilag nem változik a fermentáció során, és a savanyított tejtermékekben a fehérje allergén hatása sokkal kisebb, mint az eredeti nyers tejben. A savanyított tejtermékekben a lipolitikus enzimek hatására a tejsír emészthetősége és abszorpciója jelentős mértékben megnő. Beszámoltak arról is, hogy a fermentációval készült tejtermék fogyasztására megnőtt a nyál, az epe, a gyomornedv és a hasnyálmirigy elválasztása, és csökkent az étel emésztőtraktusban eltöltött ideje. A patkányok testtömeg-gyarapodása nagyobb volt, amikor joghurtot kevertek a takarmányhoz. A fehérje emészthetősége a joghurtban az anyatejéhez hasonló, ezért a fermentációval készült tejtermékeket különösen értékesnek tartják csecsemők és gyermekek táplálásában, és hasonló előnyöket tapasztaltak idősebb embereknél is. A fejlődő

országokban különös veszélyt jelent, hogy a gyermekek hathónapos kortól két-éves korig nem kapják meg a magas biológiai értékű fehérjét. Fermentált tejtermékekkel át lehet hidalni ezt a szakadékot a jelzett életkorban, és általánosan megállapítható, hogy ezek a termékek rendkívül értékes állati eredetű fehérjeforrások a fejlődő országok növekvő népessége számára.

A fermentált tejtermékek még a laktóznál is jobban javítják a kalcium felszívódását, mivel a tejsav részt vesz a kalcium hasznosulásának folyamatában. Arra a következtetésre jutottak, hogy a tejsav, a laktóz, a D-vitamin és a kalcium speciális kombinációja savanyított tejtermékekben különösen optimális feltételeket teremt a kalcium felszívódására. Patkányokkal végzett kísérletekkel bizonyították, hogy több kalcium abszorbeálódott és hasznosult akkor, amikor joghurtot kevertek a takarmányhoz. Ez utóbbi esetben a foszfor és a vas retenciója szintén nőtt.

A tejsav két optikai izomerjének [L(+), D(-)] különböző fiziológiás tulajdonságai vannak. A D(-) izomerek csak egy kis része hasznosul az emberi szervezetben, ezzel szemben úgy tűnik, hogy a patkány többé-kevésbé jól hasznosítja ezt az izomert is, mivel 24 óra alatt az elfogyasztott D-izomernek csak 1–2%-a jelent meg a vizeletben. Ennek ellenére úgy látszik, hogy a két izomer metabolizmusa különböző a szervezetben. Az ember csak egy részét tudja lebontani a D(-) tejsavnak, de csak a rendkívül kiegyensúlyozatlan és rendkívül nagy koncentrációban fogyasztott tejsav esetében fordul elő D(-) tejsavakkumuláció a szervezetben, amelyből jelen pillanatban még nem tudjuk, okoz-e valamilyen károsodást. A színtenyészetekkel készült tejtermékek általában mindkét tejsavizomert tartalmaznak, a D-izomer relatív aránya azonban függ az alkalmazott kultúrától és még számos egyéb tényezőtől is, amelyek közül legfontosabb az inkubálás hőmérséklete. A *Streptococcus* által szintetizált tejsav több mint 92%-a L-izomer, a *L. bulgaricus* pedig szinte csak D-izomert termel. A joghurt fermentációja során főként L(+) tejsav keletkezik, de a D-izomer koncentrációja nő a tárolás folyamán. A savanyú tej, a kefir, az írós és a túró D-tejsav-tartalma rendkívül alacsony, ezzel szemben a hagyományos technológiával készült kefir tejsavtartalmának kb. 50%-a D-izomer. A joghurt D-tejsavból többet tartalmazhat, mint a többi fermentációval készült tejtermék, és magas lehet a D-izomer részaránya a gyümölcsjoghurtokban is (21.3. táblázat).

21.3. táblázat. Savanyú tejtermékek D(-) tejsav-tartalma

<i>Termék</i>	<i>A D(-) tejsav %-os aránya az összes tejsavhoz viszonyítva</i>
Kefir	2–5
Író*	3–6
Savanyú tej	4–12
Túró	4–14
Joghurt	25–60
Sajt	10–50

*savanyú tejszínből készült

Különböző típusú sajtok D(-)tejsav-tartalma egészen eltérő lehet. Többen javasolják, hogy olyan starterkultúrákat kell alkalmazni a sajtgyártás során, amelyek főként L(+)-tejsavat termelnek. A WHO javaslata szerint a maximális napi D(-)tejsav-fogyasztásnak nem szabadna többnek lenni 100 mg-nál testtömeg-kilogrammonként, de néhányan úgy gondolják, hogy ez a mennyiség már meghaladja azt a mértéket, amelyet a szervezet még metabolizálni tud, ezért a napi D(-)tejsav-felvétel maximumát 60 mg-ban jelölik meg testtömeg-kilogrammonként. Ezen alacsonyabb érték alapján egy 60 kg-os felnőtt ember 1 kg joghurtot fogyaszthatna naponta anélkül, hogy a D(-)tejsav javasolt mennyiségénél több kerülne a szervezetbe. Ennek alapján leszűrhető az a következtetés, hogy a normál táplálkozási körülmények között a szervezetbe jutó D(-)tejsavnak gyakorlatilag nincs egészségkárosító hatása.

21.2.1.3. Táplálkozási szempontok

A fermentációval készült tejtermékeket rendkívül előnyösen lehet felhasználni olyan emberek táplálására, akik gyomor-, bélpanaszokban szenvednek, mint amilyen a gyomorsav elválasztásának panasza vagy a vékonybél és vastagbél gyulladása. A savanyított tejtermékek fogyasztása több páciensnél korrigálta a gyomorsavhiányt. Beszámoltak arról is, hogy a joghurtfogyasztás kedvező volt gyerekek hasmenésének és más emésztőszervi megbetegedések kezelésére is. Számos, állatokkal és emberekkel végzett kísérletben kimutatták, hogy a tej koleszterincsökkentő hatása valószínűleg nő a fermentáció hatására, bár ezen kísérletek eredményeit azok a tanulmányok nem tudták megerősíteni, amelyek a szérumkoleszterin szintjét nagy mennyiségű joghurt fogyasztásával próbálták csökkenteni.

Az előző fejezetek egyikében már szó volt róla, hogy a laktóztartalom csökkenthető *laktáz* enzim adagolásával, ami alkalmassá teszi ezen termékek fogyasztását azok számára is, akik laktózmalabszorpcióban szenvednek. Sokan beszámoltak arról is, hogy a kultúrákkal készített tejtermékeknek antimikrobiális hatása is van. Néhányan ezt a hatást a tejsavnak tulajdonítják, amely megvédi a terméket a baktériumok elszaporodásától, mások szerint viszont néhány *Lactobacillus*-típus képes antibiotikumszerű anyagok szintézisére, amely meggátolja a patogén szervezetek elszaporodását. Az ilyen anyagok különösen hatásosak a Gram-negatív bélbaktériumokkal szemben. Sertésekkel végzett kísérletben megállapították, hogy a joghurt csökkentette az *E. coli*-számot a vékonybélben, és a patogén mikroorganizmusok is gyorsabban távoztak a szervezetből a kísérleti csoportnál a kontrollcsoporthoz viszonyítva. A bakteriosztatikus és baktericid hatás teljesen nyilvánvalóvá válik, amikor patogén mikroorganizmusokat juttatunk a fermentációval készített termékekbe. Így például a szalmonella a joghurtban pár óra alatt elpusztult, és a joghurton kívül a kefir antimikrobiális hatásáról is beszámoltak.

A volt Szovjetunió területén a kumisznak speciális, *Mycobacterium (M.) tuberculosis* elleni antibiotikus hatást tulajdonítottak, ezért az orosz kórházakban a

tüdőbaj korai szakaszában a kumisz része volt az integrált gyógyításának. Megfigyelték, hogy a tuberkulózisbacillusok az erjesztett tejtermékekbe juttatva néhány óra alatt elpusztultak. Valószínűleg a benne lévő antibiotikumok miatt a kumisz is rendkívül hatékony volt a tuberkulózis kezelésére. A kumisz az anaerob spórás baktériumok növekedését is gátolja, ezért májgyulladásos gyerekek kezelésére is alkalmazták. Egy kísérletben tumorsejteket implantáltak egerekbe, miközben az állatok ad libitum fogyasztottak joghurtot. Megállapították, hogy a tumorsejtek nem szaporodtak el a vékonybélben, ezért a joghurtnak rákellenes hatást is tulajdonítanak. Hasonló sejtburjánzás-ellenes hatást tapasztaltak egerekkel végzett vizsgálatoknál a *L. casei* esetében is. A patkánykutatásoknál a karcinogén anyagok rákkeltő hatását fermentált tejtermékek etetésével meg tudták előzni.

21.2.1.4. A színtenyészetekkel előállított tejtermékek mikrobiológiai szempontú értékelése

Régebben azt gondolták, hogy a fermentált tejtermékek fogyasztásával az emésztőrendszer természetes bélflóráját helyre lehet állítani. Mivel a *L. bulgaricus* nem része a normál bélflórának, ezért joghurt fogyasztásával a természetes bélflóra nem állítható helyre. Az úgynevezett acidofil-tejben, amelyet a tej *L. acidophilussal* történő beoltásával kapnak, olyan baktérium található, amely eredetileg is része a bél flórájának. Meg kell jegyezni azonban azt is, hogy a bélben lévő mikroorganizmusok alig szaporodnak a tejben, mivel az nem természetes közegük, ezért aztán más mikroorganizmusok szaporodása elnyomhatja a bél eredeti mikroflóráját. Általában nem lehetséges a bélflóra mikroorganizmusait elszaporítani a gyomor erősen savas (pH 0,9–1,6) kémhatása miatt sem, hisz ez a legtöbb mikroorganizmust megöli. Azokat a mikroorganizmusokat, amelyek keresztüljutnak a gyomron, a vékonybél első szakaszának baktericid anyagai támadják meg, mint amilyen pl. a dezoxikolsav az epében, amely igen erős baktericid hatással rendelkezik a *L. acidophilussal* szemben, és ez az oka annak, amiért szinte lehetetlen mikroorganizmusokat bevinni a bélrendszerbe a táplálékok segítségével. Sertésekkel végzett kísérletekben nem találtak különbséget a bélflórában, ha az állatok élő, ill. elölt baktériumokat tartalmazó joghurtot fogyasztottak. Élő baktériumokat keverve az egerek takarmányához, nem találtak bizonyítékot arra, hogy ezek eljutottak volna a gyomor- és a bél nyálkahártyájához. A joghurtkultúrában található mikroorganizmusok gyakorlatilag teljesen eltűntek, miközben áthaladtak a gyomor- és bélrendszeren, és nem találtak bizonyítékot arra nézve sem, hogy a *Bifidobacterium (B.) bifidum* és a *L. acidophilus* permanensen megmaradt volna a bélben, és arra sincs bizonyíték, hogy a bélflórának fontos fiziológiás funkciója lenne. Kétséges a *L. acidophilus* fontossága is, mivel számos egészséges ember emésztőrendszere nem tartalmazza azt. Ennek ellenére a fermentációval készült tejtermékek rendkívül értékes élelmiszerek, mivel táplálják a természetes bélbaktériumokat, és mert a bennük lejátszódó biokémiai változások rendkívül

jó élettani hatással bírnak. A szintenyészetekkel készített tejtermékek legfontosabb bélfloájára ható komponense a laktóz.

Ezért meglepő arról olvasni a szakirodalomban, hogy az élelmiszerrel az emésztőrendszerbe került mikroorganizmusok megtelepednek a bélben. Beszámoltak olyan, emberekkel és állatokkal végzett kísérletekről, amelyekben megállapították, hogy a *L. acidophilus* és a *L. bulgaricus* kultúrákkal készült tejtermékek fogyasztása csökkentette a kóliformok és növelte a Lactobacillusok számát a bélrendszerben. Ezekből a kísérletekből azt a következtetést lehet levonni, hogy a kultúrákkal készített tejtermékek hozzájárulnak a bélfloóra regenerálásához és a bélpanaszok megelőzéséhez. Nem lehet azonban levonni ezekből a kísérletekből azt a következtetést, hogy néhány bélbaktérium eredetileg is jelen van az élelmiszerekben, az élelmiszer összetételének megváltoztatásával viszont (a savanyított tejtermékek esetében főleg a laktóz és tejsav által) megváltozhat a bélfloóra. Ilyen változásokat főleg olyan embereknél figyeltek meg, akik bélrendszeri problémákkal küzdenek, de szinte sohasem fordult elő hirtelen és drasztikus változás a bélfloóra összetételében egészséges embereknél. Gyermekeknél könnyebben lehetséges a bélfloóra összetételének megváltoztatása a táplálék összetételének változtatásával. Lehetséges, sőt valószínű az is, hogy néhány Lactobacillus-tenyészet túléli az emésztőrendszer rájuk nézve rendkívül kedvezőtlen körülményeit is. A *L. casei* pl., amelyet Japánban és Dél-Koreában előszeretettel alkalmaznak savanyú tejtermékek előállítására, úgy tűnik, ellenáll az epének. Beszámoltak arról is, hogy a *L. bulgaricus* és a *S. thermophilus* nem tud keresztülmenni a bélrendszeren életképességének elvesztése nélkül, ennek ellenére átmeneti növekedést figyeltek meg a bélfloóra Lactobacillusainak számában.

A tejcukorból képződő laktulóz és laktitol a bélazonos tejsavbaktériumok és bifido-baktériumok kizárólagos táplálékai, ezért ezek serkentik a bélazonos baktériumok elszaporodását, azok túlsúlyba kerülését. Ezeket a tejfeldolgozás (ultrapaszterózés) hatására keletkező speciális szénhidrátokat, amelyek biztosítják az emberi vastagbélben a jótékony hatású mikroorganizmusok elszaporodását (a káros, rákkeltő, mérgező baktériumokkal szemben), prebiotikumoknak hívjuk. Azokat a humán bélbarát tejsavbaktériumokat pedig, amelyek nélkül az emberi élet nem képzelhető el, probiotikumoknak nevezzük, a velük készített tejtermékek pedig probiotikusak.

A probiotikumok és a prebiotikumok együtt a szimbiotikumokat jelentik, tehát szimbiotikusak azok a tejtermékek, amelyek készítésénél prebiotikumokat is és probiotikumokat is felhasználnak. A probiotikus szintenyészetekkel előállított tejtermékek a múlt század utolsó évtizedeiben rendkívüli módon elterjedtek. Legismertebbek közülük a savanyú tejkészítmények és italok, de századunk első évtizedében a probiotikus sajtok nagymérvű elterjedése is várható. A probiotikus kultúrákkal készített tejtermékek fogyasztásának hatására bizonyítottan csökken a vérszérum koleszterinszintje. Ennek következtében kisebb lesz az érlelmeszesedés kockázata, a β -galaktozidáz termelése következtében a tejcukor-érzékenység gyakorisága ötödére csökken, a probiotikus baktériumok rövidszénláncú zsírsav ter-

melése véd az elhízás ellen, az egészséges bélflóra helyreállítása, a fekálenzimek aktivitásának csökkentése és a fekátoxinok visszaszorítása révén pedig csökken a vastagbélrák előfordulása, ezért a probiotikus termékek nagymértékben hozzájárulhatnak a hazai lakosság egészségi állapotának javításához.

21.2.2. A vaj

21.2.2.1. Összetétel

A vaj zsírtartalmára annak víztartalmából lehet következtetni. A vaj maximális megengedett víztartalma 16%, zsírtartalma kb. 82%, a maradék 2%-ot pedig a fehérjék, a szénhidrátok és az ásványi anyagok teszik ki. A vaj átlagos összetételét a 21.2. táblázat tartalmazza, amelyből látható, hogy a sózott vaj nátriumtartalma elérheti a 10 g/kg-ot is. A vízoldható vitaminoknak csak kis része megy át a vajba, de a zsíroldható vitaminok koncentrációja, különösen az A-vitaminé és a tokoferolé, sokkal nagyobb, mint a tejben, ezért a vaj az egyik legfontosabb természetes A-vitamin forrásnak tekinthető. A tokoferol a vajban csak α -formában fordul elő. A nyáron készült vaj több A- és E-vitamint tartalmaz, mint a téli. Az α -tokoferol rendkívül hatásos antioxidáns, amely megvédi az A-vitamint és a karotint az oxidációtól, ezért 0,01–0,02% tokoferol hozzáadását javasolják a hosszú ideig tárolt vajhoz, és ugyancsak szokás aszkorbinsavat adni a vajhoz antioxidánsként. Különösen télen, amikor a karotintartalma rendkívül alacsony, színezőanyagot is adnak a vajhoz, amely lehet β -karotin vagy valamilyen más egyéb növényi színezék. A hosszú ideig végzett állatkísérletekkel bizonyították, hogy más adalékok káros hatással is járhatnak, a β -karotin koncentrációjának növelése viszont növeli a vaj A-vitamin-értékét.

A tejszín érlelése során sok olyan vegyület keletkezik, amelyek hozzájárulnak a vajra jellemző aromához. A starterkultúra két legfontosabb komponense, a *S. lactis* és a *S. cremoris*, a laktózt tejsavvá alakítják át, ezzel párhuzamosan kis mennyiségben szén-dioxidot, alkoholt és ecetsavat is termel. Azonban azok a szervezetek, amelyek igazán felelősek a vaj aromaanyagainak kialakulásáért, a *S. diacetilactis* és a *Leuconostoc (L.) citrovorum*. Ezek főként a citromsavat, kisebb mértékben pedig a laktózt alakítják át aromaanyagokká, amelyek közül a legfontosabb az acetoin és a diacetil. Kisebb mennyiségben még acetaldehidet, acetont és etil-alkoholt is termelnek.

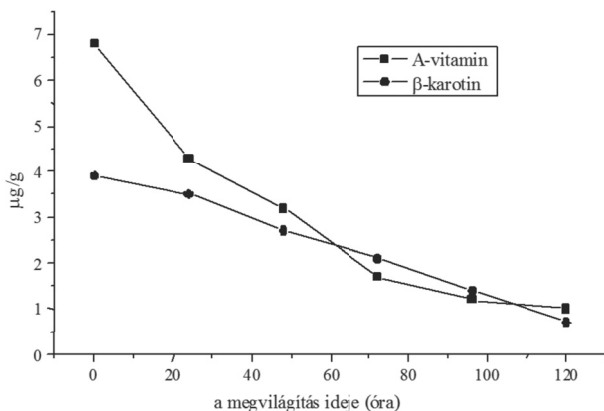
Az érlelési szakasz folyamán termelődő diacetilnek kb. 40%-a, az acetoinnak 10%-a található meg a vajban, mert ezen anyagok nagyobb része átmeleg az íróba, illetve a mosóvízbe. A vaj diacetil-tartalma 0,2–3,9 mg/kg között változik, amelyből legalább 1 mg/kg szükséges a jó vajaroma kialakításához. A diacetil érzékelési küszöbe kb. 0,055 mg/kg. A vaj több acetoint tartalmaz, mint diacetilt, amelynek koncentrációja elérheti a 35 mg/kg-t is. A vaj aromaanyagainak kialakulásához még az alábbi vegyületek is hozzájárulnak: aldehidek, ketonok,

laktonok, alkoholok, észterek, dimetil-szulfid és számos szabad zsírsav. A szabad laktonok koncentrációja a vajban 10–50 mg/kg között van, és koncentrációjuk a tárolás során folyamatosan nő. A laktonok fő összetevője a delta-deka-laktontól a hexa-deka-laktonig terjed. A tejszín hőkezelése során a vajkészítést megelőzően számos szabad szulfhidrilcsoport keletkezik, amely a frissen készített vajnak főtt ízt kölcsönöz, ez az íz azonban néhány napon belül eltűnik. A szabad SH-csoportok antioxidánsként viselkednek. A vaj táplálóértékéről ugyanazokat lehet elmondani, mint amit a tejszír értékelése során már említettünk.

21.2.2.2. A tárolás során bekövetkező változások

Hosszú ideig tartó tárolás során alig változik meg a vaj A-vitamin-tartalma, de a vajra jellemző aromaanyagok jelentős mértékben elbomlanak. Így például 30 napon keresztül 10 °C-on való tárolás során a vaj diacetil- és acetoin-tartalma 30–40%-kal csökken. Az ízben végbemenő változást a szabad zsírsavak, a metil-ke-tonok és a laktonok koncentrációjának megváltozása okozza, amit jelentős mértékben befolyásol a tárolás időtartama és hőmérséklete. A legnagyobb kárt a vaj ízanyagaiban az oxidáció okozza, amelyet felgyorsít a réz jelenléte, ami katalizálhatja az ízanyagok elbomlását. A réz legnagyobb része a molibdénnel, a vassal, a kobalttal és a krómmal együtt a tejből átmegy a vajba, a magnézium és a cink legnagyobb része viszont a fölözött tejben marad. A fentiek miatt a vaj réz-tartalma nem haladhatja meg a 0,1 mg/kg-ot. A több országban alkalmazott sózási eljárás során kerülni kell, hogy nyomnyi mennyiségű réz is bekerüljön a vajba, továbbá nem szabad használni olyan csomagolóanyagot sem, amelyből akárcsak nyomnyi mennyiségű réz is kidiffundálhat. A rézzel szemben a vas és a mangán természetes alkotóeleme a vajnak, amelyek nem gyorsítják meg az oxidációt. Az UV-fény még kis dózisban is a zsírok oxidációjához vezet, ezért a vajat meg kell óvni a fényhatástól. A marhafaggyú és a vaj, a különböző szenzibilizáló anyagok jelenléte miatt, a kevesebb telítetlen zsírsav ellenére érzékenyebb a fényre, mint a növényi olajok. Az oxidáció során keletkező hidroperoxidok gyorsan lebomlanak ketonokká és aldehidekké, ízhibákat okozva a vajban. A fény indukálta oxidáció során csökken a vaj A-vitamin- és karotintartalma (21.7. ábra).

A hideg körülmények között tárolt vaj aromaanyagainak romlásáért a telítetlen zsírsavakból (linolsav, linolénsav, arachidonsav) autooxidációval keletkező termékek a felelősek. Az aszkorbil-palmitát antioxidáns hatására viszont a zsírok –25 °C-on akár évekig is tárolhatók különösebb minőségromlás nélkül. Javasolják más antioxidánsok, pl. a tokoferol vajhoz keverését a hosszú ideig tartó, minőségromlás nélküli tárolás érdekében. Amikor PVC-fóliát használnak a vaj tárolására, fennáll annak a veszélye, hogy a csomagolóanyagból vinil-klorid kerülhet a zsírba. A vinil-klorid maximális mennyiségét a legtöbb országban 0,05 mg/kg-ban szabták meg, és vizsgálatokkal igazolták, hogy a vinil-klorid aktuális koncentrációja ennél mindig lényegesen alacsonyabb, 0,02 mg/kg között alakul.



21.7. ábra. A fluoreszcens fény hatása a 15 °C-on tárolt vaj A-vitamin- és β-karotin-tartalmára

A vaj minőségének hosszabb idejű megőrzése érdekében a víz lehető legnagyobb részét el kell távolítani, miközben vajolaj, illetve tiszta vajzsír keletkezik. A vajolaj zsírtartalma 99,6% és 0,4% a víz és az egyéb, nem zsírszerű anyagok koncentrációja. A vajolajat vákuumban való kezeléssel lehet előállítani, ami ezt követően továbbra is tartalmazza a zsírgolyócskák membránfoszfatidjait, amelyek megvédik a zsírt az oxidációval szemben. Az ilyen vajolaj 1–2,5 évig 15 °C-on minőségromlás nélkül eltartható. A tárolási idő tovább növelhető a hőmérséklet csökkentésével vagy antioxidáns alkalmazásával. A tárolás alig van hatással a vaj karotin- és tokoferoltartalmára. A vajolajat és különböző változatait különösen a forró égővi országokban alkalmazzák előszeretettel. Indiában készült speciális termék a Ghee, amelynek aromaanyagai az acetaldehid, a butilaldehid, az acetone és a metil-keton; ezeken kívül a laktonok és a szabad zsírsavak is hozzájárulnak az aroma kialakulásához. A vajolaj természetes aromaanyagai közé tartozik az indol és a szkatol is.

21.2.3. Tejszín és tejföl

A tejszínnek általában egy alacsony (10%) és egy magasabb (30%) zsírtartalmú változata kerül kereskedelmi forgalomba. Az Egyesült Királyságban 18, 36, 48 és 63% zsírtartalmú tejszínt is forgalmaznak, míg Magyarországon a tejszín és a tejföl zsírtartalma általában 12 vagy 20%. Az alacsony zsírtartalmú tejszínnek magasabb a fehérje-, a laktóz- és az ásványianyag-tartalma, a magas zsírtartalmúaknak viszont nagyobb az A-vitamin- és a karotintartalma. A tejszín több zsírolható vitamint tartalmaz, mint az eredeti tej, de a vízzeloldható vitamintartalma némileg kisebb. A tejszín és a belőle savanyítással előállított tejföl aromaanyagainak ugyanúgy, mint a vajnál, elsősorban az acetaldehid, a diacetil, az acetone, a szabad zsírsavak és más aldehidek, ketonok, valamint a metil-szulfid alkotják. A tejföl tejsavtartalma kb. 0,8%.

21.2.4. Író

Az író összetételét a 21.4. táblázat tartalmazza. Az író alacsony zsírtartalmának köszönhetően viszonylag kevés zsíroltható vitamint tartalmaz. A savanyú tejszínből készült író tejsavtartalma kb. 0,8%, ezért ez az író erjesztéssel készült tejterméknek tekinthető. A manapság készült író tejsavat nem tartalmaz, mert a vaját ma már édes tejszínből készítik. A vaj esetében már említettük, hogy az aromaanyagok jelentős része a tejszín érlelése során átmegy az íróba. Az író diacetiltartalma 0,7–4,0 mg/dm³, és az író ugyanazokat az aromaanyagokat tartalmazza, mint a vaj. A szabad SH-csoportot tartalmazó komponensek szintén átmennek a tejszínből az íróba.

Az írópor összetétele a következő: 97% szárazanyag, ezen belül 34% fehérje, 50% laktóz, 5% zsír, 7% ásványi anyag, amelyből a kalcium 13 g/kg, a foszfor pedig 9 g/kg. A savanyú tejszínből készült írónak hasonló helye van a táplálkozásban, mint a többi, savanyítással készült tejtermékeknek, de többen állítják róla, hogy igen jó hatással van azokra a betegekre is, akik májbetegségben és gyomornyálkahártya-gyulladásban szenvednek. Ráadásul az írófogyasztás alacsonyabb vérnyomáshoz vezet, és még a szérumkoleszterin szintjét is csökkenti. A kalcium és a riboflavin szempontjából az író az eredeti tejjel egyenértékű. Az emberi fogyasztásra fel nem használt író kiválóan lehet hasznosítani az állatok takarmányozására. Az író rendkívül gazdag lecitinben, mivel a zsírgolyómembránok a vajkészítés során átmennek abba, ezért az író foszfolipid-tartalma lényegesen nagyobb, mint a tejé: az író zsírtartalmának 20%-a, míg a tej zsírtartalmának csak 1%-a foszfatid. Az író és a joghurtot a gyerekek hasmenésének megelőzésére javasolják, és alkalmazzák a csecsemőtápszer tejsavtartalmának növelésére is.

21.4. táblázat. A főlözött tej és az író átlagos összetétele

<i>Komponensek</i>	<i>Mértékegység/kg</i>	<i>Fölözött tej</i>	<i>Író</i>
Fehérje	g	24–33	35
Zsír	g	–	5
Szénhidrát	g	30–40	40
Ásványi anyagok	g	4–6	7
Ca	g	0,7–1,2	1,1
P	g	0,5–0,9	0,8
Na	g	0,3–0,4	0,6
K	g	0,9–1,4	1,5
Mg	g	0,10	0,13
Zn	mg	3,5	5,0
Fe	mg	1,1	1,0
Cu	mg	0,2	0,1
F	mg	0,1	0,2
I	mg	0,1	–

<i>Komponensek</i>	<i>Mértékegység/kg</i>	<i>Főlözött tej</i>	<i>Író</i>
Mn	μg	28	35
Co	μg	0,6	–
Se	μg	6	–
<i>Vitaminok</i>			
A-vitamin	mg	0,7–2,8	0,1
Karotin	mg	0,5–1,3	0,09
Tiamin	mg	0,25	0,28
Riboflavin	mg	1,5	1,6
Piridoxin	mg	0,25	0,4
Kobalamin	μg	4	2
Biotin	μg	30	–
Pantoténsav	mg	3,4	4
Nikotinsav	mg	0,9	1,0
Folsav	mg	0,1	0,09
Aszkorbinsav	mg	10	10
D-vitamin	μg	10	–
Tokoferol	mg	7	1

21.3. A sajt

21.3.1. Az érés hatása a sajt összetételére

21.3.1.1. Zsírtartalom

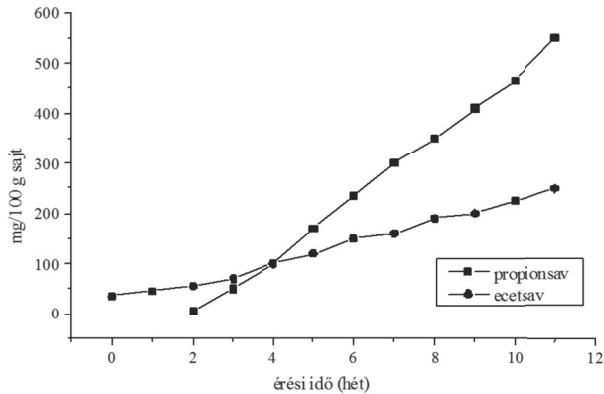
A tej összetételét a különböző sajtok készítésénél eltérő zsírtartalomra állítják be, ezért a különböző sajtok is nagyon eltérő zsírtartalmúak lehetnek. A zsírtartalmat általában a szárazanyag százalékában adják meg.

A vásárlók általában a nagy zsírtartalmú sajtokat kedvelik, mert a zsírtartalom hozzájárul a sajt ízéhez és aromájához. Néhány sajtnál (pl. a cheddarnál) az aroma csak akkor fejeződik ki igazán, ha a szárazanyag zsírtartalma legalább 40–50%, mert az aromaanyagok főként a zsír bomlásából, átalakulásából keletkeznek az érlelés folyamán. Az érlelés körülményei és az aromaanyagok kialakulása az érlelés folyamán nagyon eltérő a különböző sajtoknál. A sajtgyártás során fellépő általános változások az alábbiak.

A sajt lipolízisét az érlelés folyamán mikroba okozzák, mert a tej eredeti lipáz enzime majdnem teljesen inaktíválódik a pasztörözés folyamán. A lipolízis eredménye 4,22% diglicerid, 0,5–1,5% monoglicerid és szabad zsírsavak, ezek koncentrációja egy normál sajtnál 1–2 g/kg, a hosszabb ideig érlelt sajtokban 5 g/kg, a nagyon hosszú ideig érlelt, erős illatú sajtokban pedig elérheti a 11 g/kg-ot is. Ennek ellenére a tejszír zsírsavösszetételének változását csak kevésbé

befolyásolja a lipolízis az érlelés folyamán. A különböző sajtok zsírtartalmának emészthetősége 88–94%.

Szoros összefüggés van az illózsírsav-összetétel és a sajt illata, aromája között. A sajt aromájának kialakulásáért elsősorban az ecetsav, a vajsav, a kaprinsav, a kaprilsav és a kaprinsav a felelős. Ezekon kívül még néhány sajt aromaanyagának kialakulásához hozzájárul a propionsav és a valeriansav, és néhány elágazó szénláncú zsírsav is, mint pl. az izovajsav, izovaleriansav és az izokaprinsav is. A rövid szénláncú zsírsavak egy része nem a lipolízisből származik: az ecetsav a laktóz lebomlásából, néhány páratlan szénatomszámú és elágazó zsírsav pedig az aminosavak dezaminálásából ered. A kemény sajtokban a propionsav-baktériumok a tejsavat propionsavvá tudják átalakítani. Az érlelés folyamán fejlődő CO_2 felelős a sajt lyukacosságáért. A különböző zsírsavak alakítják ki néhány sajt speciális aromáját; így pl. a vajsav és a kaprinsav a kék sajtét, az izovaleriansav a limburgi és a romadur sajtét, a vajsav az Edamiét és a tilsiti sajtét, az ecetsav és az izovaleriansav a gouda sajtét, a propionsav pedig az ementáli, az Alpin és a gruyere sajtét. A propionsav koncentrációja az utóbbiban elérheti a 2 g/kg-ot is. A kék sajtok nagy koncentrációban tartalmazzák a szabad zsírsavakat; ezek jelenléte a feta sajtban jelentős lipolízisre utal. Az ementáli sajt propionsav-tartalma az érlelés második hetében mért 20 mg/100 g-ról a 12. hétig 500–600 mg/100 g-ra, ecetsav-tartalma pedig 80–100 mg/100 g-ról 250–300 mg/100 g-ra nő (21.8. ábra).



21.8. ábra. Az ementáli sajt propionsav- és ecetsav-tartalmának alakulása az érés során

Egyéb komponensek is hozzájárulnak a sajt íz- és aromaanyagainak kialakulásához, amelyek a zsír bomlása vagy más kémiai reakciók során keletkeznek az érlelés folyamán. Ilyenek pl. az aldehidek és a ketonok, olyan aromaanyagok, amelyek más tejtermékekben is megtalálhatók, mint pl. a diacetil, acetoin, acetaldehid, laktonok, aromás szénhidrogének, α -ketosavak, kéntartalmú komponensek, mint amilyenek pl. a szulfidok és merkaptánok, és egyéb olyan vegyületek,

mint pl. az alkoholok és az észterek. Mindegyik sajtnak van egy speciális íz- és aromaanyaga, amely felelős ezek kialakulásáért. Néhány ezek közül a következő.

Roquefort jellegű sajt:	a penészek által termelt metil-ketonok.
Camembert:	kéntartalmú anyagok, α -ketosavak.
Ementáli:	pirazinok.
Alpin sajt:	szeszkviterpének.
Parmezán:	acetyl-metil-karbinol, etil-észter.

A zsírsavakkal és az előzőekben felsorolt aromaanyagokkal szemben a proteolízis során keletkező szabad aminosavak és a peptidek csak kismértékben járulnak hozzá a sajt aromaanyagaihoz. Az aromaanyagok kapcsán nagyon sokan tanulmányozták a cheddar sajtot. Megállapították, hogy itt az íz és aromaanyagok kialakításában elsősorban a szabad zsírsavak (ecetsav, vajsav), a kéntartalmú komponensek (szulfidok, merkaptánok, tiolok), a ketonok (butanon, pentanon), az acetaldehid, a diacetyl, az acetoin, a laktonok és az etanol vesznek részt, valamint hogy a metil-ketonok szerepe kevésbé fontos az íz- és aromaanyagok kialakításában, és azt is, hogy a szabad zsírsavak mennyisége nő a tárolás folyamán.

21.3.1.2. Fehérjetartalom

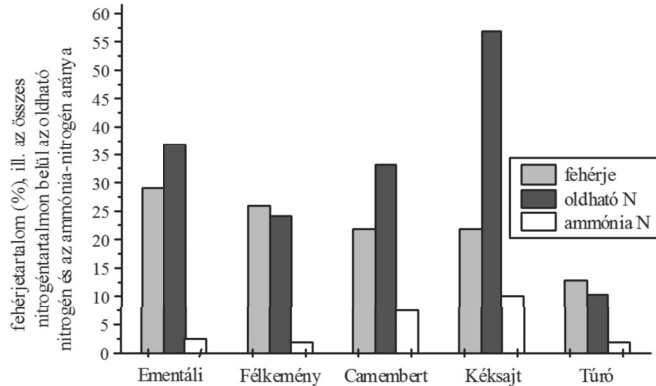
Fehérjebomlás

A sajt érése folyamán fehérjebomlás is bekövetkezik, amelynek mértéke a különböző sajtoknál eltérő. A proteolízis eredményei a proteázok, a peptonok, a polipeptidek, a peptidek és végül a szabad aminosavak. A szabad aminosavak dezaminálása ammóniához és szabad zsírsavakhoz, decarboxileződése pedig aminokhoz vezet. A különböző sajtokban nagyon sokféle amidot is kimutattak. Amikor *rennint* adnak a tejhez, az először a glikopeptid κ -kazeint bontja el, amelynek következtében a κ -kazein elveszíti a többi kazeinfrakciót védő kolloid jellegét, és a kazein kicsapódik. A *rennin* csak igen gyenge proteolitikus hatással rendelkezik, csak a proteázfrakcióig bontja a fehérjét. A tejsavbaktériumok enzimei azok, amelyek a proteolízis legnagyobb részéért felelnek, amelyek a szabad aminosavakig bontják le a fehérjét. Az α -kazein sokkal gyorsabban lebomlik, mint a β -kazein: az érlelési idő végére az α -kazein 60–80%-a, a β -kazeinnek pedig csak 10%-a bomlik le. Az α_s -kazein A-variánsa ellenállóbb a fehérje hidrolízisével szemben, mint a B- és C-variáns.

A sajt peptid-, szabadaminosav- és ammóniatartalma folyamatosan nő az érlelés folyamán. Az érlelési időszak végére a különböző sajtok eltérő koncentrációban tartalmazzák ezeket a komponenseket, és mindegyik sajtra jellemző az érlelés végére egy speciális szabadaminosav- és peptidösszetétel. A sajt érlelése folyamán a vízben oldhatatlan kazein vízoldható nitrogéntartalmú vegyületekké alakul, mint amilyenek pl. a fehérjehidrolízis köztitermékei, illetve a szabad aminosavak. A vízoldható nitrogéntartalmú anyagok részaránya a sajt fajtájától függően elérheti a 10–60%-ot. A kék és lágú sajtok vízoldható nitrogéntartalmú

komponenseinek aránya nagyobb, mint a félkemény és a kemény sajtoké (21.9. ábra). A túlérett camembert és limburgi sajtok nitrogéntartalmú anyagainak vízoldható frakciója több, mint 90%. A különböző sajtok vízoldható nitrogénfrakciójának az aránya a következő.

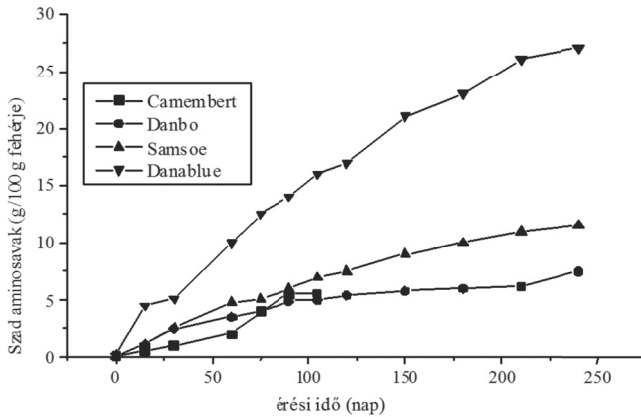
Parmezán és grana sajt:	60–70%,
Ementáli és gruyere típusú kemény sajtok:	35–40%,
Camembert sajt:	10%.



21.9. ábra. Dán sajtok fehérjetartalma, valamint az oldható nitrogén és az ammónia-nitrogén aránya

A szabad aminosavak átlagos koncentrációja a különböző sajtokban 0,6–1,1%, amelyek összetétele nagyban függ a kazein összetételétől (21.10. ábra). Általában a szabad lizin koncentrációja a legnagyobb, de jelentős mennyiséget képvisel a szabad leucin és glutaminsav is. Az oldható triptofán és tirozin koncentrációja függ a β -kazein hidrolízisének fokától. A sajtokban olyan aminosavak is előfordulnak, amelyek nem találhatók meg a kazeinben; ilyen pl. az ornitin és a γ -amino-vajsav, amelyek nagy valószínűséggel a glutaminsavból és az argininből keletkeznek. A szabad hisztidin, arginin és a szerin csak igen kis koncentrációban mutatható ki a sajtokból. A különböző sajtok ammóniatartalma a vízoldható frakcióban is igen eltérő. A camembert és limburgi sajtokban a vízoldható frakciónak 25%-a, a gruyere sajtban pedig 13%-a ammónia. Az ementáli sajtban az összes nitrogén 2–3%-a, az érett Kashkaval sajtban pedig 0,09%-a az ammónia.

A szabad aminosavak önmagukban csak kismértékben járulnak hozzá a sajt aromájának kialakításához, a háttérhatásban azonban jelentős szerepük lehet. Ízletlenek azok a sajtok, ahol a szabad aminosavak koncentrációja alacsony. Egyesek szerint nincs összefüggés az aminosavak koncentrációja, valamint az íz- és aromahatás között, mások szerint viszont a sajt aromaanyagainak kialakulásához mind a zsír, mind a fehérje bomlásának termékei hozzájárulnak. A cheddar sajt esetében bizonyították, hogy az aroma részben a fehérjehidrolízis termékeinek is köszönhető.



21.10. ábra. Dán sajtok szabad aminosav-tartalmának alakulása az érés során

A sajt keserű ízét a keserű peptidek okozzák, így a β -kazeinből származó peptidek felelősek pl. a cheddar sajt keserű ízéért. Az Alpin sajt keserű ízét a Leu-Trp-Arg tripeptid okozza, amelynek érzékelhetőségi határa 60 mg/kg. A keserű ízű leucin, fenilalanin és arginin nagy koncentrációja a szabadaminosav-frakcióban szintén hozzájárulhat a keserű íz kialakulásához.

Különféle sajtok összes szabad- és szabad D-aminosav-tartalma

Az utóbbi évek kutatásai tisztázták, hogy élelmiszereink vagy a technológiai beavatkozás következtében, vagy az élelmiszer mikrobiológiai állapotában bekövetkezett változásnak köszönhetően jelentős mennyiségben tartalmazhatnak D-aminosavakat. Nagyon kevés adattal rendelkezünk különböző sajtok összes szabad- és különösen szabad D-aminosav-tartalmáról, ezért azt vizsgáltuk, hogy a különböző sajtok előállításánál felhasznált mikroorganizmusok milyen mértékben járulnak hozzá a sajt szabad-, illetve szabad D-aminosav-tartalmához, hisz a D-aminosavak a mikroorganizmusok anyagcseretermékeiként kerülnek be a tejbe.

Egy kísérlet során nyolc különböző technológiával készült sajt szabad- és szabad D-aminosav-összetételét határoztuk meg. A vizsgált sajtok a következők voltak:

- érett ardrahan ír sajt külső (kb. fél cm vastag) rétege és belső része,
- Camembert sajt külső (kb. fél cm vastag) rétege és belső része,
- dán kék sajt,
- ementáli sajt,
- gouda sajt,
- mozzarella sajt,
- parmezán sajt,
- közönséges cheddar sajt,

- különböző módszerekkel előállított cheddar sajt.
 - 1. kísérlet: csak starterrel (I) előállított,
 - 2. kísérlet: starterrel (I) és Lactobacilusokkal előállított,
 - 3. kísérlet: csak starterrel (II) előállított,
 - 4. kísérlet: starterrel (II) és Lactobacilusokkal előállított cheddar sajt.

A különböző sajtok összes szabadaminosav-tartalmát a 21.5.–21.8. táblázat, szabad D-aminosav-tartalmát pedig a 21.9. táblázat mutatja be.

21.5. táblázat. Az Ardrahan ír és a camembert sajt külső rétegének és belső részének összes szabadaminosav-tartalma

Aminosavak $\mu\text{mol}/100\text{ g}$	Érett ardrahan ír sajt külső rétege	Érett ardrahan ír sajt belső része	Camembert sajt külső rétege	Camembert sajt belső része
Asp	272	337	302	259
Thr	274	320	209	195
Ser	364	465	337	232
Glu	1325	1634	945	1193
Pro	1169	1207	1970	1544
Gly	938	708	875	616
Ala	1598	1395	1858	1613
Cys	194	145	24	29
Val	1850	1826	1629	1264
Met	639	558	623	530
Ile	972	904	938	790
Leu	2661	3078	1836	1533
Tyr	340	260	625	524
Phe	1327	1467	1081	945
His	3256	3116	1353	1584
Lys	1062	1389	1393	1336
Arg	1280	1173	487	522

A különböző sajtok összes szabadaminosav-tartalmát vizsgálva megállapítható, hogy a legtöbb szabad aminosavat – 39677 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ -ot, amely 128-as átlagos aminosav-molekulatömeggel számolva mintegy 5,1 g szabad aminosavnak felel meg 100 g sajtban – a parmezán sajt tartalmazza, a legkevesebbet pedig 2446 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ -mal a mozzarella. A szabad aminosavak mennyiségét illetően a második helyen a gouda sajt található 24010 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ -mal, majd következik az Ardrahan sajt belső, ill. külső része 19982, illetve 19521 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ -mal. Ötödik helyre az ementáli sajt került 18460 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ -mal, alig maradva el az ardrahanétól. A camembert külső rétegének (16458 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$) szabadaminosav-koncentrációja némileg nagyobb, mint a belső résznél (14709 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$), ellentétben az Ardrahannal, ahol a külső és belső rész között a szabad aminosavak tekintetében nem volt lényeges különbség. Kissé kisebb szabadaminosav-tartalmat mértünk a dán kék sajt esetében 13008 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ -mal.

21.6. táblázat. *A dán kék, az ementáli, a gouda és a mozzarella sajt összes szabadaminosav-tartalma*

<i>Aminosavak μmol/100 g</i>	<i>Dán kék</i>	<i>Ementáli</i>	<i>Gouda</i>	<i>Mozzarella</i>
Asp	286	157	214	18
Thr	360	613	980	44
Ser	773	661	2223	110
Glu	739	734	1077	40
Pro	827	2425	3446	226
Gly	426	865	1306	117
Ala	500	888	1204	156
Cys	36	118	24	2.4
Val	735	1657	2360	197
Met	712	504	712	130
Ile	569	928	1546	139
Leu	1467	2380	2586	299
Tyr	787	471	468	126
Phe	964	1120	1610	190
His	2137	2616	1541	360
Lys	1314	1672	2231	256
Arg	376	651	482	106

A cheddar sajtok szabadaminosav-tartalma lényegesen kisebb volt az előbbieken felsoroltaknál. A közönséges cheddarnál kaptuk a legkisebb szabadaminosav-tartalmat (3977 μmol/100 g), a kísérletben előállított cheddar sajtjánál pedig ott volt nagyobb szabadaminosav-tartalom, ahol nemcsak starterkultúrát (6567, illetve 5393 μmol/100 g), hanem *Lactobacillus*okat is felhasználtak (7359, illetve 6028 μmol/100 g) az előállítás során.

Az egyes aminosavak mennyiségét külön-külön vizsgálva megállapítható, hogy legkisebb koncentrációban a cisztin fordul elő (2,4–194 μmol/100 g). Ezen belül az ardrahan külső és belső rétege, valamint az ementáli tartalmazta a legtöbb cisztint (118–194 μmol/100 g), a camembert, a Dán kék és a gouda cisztintartalma mintegy 20%-a, a mozzarella, a parmezán és a cheddar sajtok cisztintartalma pedig csak mintegy 2–5%-a volt az előzőeknek.

Az ardrahan és a camembert külső és belső részének szabadaminosav-összetételét vizsgálva megállapítható, hogy az aszparaginsav, a treonin, a szerin és a tirozin mennyisége 200–600 μmol/100 g között, a metionin, a glicin és az izoleucin mennyisége pedig 550–950 μmol/100 g között változik. Ezeket követi növekvő sorrendben az arginin, a lizin, a glutaminsav, a valin, a prolin, a fenilalanin és az alanin 1000–2000 μmol/100 g koncentrációval, míg a sort az Ardrahan sajt zárja a maga igen magas leucin- (2600–3100 μmol/100 g) és hisztidin- (3100–3300 μmol/100 g) tartalmával.

21.7. táblázat. *A parmezán, a kereskedelmi forgalomban kapható cheddar és a különböző technológiával készült cheddar sajtok összes szabadaminosav-tartalma*

<i>Aminosavak μmol/100 g</i>	<i>Parmezán</i>	<i>Kereskedelmi cheddar</i>	<i>Cheddar 1-es kísérlet</i>	<i>Cheddar 2-es kísérlet</i>
Asp	273	160	170	215
Thr	2120	95	151	179
Ser	4433	218	401	479
Glu	678	319	497	527
Pro	6193	432	560	610
Gly	2096	139	212	262
Ala	2018	212	331	343
Cys	5,4	4,8	2,4	4,7
Val	3542	234	495	490
Met	1156	158	204	243
Ile	2742	154	213	276
Leu	3391	352	999	1250
Tyr	1153	189	188	156
Phe	2162	268	646	673
His	1727	521	805	933
Lys	3457	362	481	562
Arg	2531	159	212	157

A parmezán és a gouda sajtoknál a helyzet lényegesen megváltozik egyes aminosavak esetében. Ezeknél a sajtoknál jelentősen megnőtt a treonin, de különösen a szerin és a prolin mennyisége. A parmezánnál a prolinra mértük az összes sajt és összes vizsgált aminosav vonatkozásában a legnagyobb értéket 6193 μmol/100 g-mal, a második legnagyobbat pedig a szerin esetében 4433 μmol/100 g-mal. A többi aminosav mennyisége hasonlóan alakul az Ardrahan és a camembert sajtoknál tárgyaltakhoz azzal a különbséggel, hogy a parmezán esetén a lizintartalmat is nagyinak (3457 μmol/100 g) mértük.

A cheddar sajtoknál nem volt lényeges különbség a különböző módszerekkel előállított sajtok között a szabad aminosavak arányát tekintve. Egyedül a közös cheddar tért el jobban a másik négytől lényegesen alacsonyabb valin-, leucin- és hisztidintartalmával. Amennyiben a cheddar sajtokat a camemberthez vagy az ardrahanhoz hasonlítjuk, megállapítható, hogy a szabad aminosavak közötti arányok egy-két esettől eltekintve gyakorlatilag megegyeznek. Említést érdemlő különbség az, hogy a cheddar sajtoknál alacsonyabb az alanin és a valin, ezzel ellentétben viszont lényegesen nagyobb a szerin részaránya.

21.8. táblázat. A különböző technológiával készült cheddar sajtok összes szabadaminosav-tartalma

<i>Aminosavak μmol/100 g</i>	<i>Cheddar 3-as kísérlet</i>	<i>Cheddar 4-es kísérlet</i>
Asp	130	137
Thr	104	100
Ser	241	285
Glu	426	384
Pro	437	605
Gly	187	198
Ala	336	271
Cys	2,4	2,4
Val	378	445
Met	175	214
Ile	106	112
Leu	932	1069
Tyr	155	192
Phe	587	671
His	778	874
Lys	316	363
Arg	103	106

Amennyiben az összes általunk vizsgált sajt szabad aminosavainak arányait hasonlítjuk össze, akkor megállapítható, hogy az ardrahan és a cheddar sajtok a leucin és a hisztidin igen magas részarányával, a parmezán és a gouda magas szerin- és prolin-, és viszonylag alacsonyabb glutaminsav- és hisztidinrészarányával tűnnek ki, míg a többi sajtnál egy viszonylag kiegyenlített szabadaminosav-arány mutatkozik.

A sajtok szabad D-aminosavait vizsgálva megállapítottuk, hogy a 14 vizsgált minta átlagában a D-Asp mennyisége a legkisebb (5,2–89 μmol/100 g), a D-Ala mennyisége a legnagyobb (52–752 μmol/100 g), míg a D-Glu mennyisége közbülső értéket foglal el a másik két aminosav között 9,6–244 μmol/100 g-mal. A D-aminosavak mennyiségét az összes szabad aminosav százalékában kifejezve a D-Glu-nál kaptuk a legkisebb értéket 15,84%-kal, míg a D-Asp (30,31%) és a D-Ala (37,15%) aránya lényegesen kisebb mértékben különbözött egymástól.

Az egyes sajtokat tekintve mind a szabad D-aminosavak mennyisége, mind aránya jelentős eltérést mutat. Az ardrahan és a camembert külső és belső rétegében a szabad D-aminosavak mennyisége gyakorlatilag megegyezik. Mind a négy vizsgált minta esetében a D-Asp mennyisége a legkisebb (36–42 μmol/100 g a camembertnél és 70–74 μmol/100 g az ardrahannál), a D-Glu mennyisége közbülső helyet foglal el (122–235 μmol/100 g), míg a legnagyobb mennyiségben a D-Ala található a mintákban (259–433 μmol/100 g). Egészen más a helyzet ha a D-aminosavak százalékos arányát tekintjük az összes aminosav százalékában.

Ebben az esetben az ardrahannál a D-Asp (23,2–27,2%) és a D-Ala (27,1–28,2%) százalékos aránya lényegesen nagyobb, mint a camemberté (13,9–14,0%, ill. 16,1–18,0%), a D-Glu százalékos arányában viszont nincs különbség a két sajt között (13,1–14,4% az ardrahannál és 12,9–14,8% a camembertnél). Sem a D-aminosavak mennyiségében, sem azok részarányában nem találtunk lényeges különbséget a külső réteg és a belső rész között.

21.9. táblázat. A különböző sajtok D-aminosav-tartalma

Sajtok	D-aminosavak, $\mu\text{mol}/100\text{ g}$					
	D-Asp	D-Asp%	D-Glu	D-Glu%	D-Ala	D-Ala%
Érett ardrahan ír sajt külső rétege	74	27,2	173	13,1	433	27,1
Érett ardrahan ír sajt belső része	70	23,2	235	14,4	393	28,2
Camembert sajt külső rétege	42	13,9	122	12,9	334	18,0
Camembert sajt belső része	36	14,0	176	14,8	259	16,1
Dán kék sajt	89	31,1	149	20,2	212	42,4
Ementáli	42	26,8	195	26,6	405	45,6
Gouda sajt	61	28,5	244	22,7	462	38,4
Mozzarella	5,2	28,9	9,6	24,0	52	33,3
Parmezán	57	20,8	72	10,6	752	37,3
Kereskedelmi cheddar	74	46,3	45	14,1	96	45,3
Cheddar 1-es kísérlet	74	43,5	62	12,5	153	46,3
Cheddar 2-es kísérlet	89	41,4	65	12,4	165	48,1
Cheddar 3-as kísérlet	59	45,4	53	12,5	161	47,9
Cheddar 4-es kísérlet	41	33,4	42	10,9	125	46,1

Az előzőekben elmondottakhoz hasonló a helyzet akkor, ha a dán kék, az ementáli, a gouda, a mozzarella és a parmezán szabad D-aminosavainak mennyiségét hasonlítjuk össze. Mindegyik sajt esetében a D-Asp mennyisége a legkisebb, a D-Ala mennyisége a legnagyobb, a D-Glu pedig közbülső helyet foglal el a másik két aminosav között. Szembeötlő a mozzarella igen kis D-aminosav-tartalma, ami nem meglepő, ha tudjuk, hogy az összes szabad aminosav tekintetében is a mozzarella van az utolsó helyen. Ugyancsak szembeötlő az, hogy a parmezán D-Asp-tartalma nem különbözik lényegesen a másik hárométól, D-Glu-tartalma közülük a legkisebb, legnagyobb viszont – az összes többi sajttal összehasonlítva is – a D-Ala-tartalma, amit talán magyaráz a parmezán kiemelkedően magas összes szabad Ala-tartalma. Ha a D-aminosavak mennyiségét vizsgáljuk az összes szabad aminosav százalékos arányában, akkor megállapítható, hogy az ementáli kivételével (ahol a D-Asp és D-Glu százalékos aránya gyakorlatilag megegyezik) a D-Asp %-os részaránya 5–20%-kal nagyobb, mint a D-Glu-é. Lényegesen nagyobb (33,3–45,6%) a D-Ala részaránya az összes D-aminosavon belül.

A különböző technológiával kapott cheddar sajtok szabad D-aminosav-összetételét összehasonlítva, törvényszerűségeket a sajtelőállítás technológiája és a szabad D-aminosav-tartalom között nem tudtunk megállapítani. A különböző technológiával előállított cheddar sajtok szabad D-Asp-tartalma 41–89, D-Glu-tartalma 42–65, D-Ala-tartalma pedig 125–165 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ között változott. Amennyiben a D-aminosavak százalékos arányát hasonlítjuk össze, akkor megállapítható, hogy a negyedik kísérletben kapott sajt kissé alacsonyabb D-Asp arányától eltekintve az összes D-aminosav aránya mindegyik technológiával kapott sajtnál gyakorlatilag megegyezik, tehát úgy tűnik, hogy a sajtelőállítás módszere a cheddar sajtok esetében nem befolyásolja a sajt D-aminosav-tartalmát és a D-aminosavak arányát.

Élelmezési szempontok

Élelmezési szempontból a sajtok nagy jelentőségűek a magas biológiai értékű fehérjetartalmuk miatt, ezért a sajtok jelentős mértékben hozzájárulnak a szervezet esszenciális aminosav-ellátásához. A sajtok fehérjetartalma 20 és 35% között változik, és egy típuson belül a fehérjetartalmat a zsírtartalom jelentős mértékben befolyásolhatja. 100 g lágy sajt a napi fehérjeszükséglet 30–40%-át, 100 g kemény sajt 40–50%-át biztosítja. A 21.10. táblázat néhány sajt fehérje- és zsírtartalmát, valamint kalcium- és foszfortartalmát is mutatja. A sajtok szénhidráttartalma a sajt fajtájától függően 0,6–4,75% között változik. A viszonylag alacsony értéknek az az oka, hogy a laktóz nagy része a savóban marad a sajt készítés során, illetve a tejcukor az érlelt sajtokban egy-két hét alatt tejsavvá bomlik.

A sajtelőállítás folyamán a sajt főként kazeinből készül, míg az igen nagy biológiai értékű savófehérje jobbra a savóban marad. Ezért a sajtfehérje biológiai értéke kissé alacsonyabb, mint a teljes tejfehérjéé, de nagyobb, mint a kazeiné. Hogyha a tejfehérje esszenciális aminosav-indexe 100, akkor a különböző típusú sajtok fehérjéjéé 91 és 97 között változik. A sajtfehérje biológiai értékét nem befolyásolja a *renninnel* való kezelés, az érlelés során lejátszódó változások vagy a savas alakban való kicsapás. A Maillard-reakció nem fordul elő a sajtgyártás folyamán, ezért a sajtfehérje lizinjének hasznosulása ugyanaz, mint a tejé. A gouda és a tilsiti sajt esetén a 16–20 hetes érlelési periódus nem okozott jelentős változást a fehérje PER-vagy NPU-értékében. Néhány esetben a sajtfehérje NPU-és PER-értékét nagyobbak találták a tejfehérjénél, végeredményben tehát mind a sajtfehérje esszenciális aminosav-tartalma, mind a tejfehérjéé nagyon közel áll a referencia fehérjéhez. A sajt érlelése bizonyos előemésztésnek tekinthető, aminek következtében a fehérje emészthetősége nő, és több sajtfehérje valódi emészthetősége megközelíti a 100%-ot. A kis tagszámú peptidek keresztülmennek a vékonybél sejtfalán, sőt keresztüljutnak a sejtmembránon, és így közvetlenül hasznosulnak a sejtben. A sajtfehérje esszenciális aminosavainak hasznosulása 89,1%, nagyobb, mint a vonatkozó tejfehérjéé (85,7%), és majdnem azonos a tojáshfehérjéével (89,6%). A sajt szabad aminosavai, különösen az aszparaginsav és a glutaminsav, elősegítik a gyomornedv-elválasztást.

21.10. táblázat. *Néhány sajt zsír-, fehérje-, kalcium- és foszfortartalma*

Sajt	Zsirtartalom		Fehérjetartalom	Ca-tartalom	P-tartalom
	Száranyagban %	Abszolút %	%	g/kg	g/kg
Parmezán	40	26,0	36,5	13,0	8,8
Ementáli	45	29,0	27,9	10,8	8,6
Tilsiti	45	27,7	26,0	8,0	5,3
Cheddar	50	32,4	25,4	8,0	5,0
Edami	45	26,0	25,5	7,5	4,5
Gouda	45	29,0	25,4	8,2	4,4
Butter sajt	50	28,8	21,1	6,9	4,2
Roquefort sajt	50	29,0	22,4	7,0	4,9
Brie	50	23,0	22,4	4,0	4,0
Camembert	45	22,3	22,0	4,0	4,0
Limburger	40	19,7	22,4	5,7	3,0
Romadur	30	15,0	23,2	5,1	3,0
Feta	40	18,8	17,8	6,5	4,0
Cottage sajt	20	4,6	14,7	0,8	1,6
Túró	40	11,8	11,8	0,7	1,5

Aminok

A szabad aminosavak dekarboxileződése a sajt érése folyamán aminok keletkezéséhez vezet. Jó példa erre a tirozin átalakulása tiraminná a dekarboxileződés folyamán. A sajt legfontosabb aminjai a hisztamin, a tiramin, a triptamin, a putreszcin, a kadaverin és a fenil-etil-amin. Az egyes aminok koncentrációja a sajtokban nagyon különböző. A cheddar sajt tiramintartalma pl. 0 és 155 µg/kg, hisztamintartalma pedig 0 és 1300 µg/kg között változhat. Az aminok koncentrációja függ az érlelés idejétől, az ízanyagok kialakulásától és a mikrobiális tevékenységtől. A nagy variabilitás ellenére a sajtok átlagos amintartalmát becsülni lehet. Ezen értékek a 21.11. táblázatban találhatók.

21.11. táblázat. *Néhány sajt tiramin- és hisztamintartalma*

Sajt	Tiramintartalom	Hisztamintartalom
	µg/g	
Cheddar	910	110
Ementáli	190	100
Roquefort sajt	440	400
Edami, gouda	210	35
Camembert	140	30
Cottage sajt	5	5

A táblázatból kitűnik, hogy a cheddar sajt meglepően nagy koncentrációban tartalmazza a tiramint, a kék sajt mind a tiramint, mind a hisztamint, és kevés

különbség van a kemény, a félkemény és a lágy sajtok között. Esetenként a sajt-kéreg tiramintartalma is magas volt.

A tej amintartalma igen alacsony. Egy cm^3 tejből 0,2–0,8 μg tiramint, és 0–1,1 μg hisztamint lehet kimutatni. A trimetil-amint, amelynek kimutatási határa 1 $\mu\text{g}/\text{cm}^3$, csak olyan állatok tejéből lehet kimutatni, amelyek speciális takarmányt fogyasztottak. Nagyon alacsony koncentrációban hisztamint és tiramint is ki lehet mutatni tejporból és csecsemőtápszerből. A tejpor e két anyagból 0,42 és 0,16 mg-ot, a csecsemőtápszer pedig 1,31 és 1,18 mg-ot tartalmaz kilogrammonként.

A fiziológiásan aktív aminok közül a tiramin és a fenil-etil-amin növeli, a hisztamin pedig csökkenti a vérnyomást. A *mono-* és *diamin oxidázok* viszonylag gyorsan átalakítják az élelmiszerekben relatíve jelentős mennyiségben előforduló biogén aminokat az oxidatív dezaminálás során aldehidekké és karbonsavakká, ezért a sajtok és egyéb élelmiszerek amintartalma nem veszélyes a fogyasztó egészségére. Csak néhány rendkívül érzékeny ember panaszkodott migrénre sajt-fogyasztás után, amit talán a sajt amintartalma okozott.

Az ilyen emberek szervezetéből nagy valószínűséggel hiányzik a genetikailag determinált *monoamin oxidáz*, náluk 100 mg tiraminfogyasztás erős fejfájást okozhat. A különböző aminvegyületek toxicitása széles tartományban változik; tiraminra 10–80 mg-ot, hisztaminra 5–8 mg-ot és 70–1000 mg-ot is megállapítottak. Meg kell azonban említeni a sok hátrányos hatás mellett, hogy az aminok gátolják egyes baktériumok szaporodását.

Azoknál az embereknél, akik magas vérnyomásban vagy más hasonló betegségben szenvednek, és monoaminoxidázinhibitor-tartalmú gyógyszereket fogyasztanak, az aminok lebomlása a szervezetben gátolt. Ilyen esetekben a sajt-fogyasztás fél-két órán belül magas vérnyomáshoz vezetett, ezért az ilyen eseteket sajtszindrómának is hívták. Patkányokkal és macskákkal végzett kísérletek azt mutatták, hogy a hatásért elsődlegesen a tiramin a felelős, ilyen gyógyszereket azonban manapság már csak elvétve használnak. Azokban az esetekben azonban, ahol ilyen gyógyszereket alkalmaznak, óvakodni kell a sajt és a magas tiramintartalmú élelmiszer fogyasztásától.

21.3.1.3. Ásványi anyagok és nyomelemek

A sajt kalcium- és foszfortartalma ugyanolyan szerepet tölt be az emberi szervezet kalcium- és foszforellátásában, mint a tej; 100 g lágy sajt a szervezet napi kalciumszükségletének 30–40%-át, foszforszükségletének pedig 12–20%-át biztosítja, míg 100 g kemény sajttal a napi kalciumadagot teljesen, a foszforszükségletet pedig 40–50%-ban fedezni lehet. A különböző sajtok ásványianyag-tartalmát a 21.10. táblázat tartalmazza. Ismételten fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a sajt zsírtartalma nemcsak a fehérjetartalmat, hanem az ásványianyag-tartalmat is jelentős mértékben befolyásolja, a több zsír ugyanis kevesebb ásványianyag-tartalommal jár együtt. A *renninnel* koagulált tejből készült sajt kalciumtartalma

nagyobb, mint a savas kicsapás után. A tilsiti és a trappista sajt a tej kalciumtartalmának 60–65%-át, a foszfortartalomnak pedig 50–55%-át visszatartja. A vízdoldható kalciumkomponensek részaránya az érlelés folyamán nő. A sajt kalcium-, foszfor- és magnéziumtartalmát a szervezet ugyanolyan jól tudja hasznosítani, mint a tejét. Nemcsak a kalcium és a foszfor mennyisége nagy a sajtokban, hanem e két elem aránya is optimális a szervezet számára, a sajt ezenkívül egyike azon élelmiszereknek, amelyek nem okoznak fogszuvasodást.

A különböző sajtok összes ásványi anyagainak mennyisége 0,7 és 6% között van. Legalacsonyabb a frissen készült sajtok és a juhsajt ásványianyag-tartalma. A különböző sajtok nátrium-, kálium- és magnéziumtartalmának határértékeit az alábbi összeállítás tartalmazza g/kg-ban:

nátrium	0,3–18,5
kálium	0,5–3,8
magnézium	0,1–0,7

Az igen eltérő nátriumtartalom oka a sajtok eltérő sózása, aminek következtében a különböző sajtok sótartalma nagyságrendekkel különbözhet. A vásárlók ízlése az utóbbi időben változott, és inkább a kevésbé sós sajtok irányába tolódott el. A különböző sajtok sótartalmát (g/100 g) a következő összeállítás tartalmazza:

Cheddar	1,7
Ementáli	0,6
Tilsiti	1,3
Camembert	1,6
Gruyere, parmezán	2,1
Gouda, Edami, brie	2,1
Roquefort	4,3
Feta	4,6
Friss sajtok	0,4
Juhsajt	0,8

A forró égövi országokban készített helyi sajtok (a török fehér sajt vagy az iráni Kashkaval) sótartalma 10% körül alakul vagy azt még meg is haladhatja. A különböző sajtokban előforduló nyomelemek koncentrációhatárait a következő összeállítás mutatja mg/kg-ban.

Vas	0–12,0
Réz	0,2–3,6
Mangán	0,3–5,3
Molibdén	0,05–0,5
Cink	2,7–120
Nikkel	0,05–1,4
Fluor	0,1–3,0
Króm	0,05–1,6
Jód	0,05–1,0
Szelén	0,05–0,12

Bór	0,2–7,9
Kobalt	0,004–0,038

Régebben az ementáli sajt réztartalma a 27 mg/kg-ot is elérte, mert a sajtot rézből készült kádakban készítették. Manapság a réztartalom nem haladja meg az előbbi összeállításban szereplő értékeket. A magas réztartalom egyfelől az aszkorbinsav teljes oxidációjához vezetett, másfelől részben inhibálta a propionsav fermentációját, az acetoin és a diacetil kialakulását, de nem volt hatással a tejsav fermentációjára.

A cink- és a vasvisszatartást különböző speciális technológiai eljárásokkal növelni lehet. A Cottage sajtot például megnövelt vastartalmú tejből készítik, amelynek 58%-a visszamarad a sajtban. Az ilyen sajt 100 g-ja egy felnőtt napi vasszükségletének 30%-át is képes fedezni.

21.3.1.4. Vitaminok

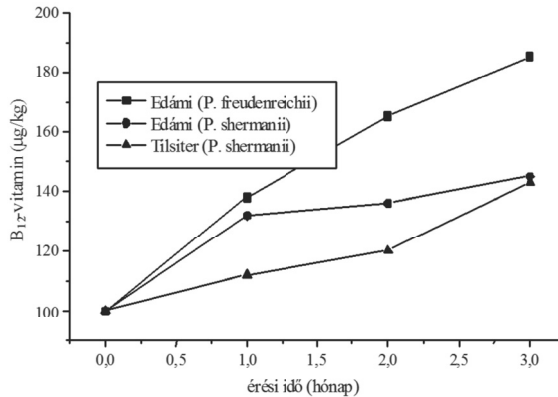
A sajt zsíroltható vitamintartalma függ a zsírtartalomtól. A tej A-vitamin-tartalmának 80–85%-a átmegy a sajtba. Ez az arány a vízoltható vitaminokra sokkal alacsonyabb. A nikotinsav, a folsav és az aszkorbinsav 10–20%-a, a riboflavin és a biotin 20–30%-a, a piridoxin és a pantoténsav 25–45%-a, a B₁₂-vitaminnak pedig 30–60%-a megy át a tejből a sajtba, a maradék pedig a savóban marad. A B₁₂-vitamin esetében megállapították, hogy több vitamin marad a sajtban, ha savval kicsapott, és kevesebb, ha *renninnel* kicsapott kazeinből készül. Annak ellenére, hogy a B-vitaminok nagyobb része a savóban marad, a tej igen nagy B-vitamin-tartalma következtében a sajtok még így is jelentős mennyiségben járulnak hozzá a szervezet B-vitamin-ellátottságához.

A 21.12. táblázat a különböző sajtok vitamintartalmát mutatja. A penésszel érő sajtok egy része több B-vitamint tartalmaz, mint a nem penésszel érők, amire jó példa az igen nagy B₁- és B₆-vitamin-tartalmú camembert sajt. A lágú sajtok és a kék sajt kéregállománya több B-vitamint tartalmaz, mint azok belső része.

21.12. táblázat. Néhány sajt vitamintartalma

Vitamin	Vitamintartalom (mg/kg)						
	Ementáli	Cheddar	Edami	Roquefort	Camembert	Cottage	Túró
	<i>sajtban</i>						
A-vitamin	3,3	3,6	2,5	3,6	3,0	0,4	0–1
Tiamin	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3	0,3
Riboflavin	3,5	4,7	3,5	2,9	5,8	2,9	2,8
Piridoxin	0,9	0,7	0,6	–	2,0	0,25	–
Kobalamin	0,02	0,01	0,02	0,02	–	0,02	0,02
Nikotinsav	1,0	1,0	1,0	1,0	12	1,0	1,0
Folsav	0,2	0,15	–	0,4	–	0,3	–
Tokoferol	3	10	–	6	3	2,4	–

A sajtok B-vitamin-tartalma az érlelés folyamán jelentősen változik, ugyanis ezeket a vitaminokat a mikroorganizmusok szintetizálják és fogyasztják is. A sajt néhány B-vitaminjának koncentrációja függ attól, hogy milyen starterkultúrákat alkalmaztak, és függ a tárolás idejétől is. A hosszú tárolási idő ezért a B-vitamin-tartalom növekedéséhez vezethet.



21.11. ábra. A B_{12} -vitamin mennyiségének növekedése a sajt érése során propionsav-baktériumkultúra hatására

A sajt egyes mikroorganizmusainak izolálásával kimutatták, hogy azok képesek a nikotinsav, a folsav, a biotin és a pantoténsav szintézisére. A *Geotrichum candidum*-ról kiderült, hogy képes a piridoxin szintézisére. A propionsav-baktériumok B_{12} -vitamin szintézise a kemény sajtokban, különösen az ementáliban, érdeklődésre tarthat számot.

Amikor az Edami, a tilsiti és sok egyéb más sajt előállításánál propionsavbaktérium-szintenyészetet adtak a sajttejhez, néhány esetben, különösen a *Propionibacterium freudenreichii* esetében, a kobalamintartalom megduplázódott (21.11. ábra). A sajtok külső fehér penészrétege, mint amilyen pl. a camembert-é, ergoszterint is tartalmaz, amely a D_2 -vitamin prekursora. Az ergoszterin normál körülmények között nem fordul elő a tejben, hanem a sajt érlelése során a *Penicillium (P) caseicolum* termeli. A B-vitaminok koncentrációjának növekedésével ellentétben, a sajt C-vitamin-tartalma gyakorlatilag teljesen elbomlik az érlelés során.

21.3.1.5. Szerves savak

A sajt laktóztartalma viszonylag alacsony, mert a laktóz egy része a savóban marad, a túró laktóztartalma pedig részben tejsavvá alakul át az érlelés folyamán. A cheddar sajt laktóztartalma kilogrammonként 0,7–4,8 g, galaktóztartalma 0,02–1,5 g, glükóztartalma pedig 4–110 mg. A különböző sajtok átlagos tejsavtartalma a következő:

Parmezán	0,7%
Cheddar	1,3%
Tilsiti	1,0%
Quarg	0,7%
Roquefort	0,6%,
Ementáli	0,4%
Juhsajt	0,3%
Camembert	0,2%

A tej természetes orotsavtartalmát a mikroorganizmusok elbontják, ezért jelenléte a sajtban már csak alig mutatható ki, ezzel szemben az N-acetil-neuraminsav koncentrációja nem változik az érlelés folyamán. A citromsav 90%-a a savóban marad a sajt készítés folyamán. A nukleotidok nagy része szintén a savóban marad, de a sajt érése folyamán újraképződnek, ezért mennyiségük indikátora a sajt érettségi fokának.

Egy kísérletben a sajt nukleotidtartalma 4,7 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ -ról 28 nap alatt 9,8 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$ -ra nőtt. Bizonyos nukleinsavak és nukleinsav-származékok hozzájárulnak a sajt zamatához. A sajt készítés során használt starterkultúrák benzooesavat szintetizálnak a sajt érése folyamán. A különböző sajtok benzooesav-tartalma mg/kg-ban kifejezve a következő:

Skandináv savósajt	25–64
Cheddar	35
Cottage sajt	9–18
Camembert, gouda,	
Edámi, Herrgard sajt	6–11

A roquefort sajt csak nyomokban tartalmaz benzooesavat.

21.3.2. Mikrobiológiai szempontok

A sajttejet általában rövid idejű hőkezeléssel pasztörözik, amelynek során a patogén mikroorganizmusok elpusztulnak. Ennek következtében annak az esélye, hogy a sajt fogyasztás során az ember megfertőződik ezekkel a mikroorganizmusokkal, gyakorlatilag nulla. Az ementáli sajtot nyers tejből is készítik ugyan, de a túró hőkezelése jelentős mértékben csökkenti a virulens mikroorganizmusok számát, a hőkezelést túlélő mikroorganizmusok pedig elpusztulnak az érlelés folyamán. Ennek következtében még az a sajt is biztonságosan fogyasztható hat hónapos érlelés után, amelyet tuberkulózisbaktériummal erősen fertőzött tejből készítettek. Egy másik kísérletben viszont, ahol a tejet szándékosan tuberkulózis- és *Brucella* baktériumokkal fertőzték, kimutatták, hogy ezek a mikroorganizmusok képesek bizonyos érlelési időt túlélni, hisz lágy sajtokon még az érlelés végén is életképes baktériumokat találtak. Ezzel szemben a szalmonella néhány napon belül elpusztul, feltéve, ha a tejsavas erjedést követően megfelelően alacsony a pH. A kevés számú fertőzést okozhatta, hogy a sajtot nyers tejből

készítették, hogy a sajttej újrafertőződött, vagy mert a sajt érlelése folyamán nem képződött elegendő sav.

A manapság készített sajt abszolút biztonsággal fogyasztható nemcsak azért, mert a sajtot csak pasztörözött tejből készítik, hanem azért is, mert a brucellózis és a tuberkulózis csak igen ritkán fordul elő tejtermelő tehenészetekben, ezért a brucellózisra vagy tuberkulózisra irányuló tesztek lágy sajtokból az utóbbi időkben mindig negatív eredményt adtak. Az az időtartam, amelyet a patogén mikroorganizmus a sajtokban képes túlélni, függ a mikroorganizmus típusától, a sajt fajtájától és az alkalmazott starterkultúrától. Az enteropatogén *E. coli* pl. a starterkultúrák teljesen elnyomják, a *Staphilococcus*ok száma a savasság növekedésével csökken, míg a száj- és körömfájás vírusa 30 napos érlelési idő alatt inaktíválódik.

A penészeket, különösen a *Penicillium*-tenyészeteket előszeretettel használják a sajtelőállítás folyamán, különösen a sajtok felszínén, ezért felvetődik a kérdés, hogy vajon keletkeznek-e mikotoxinok az előállítás folyamán. Korábban azt gondolták, hogy ezek a penészek termelhetnek aflatoxinokat, de később kiderült, hogy ez a feltételezés a kísérleti eredményekből levont helytelen következtetés volt. A *P. roqueforti* az alábbi vegyületeket és bomlástermékeket szintetizálja:

- A roquefortin alkaloida, amely 0,05–6,8 mg/kg koncentrációban lehet jelen pl. a kék sajtban, a *P. roqueforti*ra jellemző degradációs termék. Jelenlegi tudásunk szerint ez a koncentráció igen alacsony ahhoz, hogy toxikus legyen, ezért a kék sajt fogyasztása semmiféle veszéllyel nem jár.

- Az ún. RP-toxint csak nagyon kevés *P. roqueforti* tenyészet termeli, és az is csak mesterségesen előállított táptalajon. A sajt alkalatlan médium az RP-toxinok termelésére, másfelől pedig az RP-toxinok instabilak és különösen a sajtban gyorsan reagálnak egy aminocsoporttal, majd rövid idő alatt átalakulnak egy ártalmatlan vegyületté, ezért ezt a toxint sohasem tudták sajtból kimutatni még akkor sem, ha a sajtot RP-toxint is termelő tenyészetel készítették.

- Az egerek számára rákkeltő patulint nem termelnek azok a tenyészetek, amelyeket a sajtelőállítás folyamán használnak. Ezen túlmenően a patulin a sajtban gyorsan detoxikálódik, valószínűleg egy szulfhidrilcsoporttal való reakció során, így ez az anyag nagyon gyorsan eltűnik akkor is, ha esetleg kezdetben még jelen is volt a sajtban. Nem tudtak kimutatni patulint a tilsiti sajtból még akkor sem, amikor azt mesterségesen megfertőzték patulint termelő mikroorganizmusokkal.

Nem tudtak kimutatni mikotoxinokat *P. caseicolum* és *P. camemberti* tenyészetekből sem. Semmiféle káros hatást sem találtak, amikor a sajtelőállításnál használt penészeket állatokkal etették. Végző következtetésként elmondható, hogy a sajt készítés során használt penészek ártalmatlanok az ember számára, fogyasztásuk teljes biztonsággal javasolható.

21.3.3. Nitráthozzáadás hatása a sajt minőségére

21.3.3.1. A nitrit hatása

A hosszú érlelési idejű sajtoknál fennáll annak a veszélye, hogy az anaerob spórás klosztridium, különösen a *Clostridium (Cl.) tyrobutyricum*, amely nem pusztul el a pasztörözés hatására, vajsavas fermentációt indíthat el, aminek következtében a sajt felpuffadhat, és így alkalmatlanná válik emberi fogyasztásra. A klosztridiummal való fertőződés veszélye akkor nagy, amikor az állatokat olyan szilázssal takarmányozzák, amelyben a fermentáció nem játszódott le tökéletesen, ezért nagyszámú klosztridium-endospórát tartalmaz. Az ún. kólis puffadás elkerülésére jelenleg még megengedik maximum 20 g nátrium- vagy kálium-nitrát 100 liter sajttejhez történő hozzáadását a sajtelőállítás, különösen a félkemény sajtok előállítása folyamán, mert az érlelési periódus alatt a nitrát nitritté redukálódik, ami megakadályozza a kóliform mikroorganizmusok és bizonyos mértékig a klosztridiumok szaporodását, és így elkerülhető a sajtok ún. korai és esetleg késői puffadása. A nitritnek nincs hatása a tejsavbaktériumok növekedésére. Nitritet nem vagy csak nagyon kis koncentrációban használnak az ementáli sajt előállítása során, mivel az megzavarhatja a propionsavas fermentációt. A nitritadagolás a sajttejhez mégis kerülendő, ugyanis legtöbbször a gyártás nem kielégítő higiéniai viszonyait korrigálják vele.

A nitrit toxikus, ezért jó lenne, ha a sajt nem tartalmazna nitritet az érlelés végén. Valójában tényleg ez a helyzet, mert a nitrit gyorsan elbomlik az érlelés folyamán, és az érlelés végén a legtöbb sajt esetleg csak nyomnyi koncentrációban tartalmaz nitritet. Amikor 20 g nitrátot adnak 100 liter sajttejhez, az érett sajt általában 1 mg/kg nitritet tartalmaz. A parmezán nitrittartalma átlagosan 0,48, a tilsitié pedig 0,27 mg/kg. A sajtok többségéhez azonban nem adnak a sajtelőállítás folyamán nitrátot, ezért ezek nitrittartalma is nulla. Hollandiában a sajtok megengedett maximális nitrittartalma 2 mg/kg, de az ellenőrzések folyamán a talált értékek mindig kevesebbek ennél. A különböző nitráttartalommal készített gouda sajtok nitrittartalma az érlelési periódus 5–10. hetéig nőtt, majd a 20. hétig minden mérésnél 0,5 mg/kg érték alá csökkent. Így ha 100 liter sajttejhez 20 g nitrátot adtak, a nitrit maximális koncentrációja 0,7 mg/kg volt, amely érték az érlelési periódus végére 0,1 mg/kg-ra csökkent.

A nitrit és a lipidek közötti reakció is a nitrit jelentős csökkenéséhez vezet. A holland törvények nemcsak a nitrit, hanem a nitrát koncentrációját is limitálják a sajtban: a maximális megengedett koncentráció 50 mg/kg. Ezt a maximális értéket csak nagyon ritkán múlják felül, hisz az átlagos érték 1–40 mg/kg között változik. A nitráttal nem kezelt sajttejből készült sajt esetén is kimutatható minimális nitráttartalom a tejben, amit a technológia során használt víz nitráttartalma okozhat. A sajttejhez adott nitrát legnagyobb része átmegy a savóba, a sajtban lévő nitráttartalom pedig jelentősen csökken az érlelés során. Összehasonlítva a

vezetékes víz nitráttartalmával, amelynek megengedett maximális értéke 30 mg/dm³, vagy néhány zöldség maximális nitráttartalmával, amely egyes esetekben elérheti a 2500 mg/kg-ot is, a sajt nitráttartalma rendkívül kicsi.

Patkányokkal végzett kísérletek kimutatták, hogy a megemésztett nitrát egy része a vékonybélben a mikroflóra hatására átalakul nitritté, és ez a folyamat játszódik le a vékonybél mukózában is. Ráadásul a nitrittartalom függ a nitrát-beviteltől és a gyomor pH-jától is. Ennek ellenére a megemésztett nitrit és nitrát legnagyobb része nagyon gyorsan kiürül a vizelettel és a bélsárral. Az emberek-nél az ételmiszer nitráttartalmát a mikroorganizmusok a szájból nitritté redukálják, így a nyál tartalmaz nitritet. Egy patkányokkal végzett kísérletben, ahol a takarmány 0–5% nitrátot vagy 0–1% nitritet tartalmazott, szignifikáns testtömeg-csökkenést, valamint hematokrit- és hemoglobin-csökkenést figyeltek meg azoknál az állatoknál, amelyek a legnagyobb koncentrációban fogyasztották ezeket az anyagokat. Az állatkísérletek arra is rámutattak, hogy a nitrát- és nitritfogyasztás negatív hatással van a reprodukcióra, az A-vitamin hasznosulására és a pajzsmirigy működésére. Állatkísérletekkel meghatározták, hogy testtömeg-kilogrammonként 45 µg nitrit abszolút biztonságos az ember számára. A WHO ajánlása szerint 5 mg nitrát és 0,2 mg nitrit testtömeg-kilogrammonként még elfogadható felnőtt emberek esetében. Ebből következően a sajtok igen alacsony nitrit- és nitráttartalma nem jelent veszélyt a fogyasztó számára. A különböző országokban a napi nitrátfogyasztás 50–100 mg között változik, amihez a zöldségek 70–80%-ban, a tej és tejtermékek pedig 0,2–0,7%-ban járulnak hozzá. A tejtermékfogyasztással felvett nitrit részaránya még ennél is kisebb.

Életük első három hónapjában a csecsemők különösen érzékenyek a táplálék nitráttartalmára. Ennek az az oka, hogy az emésztőrendszerben lévő baktériumok a nitrátot toxikus nitritté redukálják, ami blokkolja a hemoglobin oxigénszállítását, methemoglobinémiát okozva. A csecsemőtápszerhez használt alapanyagoknak ezért alacsony nitráttartalmúaknak kell lenniük. Több esetben beszámoltak csecsemők methemoglobinémiájáról, de egyetlen esetben sem a tej volt a mérgező anyag forrása, hanem a bébitápszer előállításához felhasznált víz igen magas nitráttartalma. Egy kísérlet szerint ily módon a csecsemők nitrátfelvétele 7 mg volt testtömeg-kilogrammonként. A zöldségféléken alapuló bébitápszerek néha veszélyes koncentrációban tartalmazzák a nitritet és a nitrátot.

Mivel a sajtkészítésnél a tejhez adott nitrát nagy része átmegy a savóba, a savó nitrát- és nitrittartalmát ellenőrizni kell, ha a továbbiakban fel akarjuk használni szilárd vagy folyékony formában akár emberi táplálékként, akár állatok takarmányozására. A tejsavópor nitráttartalma 5–100 mg/kg között változik, bár néhány esetben ennél sokkal nagyobb értéket is mértek. A Nemzetközi Tejgazdasági Szövetség ajánlása alapján a savópor nitráttartalma nem lehet több 10 mg/kg-nál. Néha igen kis koncentrációban a tejporból is kimutatható nitrit és nitrát.

Mivel a sajt nitrittartalma esetenként jelentős lehet, és belőle a technológiai folyamatok során nitrozaminok is keletkezhetnek, néhány országban megtiltották

a nitrát használatát a sajtkészítés során. A nitráton és nitriten kívül vannak más lehetőségek is, amelyekkel meggátolják a klosztridiumok nemkívánatos tevékenységét a sajtkészítés folyamán. Egyik ilyen módszer a nagy fordulatszámú végzett centrifugálás, amelynek során a klosztridium-spórákat eltávolítják a tejből. Ezeknek a szervezeteknek lizozimmal történő inaktiválása a gyakorlatban nem vezetett teljes sikerre. Kimutatták azt is, hogy kisebb koncentrációban (10 g/100 dm³ sajttej) alkalmazva a nitrátot, megfelelő hatást lehet elérni a klosztridiumok gátlása terén, és így a sajt nitrittartalmát jelentős mértékben csökkenteni lehetett.

21.3.3.2. Nitrózaminok

A nitrózaminok másodrendű aminok és nitritek reakciójából keletkeznek. Eddig kb. 60 különféle nitrózamint ismertünk meg, amelyek nagy része a patkánykísérletek tanúsága szerint erősen karcinogén. Nitrózaminok előfordulnak a cigarettafüstben, különböző húskészítményekben és a sörben. A nitrózaminok kialakulása függ a nitrit koncentrációjától, de független az amintól. A sajtban előforduló két legfontosabb amin, a hisztamin és a tiramin, nem képeznek a nitrittel nitrózaminokat. A reakció pH-függő; az optimális pH 2 és 4,5 között van. Mivel a sajtok pH-ja ennél magasabb, ez meggátolja a nitrózaminok kialakulását. Néhány penész, mint pl. a *P. camemberti*, képes nitrózaminokat szintetizálni ebben a pH-tartományban, de azoknál a sajtoknál, amelyeket nitráttal kezelnek, nem alkalmazzák ezt a penészkultúrát.

Nitrózaminok az emberek és az állatok gyomrában is képződhetnek nitritből és másodrendű aminokból, ugyanis a gyomornedv alacsony pH-ja elősegíti ezt a reakciót. A reakció kinetikája azonban valószínűtlené teszi, hogy ez a reakció akár a sajtban, akár a gyomorban végbemenjen, ezért csak nyomnyi mennyiségű nitrózamint lehet kimutatni a gyomorból. Az aszkorbinsav is teljesen gátolja a reakciót, és többen arra a következtetésre jutottak, hogy a sajtban esetleg keletkezett nitrózókomponenseket az enzimek lebontják a sajt érése folyamán. Ez az oka annak, hogy a nitrózaminok csak elenyésző koncentrációban mutathatók ki azokból a sajtokból, amelyekhez engedélyezett mennyiségű nitrátot adtak. Koncentrációjuk némely esetben elérte az 1–5 µg/kg-ot, de a legtöbb kísérletben a koncentráció nem haladta meg a 0,2 µg/kg-ot. A legtöbb sajtminóban a nitrózamin-koncentráció a kimutathatósági határ, 0,01 µg/kg koncentráció alatt volt.

A sajtban leggyakrabban a dimetil-nitrózamin fordul elő. Nincs kapcsolat a sajt nitrát- és nitrózamintartalma között, és kimutatták azt is, hogy azok a sajtok is tartalmaztak nitrózamint, amelyek előállításánál nem is használtak nitrátot. A nitrózamin nemcsak a sajtból, hanem a speciális sajt készítéséhez felhasznált hústermékből is származhat. Minden esetben meg lehet előzni a nitrózaminok keletkezését aszkorbinsav hozzáadásával. Egy kísérlet során nem tudtak nitrózamint kimutatni házilag készített, nitritet tartalmazó sajtból és húsból álló élelmiszerből (sonkás sajt pirítóssal).

A tejet és a tejtermékeket szintén intenzíven vizsgálták nitrózaminokat keresve, és megállapították, hogy nitrózaminok nem kerülnek a tejtermékekbe a fermentált alapanyagokkal. Egy alkalommal igen kis koncentrációban (1 µg/kg) kimutattak nitrózamint sovány tejporból, de további vizsgálatokkal fermentációval előállított tejtermékekből sem sikerült ezt az eredményt megismételni.

A nitrózaminok azon vegyületek közé tartoznak, amelyek igen erősen, nem egészen bizonyítottan, az ember számára is karcinogének. Mi az a maximális mennyiség, ami az ember számára még elviselhető? Állatokkal végzett kísérletek alapján úgy gondolják, hogy a még elviselhető mennyiség 5–10 µg/kg ételmszer körülire tehető, ami már a biztonsági tényezőt is magában foglalja. Egy kísérletből kitűnt, hogy az átlag ember évente mintegy 50 µg nitrózamint fogyaszt az ételmszerekkel. Nagy-Britanniában a napi átlagos nitrózaminfogyasztás 1 µg, amelyhez a sajt mintegy 4%-ban járul hozzá, ezért a sajtban igen kis koncentrációban előforduló nitrózaminok jelentősége elhanyagolható. Ismerve azt a tény, hogy a szervezet maga is képez nitritet, a sajt igen kis nitrózamintartalma teljesen elhanyagolható.

21.3.4. A csomagolóanyag hatása

A sajt és az egyéb tejtermékek csomagolására gyakran használják a műanyagokat, sőt a sajtot még az érlelés folyamán is gyakran beburkolják műanyaggal, hogy megvédjék a felületet a penészek elszaporodásától. A csomagolóanyagoknak szigorú követelményeknek kell eleget tenniük. A megfelelő átjárhatatlanságon túl nem szabad toxikusnak lenniük, szag- vagy ízanyagokat képezniük, mert kölcsönhatás léphet fel ezen anyagok és a zsírtartalmú ételmszer között. A zsír elvándorol az ételmszerből a műanyag csomagolóanyaghoz, a stabilizátorokat, az emulgeátorokat, az antioxidánsokat vagy a monomereket kioldhatja abból, és ezek belekerülhetnek az ételmszerekbe. Ezeknek az anyagoknak a vándorlása függ a tárolás hőmérsékletétől. Mivel a tej csak rövid ideig érintkezik ezekkel a csomagolóanyagokkal, a tejből nem lehet a csomagolóanyagból származó komponenseket kimutatni. A sajt esetében egyhónapos tárolás során a csomagolóanyag 1%-a oldódott ki és került a sajtba. Mivel a polietilén-extraktumot veszélyesnek találták állatkísérletek során, megállapítottak egy minimális értéket, ami kioldódhat a csomagolóanyagból a tárolás folyamán. Azon csomagolóanyagok használatát, amelyek nem tudják ezt a megengedett szintet tartani, be kell tiltani. A biztonsági határ vízoldható anyagokra 15 mg/kg, zsíroidható anyagokra pedig 50–60 mg/kg. A tej és tejtermékek csomagolására használt polietilén és a polisztirol megfelel ennek a követelménynek, a PVC-t viszont kevésbé tartják alkalmasnak a zsírdús sajtok csomagolására. A kemény PVC ugyanakkor biztonságos csomagolóanyag még a hosszú ideig tárolt ételmszerek esetén is.

21.3.5. A sajtok tartósítása

21.3.5.1. Szorbinsav

A szorbinsav, valamint kalcium-, nátrium- és káliumsója igen hatékonyan megvédi a sajtot az élesztőgombáktól és a penészekről, továbbá megakadályozza a pszeudomonasz fajok szaporodását is. A szorbinsavat ezért esetenként a kemény és félkemény sajtok felületének kezelésére használják, megvédve ezzel őket a gombáktól az érlelés és a tárolás során, végső soron megőrizve a sajt minőségét. Ez a módszer különös jelentőségű, mert meggátolja az aflatoxinokat termelő penészgombák elterjedését is: pl. ha a szorbátkoncentráció 200–400 mg/kg, nem szaporodik a mikotoxinokat termelő *Aspergillus versicolor*. A szorbinsav a 24 hetes érlelési idő alatt a gouda sajt felületén lévő viaszban meggátolja a penészek elszaporodását. A szorbinsav az ementáli, a tilsiti és a provolone sajtnál is hatásos. A felület kezelése a konzerválószerrel nem befolyásolja az érési folyamatokat és a sajt organoleptikus tulajdonságait. A szorbinsav fungicid hatása jobb, mint a benzooesavé, a felületkezelés azonban csak bizonyos ideig hatásos, mert a szorbinsavat a mikroorganizmusok lebontják, egy része pedig bediffundál a sajt belső részébe. A szorbinsavat ugyancsak használják a csak rövid ideig tárolható quarg (túrósajt) konzerválására is; 0,05–0,07% szorbinsav legalább egy héttel kitolja az eltarthatóság idejét. A szorbinsav az aromát termelő mikroorganizmusokra nincs hatással. Némi aromahiány akkor figyelhető meg, ha a szorbinsav koncentrációja több, mint 0,1%. A vaj 0,1% szorbinsavtartalma megakadályozza a penészek és a kóliform mikroorganizmusok elszaporodását. A szabad zsírsavak koncentrációja ilyen vajban hosszabb tárolás után kisebb a kontrollhoz viszonyítva. A szorbinsav használata szóba jöhet még esetleg a feta sajt, a joghurt és a tejszín tartósításánál is.

A szorbinsav szerkezetéből adódóan abszolút veszélytelen a szervezet számára, mert a szervezet a hat szénatomos kapronsavval azonosítja. Azoknál a kísérleti állatoknál, amelyek 5% szorbinsavtartalmú takarmányt fogyasztottak, nem tapasztaltak semmiféle egészségkárosodást. Ezért engedélyezik számos országban a szorbinsavat és sóit többfajta élelmiszer tartósítására, így a sajτέρα is, bár megkövetelik ennek feltüntetését a csomagolóanyagon. A szorbinsav tehát a legsokoldalúbban használt tartósítószer, mivel veszélytelen és rendkívül hatékony.

21.3.5.2. Natamicin

A natamicin a *Streptomyces (Stm.) natalensis* által termelt antibiotikum. A szorbinsavhoz hasonlóan meggátolja a penészek és élesztők szaporodását, de csak csekély hatással van a baktériumokra. Az *Aspergillus (A.) flavus* pl. különösen érzékeny a natamicinre. A natamicint, a szorbinsavhoz hasonlóan, a sajt felületének kezelésére használják. A penészek növekedése megelőzhető a sajtok natamicinoldatba történő bemártásával. A natamicin viszonylag hosszú ideig megma-

rad a sajt felületén, a sajt külsejének csak a legkülső rétegébe hatol be, megvédi a sajtot a felületi penészekről legalább nyolc héten át, és elpusztítja az aflatoxint termelő fajokat is. A sajt ízét a kezelés nem befolyásolja. Bár a natamicint még csak néhány éve használják, néhány penész és élesztő rezisztenciát mutat az antibiotikummal szemben. A natamicint a cottage sajt esetében is használják a penészek elpusztítására és a tárolás idejének megnövelésére. A natamicin a legtöbb európai államban engedélyezett a sajtok felületének kezelésére, mert semmiféle fiziológiás vagy toxikus hatást nem mutattak ki róla. Némi kétség merült föl a tekintetben, hogy vajon segíti-e a rezisztencia kialakulását olyan antibiotikumokkal szemben, amelyeket a humángyógyászatban előszeretettel alkalmaznak. Az ilyen jellegű vizsgálatok negatív eredményt hoztak, sőt még azt is megállapították, hogy allergiás reakciókat sem okoz. A még elviselhető szint natamicinból testtömeg-kilogrammonként 0,25 mg.

21.3.5.3. Nisin

A nisin antibiotikum egy polipeptid, amelyet a *S. lactis* termel. A nisin csökkenti a hőnek jobban ellenálló spórák baktériumok hőtűrő képességét, és így lehetővé teszi számos élelmiszer alacsonyabb hőmérsékleten történő sterilizálását. A nisin használatát számos országban engedélyezték az élelmiszeriparban. Mivel a nisin hatásos az anaerob spórák klosztridiumokkal szemben, ezért a múltban a félkemény és a kemény sajtok esetében használták a vajsavas erjedés megelőzésére. A nisin nincs hatással a starterkultúrák mikroorganizmusaira (sőt a *Streptococcus*ok még *nisináz* enzimet is termelnek), de néhány esetben hatással volt a sajt későbbi érésére. Kísérletekben kimutatták, hogy ha a starterkultúra nisin is termelő tejsavbaktériumokat is tartalmazott, akkor a vajsavas erjedés és a sajt érés közbeni puffadása visszaszorult, ez a módszer azonban a gyakorlatban nem terjedt el. Az élelmiszerek nisintartalma nem veszélyes az egészségre, mert az emésztőenzimek aminosavakra bontják, és ezért nincs hatással a bélflóra tevékenységére. A humángyógyításban nem használják, ezért az esetleges rezisztencia kifejlődése az ember számára nem jár káros következményekkel. Állatkísérletekben, igen nagy koncentrációban adagolva a takarmányhoz, semmiféle toxikus hatást nem tapasztaltak, és végül az abszolút biztonságos voltát bizonyítja az is, hogy a tej és néhány tejtermék természetes alkotórésze.

21.3.6. Túró

A 21.10. és a 21.12. táblázatok a túró fehérje-, ásványianyag- és vitamintartalmát mutatják. A kalcium a túróban majdnem teljesen oldott formában található. A túrórt érlelni is szokták. Ilyenkor a kazein egy része peptidekké és szabad aminosavakká bomlik le. Az aromaanyagokat főként a diacetil és az acetoin alkotja, amely az érlelés folyamán keletkezik. Gyümölcscsel kombinálva fehérjetartalma kissé

alacsonyabb (8,9%), mint az eredeti túróé, szacharóz-, glükóz- és fruktóztartalma pedig kb. 11%. A túró előállítására használt tejet erőteljesebb hőkezelésnek vetik alá (82–84 °C, 1–2 másodperc), amelynek során savófehérje-kazein komplex képződik, és az ezt követő savanyítás után a savófehérje nagy része a kazeinnel együtt kicsapódik és átmegy a túróba. Az így kicsapódott nitrogén mennyisége tej esetében 77–79%-tól 88–89%-ig változik. A β -laktoglobulin 90%-a, az α -laktalbuminnak pedig 60%-a a túróban található, ezért ez nagyobb koncentrációban tartalmazza az esszenciális aminosavakat, mint a kazein. Cisztintartalma 1,3 g/100 g fehérje α kazein 0,7 g/100 g kazein értékével szemben.

Emésztésélettani szempontból a túró értéke hasonló a többi tejsavbaktérium kultúrával előállított tejtermékéhez. Alacsony zsírtartalma miatt relatíve sok magas biológiai értékű fehérjét, valamint kalciumot és foszfort is tartalmaz, és alacsony energiatartalma miatt mindenkinek – különösen idősebb embereknek és fogyókúrás étrenden lévőknek – javasolt a fogyasztása. A túró rendkívül könnyen emészthető, ezért felbecsülhetetlen szerepe van a gyógyításban, különösen a májproblémákkal küzdő emberek esetén.

21.3.7. Ömlesztett sajtok

Az ömlesztett sajtokban a kazeint az emulgeáló sók hidratálják és peptizálják, ezért a vízdoldható fehérje mennyisége jelentősen megnő a feldolgozás során. Németországban az emulgeáló só mennyiségét a foszfát esetében 3%-ban, a citrát és a laktát esetében pedig 4%-ban limitálták. Organoleptikus szempontból a polifoszfátokat széles körben használják. A tárolás során az ömlesztett sajtok polifoszfátjai részben vagy egészben di- és monofoszfáttá bomlanak le. A felhasznált mennyiség limitált (2–3%), ezért nem kell félni attól, hogy a szervezet számára optimális kalcium-foszfor arányt túlságosan lerontja. Az ömlesztett sajtokban a natúrsajtok ideális kalcium-foszfor aránya (1,5–1,6:1) 1:2-re módosul, amely alól kivétel a pécsi MTKI által kifejlesztett „Boci” kalcium-plussz sajt, amelyben a kalcium-foszfor arány 4,2:1. Az emulgeálósó nem tartalmazhat 10%-nál több metafoszfátot.

Az ömlesztett sajt nagyjából ugyanazokat a tápanyagokat tartalmazza, mint a kiindulási sajt, amiből készült. A zsírtartalom 9–31%, a fehérjetartalom pedig 8–24% között változik. Kivételt képez ez alól a nátrium és a kálium, amelyeknek koncentrációja nagyobb, de az egyéb ásványi anyagok mennyisége hasonló a kiindulási sajtéhoz. A polifoszfát hozzáadása nem emeli meg jelentős mértékben a foszfortartalmat, ugyanis a normál sajtok foszfortartalma 0,4–2,7%, az ömlesztetteké pedig 0,8–2,7% között változik. Az ömlesztett sajt előállítása folyamán kissé csökken a B₁-, a B₂-, a nikotinsav-, a pantoténsav- és a B₁₂-vitamin-tartalom. A sajt szabadaminosav-tartalma és a fehérje in vitro emészthetősége nő a technológiai beavatkozással, így az ömlesztett sajt fehérjéjének hasznosulását jobbnak tartják, mint az eredeti sajtét. A hasznosítható lizin-tartalomban nem volt különbség a kétféle sajt között. Az ömlesztett sajt a magas hőmérsékletű hőkezelésnek kö-

szönheti hosszú eltarthatóságát, amely hőkezelés inaktíválja a sajt *proteázait*. Az ömlesztett sajt szabadzsírsav-tartalma nagyon hasonlít az eredeti sajtéhoz. Kén-hidrogént, ami fontos alkotórésze némely sajt aromaanyagainak, ömlesztett sajtból nem tudtak kimutatni.

A polifoszfátoknak semmiféle élettani hatásuk sincs, mert gyorsan lebomlanak monofoszfáttá, amelyek aztán felszívódnak, így a polifoszfátnak semmiféle káros hatása sincs az emberi szervezetre. Patkányokat hosszú időn keresztül polifoszfáttal etetve semmiféle káros hatást sem tudtak kimutatni. A hozzáadott foszfáttartalmat természetesen figyelembe kell venni a foszforhiányosság számolásánál; az összes foszfortartalom a természetes és a hozzáadott foszforból tevődik össze, és a kiegészítés is hozzájárul a szervezet foszforhiányosságának kielégítéséhez. Esetleg akkor adódhat foszforból túlzott felvétel, ha az ömlesztett sajtokat más, foszforban ugyancsak gazdag élelmiszerekkel együtt fogyasztják. Nem okoz problémát azonban, ha az ömlesztett sajtból történő foszforfelvétel nem haladja meg a napi 1,2 g-ot. Végezetül leszögezhető, hogy az ömlesztett sajt egy igen értékes élelmiszer. Az egyéb emulgeálóanyagokkal, a citromsavval és sóival szemben semmilyen kifogás sem merült fel, mivel ezek nagyon sok élelmiszerben előfordulnak, és normál metabolikus anyagai az emberi testnek.

21.3.8. A savó

21.3.8.1. A savó összetétele

A sajtelőállítás során sok tejalkotórész a savóban marad; így pl. a fehérje 25%-a a savót gazdagítja. A savó ezért viszonylag gazdag fehérjében, laktózban, ásványi anyagokban és vitaminokban. A savó és a savópor átlagos összetételét a 21.13. táblázat tartalmazza.

21.13. táblázat. A savó és a savópor átlagos összetétele

Komponens	Mértékegység	lévő mennyiség*	
		1 liter savóban	1 kg savóporban
Szárazanyag	g	61	
Nedvesség	g		44
Tejcukor	g	48/42	740/660
Fehérje	g	8	125
Zsír	g	2	10
Ásványi anyagok	g	5/7	80/105
Tejsav	g	1/5	2/42
Ca	g	0,5/1,0	7/20
P	g	0,5	8
K	g	1,4	20
Na	g	0,45	9

Komponens	Mértékegység	1 liter savóban	1 kg savóporban
		lévő mennyiség*	
Cl	g	1,0	16
Mg	g	0,04/0,08	1/2
Zn	mg	0,3/2,3	10/60
Fe	mg	0,9	
Cu	mg	0,2	3
Mn	µg	6/26	120/470
Tiamin	mg	0,4	5
Riboflavin	mg	1,4	25
Piridoxin	mg	0,5	
Kobalamin	µg	1,5	25
Nikotinsav	mg	2	8
Folsav	µg	50	220
Pantoténsav	mg	115	
Aszkorbinsav	mg	9	45
pH		6,0/4,5	

*Az első érték az édes savóra, a második a savanyú savóra vonatkozik.

A táblázat jól mutatja az édes és a savanyú savó közötti különbségeket, ami elsősorban a laktóz, a tejcukor, a pH és az ásványi anyagok esetében jelentős. A táblázatban szereplő 0,8% fehérjetartalom túl nagynek tűnik, mert a savó nitrogéntartalmú anyagainak 20–32%-a nem-fehérje nitrogén (NPN), ezért a savó átlagos fehérjetartalma 0,65%, citromsavtartalma 0,14%, orotsavtartalma pedig 60–150 mg között van 100 cm³-ben.

A savófehérje emészthetősége 94–100%. Szobahőmérsékleten tárolva hosszabb ideig minimális a lizin- és vitaminvesztés. A porlasztva szárítás kevesebb veszteséget okoz az eredeti savóhoz képest, mint a hengeren történő szárítás. Így pl. porlasztva készült savóporban 7,0 g/100 g fehérje, a hengerszáritásnál pedig 4,0 g/100 g a hasznosítható lizintartalom.

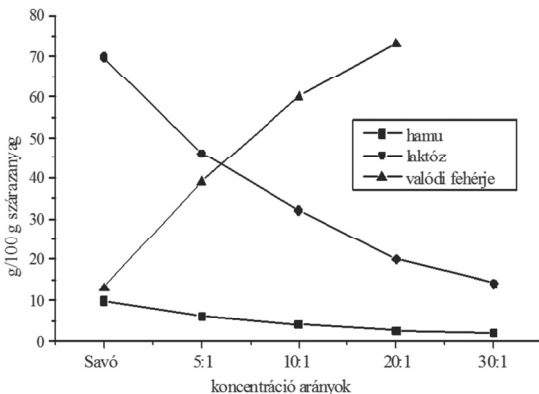
Magyarországon az éves savótermelést mintegy 450 ezer tonnára becsülik, amelyben mintegy 2,8 ezer tonna igen magas biológiai értékű fehérje van. A múltban a savót környezetet szennyező melléktermékek tekintették, manapság azonban egyre többen állati takarmányként használják fel. Mivel igen gazdag fehérjében, ásványi anyagokban és vitaminokban, újabban eljárásokat dolgoznak ki a savó emberi fogyasztásra történő alkalmassá tételére is. Magas táplálkozási értékét csak a 20. században ismerték fel, bár a 18–19. században a savóval való gyógyítás mindennapos volt Svájcban, Ausztriában és Németországban. Csak a magas laktóztartalom miatt kell korlátozni a savópor felhasználását, bár több élelmiszerben lehetőség van széles körű alkalmazására. Így a csecsemőtápszerek 25–40%, levesporok pedig 50–70% savóport is tartalmazhatnak, és a sütőipari termékek és desszertek 3–10% savóport is elbírnak. Az egyéb termékek, amelyekhez savóport használhatnak az előállítás folyamán, a következők: kenyér,

tésztafélék, jégkrém és ömlesztett sajt. A savópor javítja a különböző termékek ízét, színét és állagát.

Sok savó alapú gyümölcs- és más aromákkal ízesített italt forgalmaz a kereskedelem. A savó-szója és a savó-földimogyoró alapú termékeket különösen javasolják kisgyermek táplálására a minden szempontból igen nagy biológiai érték miatt. Ezenkívül előállítanak még néhány fermentációval készült ivólevet is savóból. A további elképzelés a savóval kapcsolatban az, hogy friss fogyasztású quargot készítsenek nagyobb mennyiségben belőle, ill. az, hogy az élesztőfehérje gyártásánál alapanyagként használják fel.

21.3.8.2. Tejfehérjéből előállított termékek

Miután a savó fehérjetartalma még mindig nagy (0,7–1,1%), ezért a tejfehérje előállítására is használt, modern technológiai eljárásokat dolgoztak ki a savófehérje koncentrálására. Ezekkel az eljárásokkal a tejből és a savóból a következő termékeket állítják elő: oltós vagy savas kazein, kazeinátok, co-precipitátumok, hővel koagulálódott savófehérje és ultraszűréssel előállított savófehérje. Kis mennyiségben textúrált tejfehérjét is előállítanak néhány élelmiszer készítéséhez. Tej- és savófehérje-koncentrátumokat gélfiltrálással is előállítanak (21.12. ábra).



21.12. ábra. A savó fehérje-, laktóz- és hamutartalmának változása az ultraszűrés során

A kazeinátok és a co-precipitátumok átlagos összetételét a 21.14. táblázat tartalmazza. A táblázat adataiból megállapítható, hogy a kazeinátok PER-értéke nagyobb, mint a kazeiné. Co-precipitátumok esetében a kazein és a savófehérje együtt csapódik ki, így ennek fehérjéje nagyobb biológiai értékű, mint a kazeiné: lényegesen gazdagabb kéntartalmú aminosavakban, mint a kazeinát. E módszerrel a tejfehérje 96%-a, a savófehérjének pedig kb. 70%-a kicsapható, ennek megfelelően aminosav-összetétele nagyon hasonlít a tejfehérjéhez.

21.14. táblázat. Néhány tejszerű-készítmény átlagos összetétele

Komponens	Kazeinát	Összetétel (%)		
		Co-precipitátum	Savófehérje-koncentrátum alacsony fehérjetartalommal	magas
Nedvesség	4,5	6,0	4	4
Fehérje	90	82,5	40	70
Tejcukor	0,3	0,8	46	18
Zsír	1,2	1,2	4	5
Hamu	4,1	9,5	5	4
Na	0,1	2,2	0,4	0,3
K	0,1	0,1	1,2	1,0
Ca	0,1	2,0	0,7	0,5
P			0,4	0,3

Ha kalcium-kloridot is használnak a precipitáció folyamán, akkor nagy kalciumtartalmú termékhez jutnak. Mind a kazeinátokat, mind a precipitátumokat számos élelmiszer előállításánál során felhasználják, így pl. alkalmazzák a joghurt, a kefir és más kultúrával készített tejtermékek, az ömlesztett sajt, alacsony zsírtartalmú kenhető tejtermékek, tejjel készült édes tészták, tejeskávé, kenyér, péksütemények, húskészítmények, desszertek, sütemények, levesek, mártások, pudingok, jégkrém és diétás élelmiszerek előállításánál. A kalcium-kazeinát és a húsfhérje keverék magas biológiai értéke jelzi az így készült termékek kiváló felhasználhatóságát az emberi táplálkozásban.

A hővel kicsapott savófehérje 88% fehérjét, 4,5% zsírt, 0,2% laktózt, 4% hamut és 3% nedvességet tartalmaz. *Proteázokkal* (pl. a *tripszin*) történő kezeléssel könnyen átalakítható vízzeloldható savófehérje-koncentrátummá. Az így készült termék igen magas biológiai értékű, amit az eredeti savófehérjénél nagyobb PER- és NPU-értéke bizonyít. A fehérje emészthetősége 100%, és aminosavösszetétele igen közel áll az optimális aminosav-összetételűnek tekintett referenciafehérjéhez. E termék alkalmazása is igen széles körű; használják pl. a quarghoz kiegészítő anyagként, kultúrával előállított tejtermékekhez, sajtokhoz, sültetekhez, húskészítményekhez, tésztafélékhez és jégkrémhez.

Az ultraszűrést membrán segítségével végzik, amelynek során a nagy molekulatömegű fehérjéket elválasztják a tej és a savó kis molekulatömegű komponenseitől, mint amilyen a víz, a tejcukor és az ásványi anyagok. Az ultraszűrés hatékonyságától függően a koncentrátum fehérjetartalma szárazanyagra számolva 12 és 70% között változik, a laktóztartalom 70-ről 20%-ra, az ásványianyag-tartalom pedig 10-ről 4%-ra csökken. Diafiltrálással a szárazanyag fehérjetartalma 88%-ig növelhető. Mivel az NPN-anyagok és a proteáz-pepton-frakció egy része átmegy a membránon, a koncentrátum összetétele, a fehérjefrakciók mennyisége és aránya jelentős mértékben eltér a savó eredeti összetételétől. Az összes fehérjében

a savófehérje aránya 50-ről 83%-ra emelkedik, a proteáz-pepton-frakció 17-ről 10%-ra, az NPN-frakció pedig 32-ről 7%-ra csökken. Az ultraszűrés nem okoz fehérjedenaturációt, de az így kapott fehérje könnyebben denaturálódik, mint a tejben. Azon savófehérje-koncentrátum ásványianyag-tartalmát, amelyet csecsemőtápszerekben vagy egyéb speciális dietetikus készítményekben használnak, elektrodialízissel még tovább kell csökkenteni, a nitrátot pedig a savóból ioncsérés kromatográfiával lehet eltávolítani. A fehérjéhez kötött kobalamin és folsav 95–98%-a, a többi vitamin 60–70%-a, az aszkorbinsavnak pedig kb. 15%-a marad a koncentrátumban. A 21.14. táblázat az ultraszűréssel kapott, két különböző fehérjetartalmú savófehérje-koncentrátum összetételét mutatja. Ezen termékek B-vitamin-tartalma mg/kg-ban a következő:

B ₁ -vitamin	3,8	Nikotinsav	12
B ₂ -vitamin	31	Pantoténsav	46
B ₆ -vitamin	3,3	Folsav	5,9
B ₁₂ -vitamin	0,2	Biotin	0,4

A savófehérje-koncentrátum fehérjéjének biológiai értéke ugyanolyan nagy, mint az eredeti savófehérjéé. Esszenciális aminosav-tartalma minden esszenciális aminosav tekintetében nagyobb, mint a FAO által meghatározott referencia fehérjéé; ez a megállapítás vonatkozik a metioninra és a cisztinre is. A savófehérje-koncentrátum PER-értéke a tojásfehérjééhez hasonló; ebből következően nagyobb, mint a tejporé vagy az egyéb tejfehérje-koncentrátumoké (kazeinát, coprecipitátum). Hasznosítható lizintartalma nem változik lényegesen az ultraszűrés hatására, ezért ezek a termékek rendkívül fontosak az emberi táplálkozásban.

A nagy fehérje- és az alacsony zsírtartalom különösen alkalmassá teszi ezeket a készítményeket speciális, magas fehérjetartalmú termékek előállítására. Különösen ajánlják ezeket a termékeket fogyókúrás élelmiszerekbe, hiperlipoproteinémiában szenvedőknek és azoknak a pácienseknek, akik máj- és epehólyag-problémákkal, illetve cukorbetegségben szenvednek. Az ilyen adalékanyagok használatát ezenkívül javasolják csecsemőtápszerekbe, sportemberek, gyermekek és idősebbek élelmiszereibe, akik esetében kívánalom a magas fehérjetartalom. Emlékeztetni kell arra is, hogy a savófehérje jelentősen emeli a zöldségfélék és gabonamagvak (búza, kukorica, rizs stb.) fehérjéje biológiai értékét. A növekedés a tejfehérjéhez viszonyítva sokkal jelentősebb. Savófehérje-koncentrátum adagolásával mintegy 6%-kal meg lehet növelni pl. a kenyér fehérjetartalmát. A savófehérje-kiegészítéssel készült makarónifehérje PER-értéke nagyobb, mint a tejfehérjéé, és a savófehérje kiegészítés növeli a sovány tejpor biológiai értékét is. A savófehérje-koncentrátum funkcionális tulajdonságai lehetővé teszik felhasználását a tésztaféléknél a tojásfehérje helyett. A savófehérje zöldségfélék biológiai értékét növelő hatása különösen a fejlődő országokban fontos, ahol (pl. Mexikóban) a tortilla PER-értékét majdnem duplájára sikerült növelni savófehérje hozzáadásával.

Az ultraszűrés után visszamaradó melléktermék, a szűrlet (permeát) főként laktózt, ásványi és NPN-anyagokat tartalmaz. Az elhelyezési gondok megoldására és a felhasználásra szóba jöhet az állatokkal történő feletetés vagy az alkohol-tartalmú italok és alkoholmentes üdítőitalok előállítása. Egy másik felhasználási mód a laktóz hidrolízisét követő szirup előállítása, amely a két hidrolízis termék, a glükóz és a galaktóz miatt rendkívül édes. Ezt a terméket jégkrémek, cukrászsütemények és csökkentett energiatartalmú édességek előállítására használják. A permeát hidrolízise után kapott szirup összetétele: 72% szárazanyagban 12% laktóz, 27% glükóz, 22% galaktóz, 3% fehérje és 6% hamu. A tejpőr laktóztartalmát szintén hidrolizálni lehet, de ilyen tejpőrben a hasznosítható lizintartalom a reaktív hidrolízis termékek miatt nagyon gyorsan csökken.

21.3.8.3. Sajt készítés savókeletkezés nélkül

Ultraszűréssel a sajttej koncentrációját a sajt szárazanyag-tartalmáig fokozni lehet, így savó sem keletkezik a sajt készítés folyamán. Ennek az eljárásnak nagy előnye, hogy a savófehérje teljes egészében átmegegy a sajtba, és ez az eljárás a sajt kitermelést 15–25%-kal megnöveli, hasonlóképpen a sajtfehérje biológiai értékét is, mert az ilyen sajt nemcsak kazeint, de savófehérjét is tartalmaz. Míg a normál sajtokban a savófehérje csak 2–3%-a a sajt összes fehérjetartalmának, addig az így készülő sajtokban elérheti a 15%-ot is. Az ilyen sajtok összetétele a nagyobb ásványianyag-tartalomtól eltekintve nem különbözik lényegesen a normál sajtokétól. Kalcium- és foszfortartalma nagyobb, kálium- és nátriumtartalma viszont kisebb a normál sajtokhoz viszonyítva. Az α_{s1} és a β -kazein proteolízise a hagyományos sajtokéhoz hasonló módon játszódik le, a savófehérjék viszont lényegesen ellenállóbbak az enzimes fehérjehidrolízissel szemben, ezért az ilyen sajtok kisebb koncentrációban tartalmazzák az oldható fehérjekomponenseket és a szabad aminosavakat. Az ultraszűréses technológiát sikeresen alkalmazták túró, cottage sajt, feta sajt, mozzarella, ricotta, roquefort, lágy sajtok, félkemény sajtok és a cheddar sajt előállítására. A camembert sajt előállítása során is lehetséges a sajttej szárazanyag-tartalmának kívánatos szintre emelése savófehérje-konzentrátummal, amikor az összes fehérjének 35%-a is savófehérje lehet.

A fogyasztásra szánt folyadéktej és egyéb tejtermékeket is lehet koncentrálni a magasabb tejfehérje-tartalom érdekében ultraszűréssel. Az alacsony zsírtartalmú tej fehérjetartalmát 1–2%-kal is növelni lehet kazeinát, co-precipitátum vagy savófehérje-konzentrátum adagolásával, és ugyanezt a célt el lehet érni közvetlenül ultraszűréssel is. Egy ilyen eljárás során megváltozik a zsír és a fehérje által képviselt energia mennyisége, ami a normál tejben 2,4:1, a fehérjével kiegészített tejben pedig 0,7:1. A fermentációval előállított termékek fehérjetartalmát 6–7%-kal is emelni lehet. Ultrafiltrálással a tehéntej összetétele hasonlóná tehető a kancatejéhez akkor, ha nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségben kancatej pl. a kumiszkészítéshez.

21.4. A sűrített tej és a tejpor

21.4.1. Sűrített tej

21.4.1.1. Összetétel

A sűrített tej a víz részleges eltávolításával készül, aminek során a tej szárazanyag-tartalma két-háromszorosára nő. A víz elpárologtatása vákuumban viszonylag alacsony (72–45 °C, növekvő vákuum mellett) hőmérsékleten nem okoz lényeges változást a tej összetételében. Nagyobb változások a sűrítést követő sterilizálás alatt fordulnak elő, amikor a sűrítményt konzervdobozokban 115–120 °C-on, 20 percig vagy átfolyó rendszerű sterilizőn 135–150 °C-on pár másodpercig tartják. Németországban a kereskedelmi forgalomban kétfajta sűrített tej kapható; az egyik 7,5% zsírt és 25% szárazanyagot, a másik 10% zsírt és 33% szárazanyagot tartalmaz. Ezen kívül kapható még egy csökkentett zsírtartalmú készítmény is 4% zsírral és 24% szárazanyag-tartalommal. Az Egyesült Államokban érvényes szabvány szerint a sűrített tej minimális zsírtartalma 7,9%, szárazanyag-tartalma pedig legalább 25,9%. A cukrozott sűrített tej tartósságát a szacharóz biztosítja. A tejet manapság már hőkezelés nélkül, ún. fordított ozmózissal is be lehet sűríteni, de ezt a műveletet is hőkezelés kíséri a termék tartósítása miatt.

A sűrített tejben ugyanúgy, mint a sterilizáltban, a savófehérje majdnem teljesen denaturálódik. A kazein hőstabilitása a tej koncentrációjának növelésével csökken, ennek ellenére a kazein koagulációja a fenti körülmények között csak igen ritkán fordul elő. A fehérje aminosav-összetétele a sűrített tejben alig különbözik a kiindulási tejétől. A lizinvesztesség a technológiai folyamatok során elérheti a 20%-ot is, de ez alig befolyásolja a sűrített vagy cukrozott tej fehérjéje biológiai értékét. Patkánykísérletekkel nem tudtak ilyen tejek fehérjéje emészthetőségében lényeges változást kimutatni. A koncentrált, sűrített tejben a Maillard-reakció terméke, a hidroximetil-furfurol (HMF) nagy koncentrációban fordul elő. Egy kísérletben 60 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ koncentrációt mértek, ahol a szélsőértékek 30 és 100 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$ között változtak. Negatív összefüggést kaptak a sűrített tej HMF-tartalma és a hasznosítható lizintartalma között.

A sűrített tej vitamintartalmának vesztesége hasonló a sterilizált tejéhez, de a cukrozott sűrített tejben a vitaminvesztesség kisebb. Javasolják a sűrített tej aszkorbinsavval való kiegészítését oly mértékben, hogy az így kapott sűrített tej jelentős mértékben járuljon hozzá a napi C-vitamin-szükséglethez. Kanadában előírják a sűrített tej minimális C-vitamin-tartalmát. Hasznos a C-vitamin-kiegészítés azért is, mert a C-vitamin megakadályozza a melanoidok kialakulását. Javasolják ezenkívül még a sűrített tej kiegészítését A- és D-vitaminnal is.

A sűrített tejben a Maillard-reakció során ugyanazok az aromaanyagok fordulnak elő, mint az egyéb hőkezelt tejekben; ezek a kéntartalmú anyagok, metil-keetonok, aldehidek és laktonok. A sűrített tej sterilizálása jelentős mértékben megnöveli a szabad SH-csoportok mennyiségét.

21.15. táblázat. A sűrített tej átlagos összetétele

Komponens	Mértékegység	1 kg-ban lévő mennyiség	
		sűrített tej*	cukrozott sűrített tej*
Fehérje	g	68/88	82
Zsír	g	77/100	88
Szénhidrát	g	99/125	550
Ásványi anyagok	g	16	18
Ca	g	2,5/3,1	2,8
P	g	2,0/2,5	2,4
Na	g	1,1/1,3	1,2
K	g	3,1/4,2	3,7
Mg	g	0,28/0,35	0,30
Fe	mg	1,5	1,2
Cu	mg	0,4	0,4
Zn	mg	8,5	
Mn	µg	10	10
F	mg	0,4/0,5	
Se	mg	0,2	
I	mg	0,25	0,25
Vitaminok			
A-vitamin	mg	0,7/1,0	0,9
Tiamin	mg	0,6/0,8	0,8
Riboflavin	mg	3,7/4,7	4,0
Piridoxin	mg	0,5	0,5
Nikotinsav	mg	2,0	2,0
Pantoténsav	mg	7,5	8
Biotin	µg	10	10
Kobalamin	µg	1,5	6
Folsav	mg	0,07	0,1
Aszkorbinsav	mg	15	20
D-vitamin	µg	1	1
Tokoferol	mg	2,5	3

*Az első érték a 7,5% zsírtartalmú, a második érték a 10% zsírtartalmú sűrített tejeire vonatkozik.

A 21.15. táblázat a sűrített és cukrozott tejek összetételét mutatja. A csökkentett zsírtartalmú sűrített tej 7,5% fehérjét, a cukrozott sűrített tej 42% szacharózt és 13% laktózt tartalmaz.

21.4.1.2. Az összetétel változása a tárolás során

A sűrített tej 10 °C-on kb. hat évig eltartható. A besűrűsödés és a kocsonyásodás megelőzésére, valamint a tárolás idejének megnövelésére a sűrített tejet polifoszfátok, nátrium-citrát és nátrium-hidrogén-karbonát hozzáadásával stabilizálják.

A polifoszfátok mono- és difoszfátokra bomlanak le az előállítás és a tárolás folyamán. A polifoszfátokkal stabilizált sűrített tej ásványi anyagainak (foszfor, kalcium, magnézium) és fehérjetartalmának hasznosulása ugyanolyan volt, mint a kiindulási tejé.

A sűrített tej összetételének változását a tárolás folyamán jelentős mértékben befolyásolja a tárolás hőmérséklete. Hideg körülmények közti tárolásnál a vitaminvesztés még évek múltán is elhanyagolható. A B₁- és a B₂-vitamin koncentrációja egy év alatt mintegy 30%-kal csökkent. A sterilizálás 20% veszteséget okoz a hozzáadott C-vitamin-tartalomban, további 20% elvész 12 hónapos tárolás alatt 21 °C-on, és 60% a veszteség, ha a tárolás hőmérséklete 36 °C. Nincs jelentős változás az aminosav-összetételben vagy a tejfehérje PER-értékében a 12 hónapos tárolási periódus alatt. 20 °C-os tárolási hőmérsékleten a tej íze romlik, mert nő a szabad zsírsavak mennyisége, és a metil-keetonok és hidroximetil-furfurol koncentrációja is meghaladja az érezhetőség határát. Újabban egy új, nemkívánatos aromát is azonosítottak sűrített tejből, az o-amino-acetofenont.

Az ólom- és óntartalmú varratok a tárolóedényeken nem növelik jelentősen a sűrített tej ólomtartalmát a tárolás folyamán. A sűrített tej átlagos ólomtartalma az Egyesült Államokban 80 µg/dm³, és ennél magasabb érték csak akkor fordul elő, ha a sűrített tej koncentráltabb a szokásosnál. A sűrített tej óntartalma viszont nő a tárolás folyamán a frissen előállított sűrített tejben mért 5–20 mg/kg-ról 40–100 mg/kg-ra. Az óntartalom tovább nő, ha a sűrített tejet nyitott edényben rövid ideig tárolják. Az óntartalom kioldódását meg lehet előzni, ha ónmentes, saválló acélból készült edényeket használnak, vagy ha az edények falát szintelen lakkal bevonják.

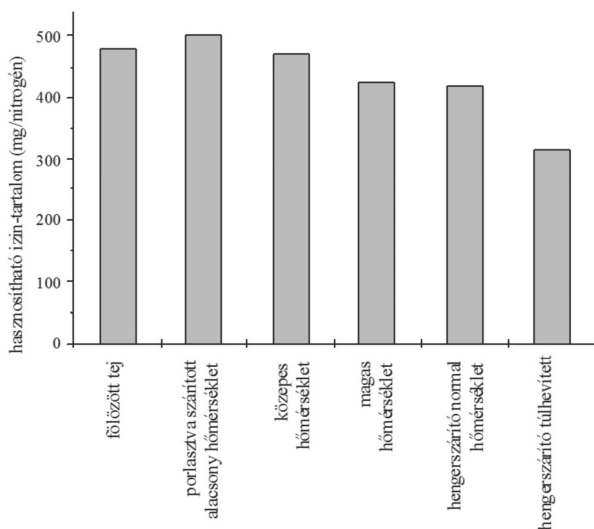
21.4.2. Tejpor

21.4.2.1. Összetétel

A szárítás hatásának tanulmányozásánál figyelembe kell venni azt, hogy a tejet a szárítást megelőzően mintegy 45% szárazanyagig koncentrálnak vákuumban, ami után sterilizálás természetesen nem szükséges. Két eljárást használnak tejpor előállítására, amelyek között lényeges különbség van. A porlasztva szárítás alacsonyabb hőmérsékleten megy végbe, mint a hengeres szárítás, ugyanis porlasztva szárításnál csak 0,5–1,0 másodpercig éri 80–100 °C-os hőhatás a tejet, míg ezek az értékek hengeres szárításnál 2–3 másodperc és 100–130 °C. A porlasztásnál a tej 50 µm-es cseppecskék formájában kerül kapcsolatba a forró levegővel, ami lehetővé teszi az igen rövid ideig tartó szárítást. Mivel a savófehérje denaturációja kapcsolatban van a hőmérséklettel, az alacsonyabb hőmérséklet a porlasztva szárítás során kisebb denaturációt okoz, mint a hengerszáritás, melynek során a savófehérje jelentős része kicsapódik. Ugyanez érvényes a Maillard-reakcióra is; míg a porlasztva szárítás során csak gyenge barnulás fordul elő, addig a henger-

szárítás során kapott anyag HMF-tartalma kissé nagyobb, átlagosan $12 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ (ez az érték a porlasztva szárításnál csak $7 \mu\text{g}/100 \text{ g}$), sőt a régebbi típusú hengerszáritónál a HMF-tartalom elérheti az $50 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ -ot is. A tejpör HMF-tartalmát a tej előzetes hőkezelése csak csekély mértékben befolyásolja. A tejpört a hőkezelés hatására ki nem csapódott savófehérje-nitrogén alapján minősítik; alacsony hőhatás esetén ez az érték 6 mg N/g , közepes hőhatásnál $1,51\text{--}5,99 \text{ mg N/g}$, míg erőteljes hőkezelésnél maximum $1,50 \text{ mg N/g}$ tejpör.

A szárítási eljárás során a fehérje aminosav-összetétele csak kismértékben változik meg, és az instantizálás sem okoz jelentős összetételbeli változást. Porlasztva szárítás során a lizinveszteség maximum 5% , míg hengerszáritással elérheti a $10\text{--}15\%$ -ot is. A lizinveszteséget befolyásolja a tej előhőkezelése is. A hasznosítható lizintartalom a porlasztva szárítást követően az eredeti tejhez viszonyítva $90\text{--}97\%$, míg hengerszáritás után, az alkalmazott technológia, illetve paraméterek függvényében csak $60\text{--}95\%$ (21.13. ábra). Amikor a tejpör színéből a szárítás magas hőmérsékletére lehet következtetni, akkor a hasznosítható lizintartalom 50% körül alakul. A hasznosítható lizintartalom mellett veszteségeket mértek a cisztin-, a metionin-, a treonin- és a leucintartalomban is a szárítás után.



21.13. ábra. A tejpörök hasznosítható lizin-tartalmának változása a tejporkészítési technológia függvényében

A PER- és az NPU-értékeket meghatározva megállapították, hogy csak minimális különbség van a tejpör és a kiindulási tej között. A lizin, a metionin és a cisztin valódi emészthetősége a sovány tejpörben $94\text{--}97\%$, és az NPU-érték is csak a hengeren szárított tejpörben csökken. Állatkísérletekkel nem tudtak különbséget kimutatni a különböző szárítási technológiákkal készült tejpörfehérje

táplálkozási értékében. Csecsemők a tejből készült tápszert jobban emésztették, mint az eredeti nyers tejet, mert egy kísérlet során az előbbi esetben nagyobb mennyiségű lizin került a gyomorba. A hőkárosodást szenvedett tejporfehérje biológiai értéke csökken. Növésben lévő állatokkal végzett kísérletekben kimutatták, hogy szoros összefüggés van a tej hasznosítható lizintartalma, a testtömeg-növekedés és a fehérjehasználtság között.

A hőkezelés hatására bekövetkező fehérjekárosodás megnöveli azon ninhidrin-pozitív anyagok koncentrációját, amelyek a bázikus aminosavak közé tartoznak, és amelyek a kazein és a glükóz vagy a kazein és a laktóz reakciójából jönnek létre. A furozin, a fruktózlizin egyik származéka, a Maillard-reakció kezdeti szakaszában jön létre lizin-laktóz komplex formájában, a furozin meghatározást ezért a tejpor hőkárosodásának mérésére javasolják. A hőkárosodást szenvedett tejporban a lizin legfontosabb reakcióterméke a fruktózlizin. Patkányokkal végzett kísérletek bizonyították, hogy a fruktózlizin emészthetetlen, a szervezet nem tudja hasznosítani, nem tud felszívódni hidrolízis nélkül.

21.16. táblázat. *A tejpor átlagos összetétele*

<i>Komponens</i>	<i>Mértékegység</i>	<i>1 kg-ban lévő mennyiség</i>	
		<i>Teljes tejpor</i>	<i>Sovány tejpor</i>
Nedvesség	g	33	38
Fehérje	g	255	355
Zsír	g	265	9
Tejcukor	g	380	515
Ásványi anyagok	g	62	79
Ca	g	9	13
P	g	7	10
Na	g	3,7	5
K	g	12	16
Mg	g	1,0	1,2
Fe	mg	4,8	5,8
Cu	mg	1,8	1,8
Se	mg	0,09	0,14
Mo	mg	0,24	0,27
F	mg	0,6	
Co	µg	12	12
<i>Vitaminok</i>			
A-vitamin	mg	3,3	0,2
D-vitamin	µg	30	0,3
Tiamin	mg	2,9	3,5
Riboflavin	mg	14	19
Nikotinsav	mg	7	10
Pantoténsav	mg	26	34

Komponens	Mértékegység	1 kg-ban lévő mennyiség	
		Teljes tejpör	Sovány tejpör
Piridoxin	mg	3,6	4,3
Biotin	mg	0,12	0,17
Folsav	mg	0,09	0,12
Kobalamin	µg	27	31
Aszcorbinsav	mg	60	70

A 21.16. táblázat a tejpör, különösen a sovány tejpör nagy fehérjetartalmát mutatja. A tejpör ásványianyag-tartalma, különösen kalciumtartalma, valamint B-vitamin-tartalma nagy. Amikor porlasztással olyan tejből készítenek tejpört, amelyben a laktózt előtte hidrolizálták, a tejfehérje minősége és annak hasznosítható lizintartalma jelentős mértékben csökken, mivel a Maillard-reakció a sűrítés és a szárítás során a laktóz hidrolízise miatt jelentős mértékben felgyorsul. Ez az eljárás együtt jár a HMF-tartalom megnövekedésével és a lizintartalom csökkenésével. A termék a tárolás közben gyorsan megbarnul. Mindezek miatt a hidrolizált laktózt tartalmazó tej kondenzálása és szárítása különösen nagy figyelmet és speciális feltételeket követel.

A 21.17. táblázat a szárítás hatására bekövetkező B- és C-vitamin-károsodásról ad információt. A porlasztva szárítás viszonylag kis vitaminvesztést okoz, de a hengerszáritásnál, a technológiai paraméterek függvényében, a vitaminvesztés jelentős lehet. A szárítási technológia némileg csökkenti az A- és az E-vitamin-, a riboflavin-, a biotin- és a pantoténsav-tartalmat, míg a piridoxintartalomra, úgy tűnik, nincs hatással.

A sovány tejpör zsíroldható vitamintartalma alacsony, ezért ennek kiegészítését javasolják A- és D-vitaminnal vagy tokoferollal. Különösen jelentős azoknak a soványtejpör-küldeményeknek a kiegészítése A-vitaminnal, amelyeket a fejlődő országokba szállítanak, ahol a gyerekek A-vitaminhiányosan táplálkoznak, és ahol még ma is jelentős az angolkóros kisgyerekek száma. Az előzőek alapján megállapítható, hogy ilyen gyerekeknél előnyös lenne a 40–80 g vitaminnal kiegészített tejpör fogyasztása, amelyben a WHO ajánlása alapján 1,5 mg retinol (A-vitamin) és 12,5 µg kolekalciferol (D-vitamin) vitamin-kiegészítés van 100 g-onként.

21.17. táblázat. A tej szárítása során bekövetkező vitaminvesztés

Vitamin	Vitaminvesztés (%)	
	porlasztva szárítva	hengerszáritóval
Tiamin	10	15–30
Kobalamin	20–30	30–40
Aszcorbinsav	20	30–40

Néhány évvel ezelőtt szövetelhalást találtak olyan patkányok májában, amelyek egyedüli fehérjeforrásként csak sovány tejpört kaptak. A szövetelhalást csak

a hengerszárítón készített tejpor esetében figyelték meg. Megállapították azonban azt is, hogy a szövetelhalás nem valamilyen, a tejporban előforduló mérgező anyag következménye, hanem néhány esszenciális anyag hiánya, amelyek a szárítás folyamán mennek tönkre. Így pl. a májban szövetelhalást okoz, ha az etetett fehérje hiányt szenved kéntartalmú aminosavakból. Ezt követően a tejpor szeléntartalmát tették felelőssé a kórok kialakulásáért, mert arra a megállapításra jutottak, hogy a tej szeléntartalmának több mint 50%-a elillan a szárítás folyamán, ezért a szelénhiányt kapcsolatba hozták a máj nefrotikus elváltozásával. Ezt a teóriát megerősítette az, hogy a szelénkiegészítés megóvta a kísérleti állatokat a májproblémák kialakulásától. Kimutatták azt is, hogy csak egyfajta tejpor okoz nefrotikus változásokat, mégpedig az, amelyet hosszú időn keresztül hőhatásnak tettek ki. Egy másik kísérletben még akkor sem tudtak nefrotikus tüneteket kimutatni, ha olyan tejporral etették az állatokat, melyet hengerszárítón, extrém magas hőmérsékleten készítettek. Az is kiderült, hogy a szelénvesztés 5%-nál kisebb, függetlenül attól, hogy a tejporthengerszárítón vagy porlasztással készítették. A szelén hatékonysága attól függ, hogy milyen vegyület formájában fordul elő, ezért elképzelhető, hogy néhány nagyon aktív szelénvegyület inaktívulódik a tejporkészítés folyamán. Egyértelműen állítható, hogy manapság a tejporkészítési technológia olyan színvonalra jutott el, hogy elképzelhetetlen nefrotikus anyagok képződése az előállítás folyamán.

A tejpor nehézfém tartalma igen alacsony. A különböző nehézfémek átlagos koncentrációja a tejben a következő: ólom 30 µg/kg; kadmium 14 µg/kg; higany 1 µg/kg.

21.4.2.2. Az összetétel változása a tárolás során

A sterilizálás nem része a tejpor-előállítási technológiának, ezért a végtermék nem teljesen mentes a mikroorganizmusoktól, de a tejpor alacsony nedvességtartalma gyakorlatilag lehetetlenné teszi azok elszaporodását a tárolás folyamán. A tejpor mikrobiológiai analízise azt mutatja, hogy annak összcsíraszám, *E. coli* és más speciális mikroorganizmusainak a száma jóval a megengedett határérték alatt marad. A tejporkészítéshez használt tejnek a patogén mikroorganizmusoktól mentesnek kell lenni, mert a hőkezelés, különösen a porlasztva szárítás során a mikroorganizmusok nem pusztulnak el teljesen. Amikor szalmonellával céltartozottan fertőzött tejből készítettek tejporthengerszárítót, azt tapasztalták, hogy a végtermékben a mikroorganizmusok száma jelentős mértékben csökkent, de egyetlen tejporminta sem volt mentes a fertőzéstől. Ennek ellenére manapság csak nagyon kevés esetben mutattak ki szalmonellát tejporthengerszárítóból.

A teljes tejpor magas zsírtartalma fogékonnyá teszi azt az oxidációra, amelynek során rossz ízű és illatú termékek keletkeznek. A rossz íz és zamat kialakulásáért a laktonok, az aldehidek és a ketonok felelősek, amelyek koncentrációja nő a tárolás folyamán. Ennek ellenére az egyes ketonok koncentrációja 37 °C-on való

16 hónapos tárolás után alacsonyabb volt, mint azok kimutathatósági határa. A nitrogénatmoszférában való tárolás csökkenti az ilyen anyagok kialakulását. Az oxidált minták telítetlen aldehideket is tartalmaznak, amelyek az oxidált íz okozói. Újabban olyan bébitápszerekből, amelyeket szélsőségesen rossz körülmények között tároltak, hosszú szénláncú alifás aldehideket is ki tudtak mutatni. Ezek a karbonil-csoportot tartalmazó komponensek a Maillard-reakcióból is származhatnak, ami szintén előfordul a tejporban a tárolás folyamán. A pirazinok felelősek részben a tejpor sült, illetve főtt ízéért. Antioxidánsok tejporhoz keverése vagy az oxigén távoltartása a tárolás folyamán megóvjva a tejporthoz az ilyen jellegű átalakulástól. Javasolják azt is, hogy savófehérjéket adjanak a teljes tejporhoz, mert az SH-csoportok növekvő száma inhibálja az oxidációt a tárolás folyamán. Sem a szárítási folyamat, sem a tárolás nem okoz veszteséget az esszenciális zsírsavak koncentrációjában.

A tejfehérje minősége csak igen kis mértékben változik meg akkor, ha a tejporthoz megfelelően, nem túl magas hőmérsékleten és alacsony nedvességtartalom mellett tárolják. Egy olyan tárolási kísérletben, ahol a tejporthoz 25 és 37 °C-on, egy éven keresztül tárolták, a fehérje PER- és NPU-értéke nem változott számottevő mértékben. A fehérje relatív táplálkozási értéke 8%-kal csökkent, és hasonló mértékben csökkent a hasznosítható lizintartalom is. Más vizsgálatok a PER-érték némi csökkenését mutatták ki. Hengeren szárított tejporban a lizintartalom csak 2%-kal csökkent hathónapos tárolás folyamán. A hasznosítható lizintartalom csökkenése növekvő nedvességtartalom mellett nő a tárolás folyamán, de a vákuum alatti tárolás csökkenti a lizinvesztést. A fehérje minőségének romlásáért a Maillard-reakciót tartják a fő felelősnek, ami optimális körülmények között is bekövetkezhet hosszabb tárolás alatt. Ezt a folyamatot a tejpor HMF-tartalmának mérésével lehet követni. A tejfehérje biológiai értékének megóvása miatt nem célszerű a tejporthoz nagyon hosszú ideig tárolni, még optimális tárolási feltételek esetén sem.

A tárolási feltételek hatással vannak a tejpor vitamintartalmára is. Általánosságban megállapítható, hogy a vitaminvesztés a tárolás alatt alacsony. Egy esetben 33%-kal csökkent a tejpor B₆-vitamin-tartalma porlasztva szárítással készült tejporban 40 hónapos tárolás során. Egy másik esetben a B₁- és a C-vitamin mennyisége 10%-kal csökkent kétéves tárolás során. A tejpor C-vitamin-tartalma függ a csomagolóanyag oxigén- és vízáteresztő képességétől, és a tejporthoz a fénytől is óvni kell, hogy megelőzzük a fényre érzékeny vitaminok, főként a riboflavin elbomlását.

Szakirodalom

Balatoni M.–Ketting F.

1981 *Tejipari kézikönyv*. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, 1–773.

Brunner, J. R.

1976 *Characteristics of edible fluids of animal origin: Milk*. New York, John Wiley and Sons. Inc., 619–655.

Csapó J.–Csapó-Kiss Zs.–Stefler J.–Csordás E.–Martin, T.G.–Némethy S.–Wágner L.–Tálos T.

1995–96 A tőgygyulladás hatása a tej D-aminosav tartalmára. *Szaktanácsok*. 1–4. 38–52.

Csapó J.–Csapó-Kiss Zs.–Stefler J.–Pohn G.–Horn P.–Martin, T.G.

2000 D-amino acid content of mastitic milk. *Hungarian Agricultural Research*. 9. 3. 7–10.

Csapó J.–Csapó-Kiss Zs.–Stefler J.

1997 Determination of the proportion of mastitic milk in the bulk tank milk based on free D-amino acid content. Authenticity and Adulteration of Food – the Analytical Approach. *Euro Food Chem IX. Interlaken*. Sept. 24–26. 95–100.

Csapó J.–Csapó-Kiss Zs.–Stefler J.

1997 Influence of mastitis on D-amino acid content of milk. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 62. 1–2. 162–167.

Csapó J.–Csapóné Kiss Zs.

2001 A tej vitaminjai és élettani-táplálkozási vonatkozásai. *Tejgazdaság*. 41. 34–41.

Csapó J.

2000 Élelmiszereink. Alapvető élelmiszerek. Tej és tejtermékek. In: Hajós Gy.–Zajkás G. (szerk.): *A táplálkozás egészségkönyve*. Budapest, Kossuth Kiadó, 131–143.

Csapó J.–Schäffer B.

2001 A tej tulajdonságai. In: Szakály S. (szerk.): *Tejgazdaságtan*. Budapest, Dinasztia Kiadó, 64–82.

Csapó J.–Csapó-Kiss Zs.

2002 *A tej és tejtermékek szerepe a táplálkozásban*. Budapest, Mezőgazda Kiadó.

Csapó J.–Csapó-Kiss Zs.

2003 *Élelmiszerkémia*. Budapest, Mezőgazda Kiadó.

Fox, P. F.

1997 *Advanced Dairy Chemistry-1: Proteins*. London–Weinheim–New York–Tokyo–Melbourne–Madras, Blackie Academic & Professional, 1–781.

Fox, P. F.

1997 *Advanced Dairy Chemistry-2: Lipids*. London–Weinheim–New York–Tokyo–Melbourne–Madras, Blackie Academic & Professional, 1–443.

Fox, P. F.

1997 *Advanced Dairy Chemistry-3: Lactose, water, salts and vitamins*. London–Weinheim–New York–Tokyo–Melbourne–Madras, Blackie Academic & Professional, 1–536.

Fox, P. F.

1996 *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology – 1*. New York, Chapman and Hall.

Fox, P. F.

1996 *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology – 2*. New York, Chapman and Hall.

Fox, P. F.

1982 *Developments in Dairy Chemistry – 1. Proteins*. London & New York, Elsevier Applied Science Publishers, 1–409.

Fox, P. F.

1983 *Developments in Dairy Chemistry – 2. Lactose and Minor Constituents*. London & New York, Elsevier Applied Science Publishers, 1–430.

Fox, P. F.

1985 *Developments in Dairy Chemistry – 3. Lactose and Minor Constituents*. London & New York, Elsevier Applied Science Publishers, 1–405.

Szakály S.

2001 *Tejgazdaságtan*. Budapest, Dinasztia Kiadó, 1–478.

Szakály S.

1991 *Tejgazdaságtan*. Egyetemi jegyzet. Kaposvár, PATE Állattenyésztési Kar. 1–120,

Abstract

The *Dairy Industry Technology Milk and dairy products in human nutrition* lecture notes was prepared for the food engineering students of the Transylvanian Hungarian University, Csíkszereda, containing the theoretical material of the dairy industry technology; at the end of the lecture note, the university students get important knowledge about the role of milk and milk product in human nutrition and how technology influences the quality of milk and milk products.

In the first part of the lecture notes, we deal with the milk as raw material, very shortly the role of the milk in human nutrition, about the micro-organisms of the milk, primary treatment, reception and the qualification of the fresh milk. In the milk-processing session, the Reader will get acquainted with the more important part of dairy technology; in the course of this, with creaming, heating and cooling, homogenization, adjustment of fat content, flavouring of the products, filling and packaging of the products, and at last the special dairy industry treatments. On the next pages, the student gets acquainted with the technology of milk and cream products, the sour milk and milk products, butter and butter products, cheese production, curd cheese and processed products, loose cheeses, and milk powder production. After this, we shortly discuss the ice cream production, the dairy industry by products, the cleaning and the sterilization, the water supplying of the dairy factories, and the waste water and litter treatment. The last chapters of the lecture notes deal with the role of milk and milk products in human nutrition, and how technology influences the quality and composition of milk and milk products.

We tried to build the five chapters upon one another and coordinate them, so we suggest the honoured student that he start the latter chapters only after realizing the connected theoretical material and the formerly read literature, because without this it is impossible to understand the role of the milk and dairy products. The aim of the issue of the lecture note was to give modern, up-to-date knowledge to the university students in both BSc and MSc courses in the field of dairy industry technology, and settle our differences, false and misread scientific results, which contributed to the decrease of milk and milk product consumption nowadays. The lecture note is recommended for the university student and specialists, who deal with food science, or study the role of milk and dairy products in human nutrition.

Rezumat

Cartea intitulată „Tehnologia industriei laptelui. Lapte și produse lactate în nutriția umană” este un material didactic destinat studenților secției Ingineria alimentară (Universitatea Sapientia). Acest material conține informații despre lapte și produse lactate și este o continuare a cărții „Laptele și produsele lactate în nutriția umană” (Csapó și Csapóné, 2003).

În prima parte a cursului sunt prezentate operațiile tehnologice ale prelucrării laptelui precum și a obținerii produselor lactate. În aceste capitole sunt prezentate amănunțit recepția, depozitarea intermediară, îndepărtarea impurităților, smântânirea, omogenizarea, tratamentul termic, răcirea și ambalarea. În cadrul diferitelor metode de tratamente termice sunt prezentate efectele acestora asupra microorganismelor precum și metode variate de pasteurizare, răcire și depozitare.

În capitolele următoare sunt prezentate tehnologiile de obținere a produselor lactate fermentate, a untului și produselor derivate ale untului, brânză proaspătă de vacă, brânzeturi frământate, brânzeturi topite și a laptelui praf. În continuare, discutăm aspectele obținerii înghețatei, a metodelor de îndepărtare a impurităților și bactofugare, metode de alimentare cu apă industrială a întreprinderilor, precum și unele aspecte ale gospodăririi apelor uzate și a deșeurilor rezultate de pe urma procesului de prelucrare a laptelui.

Ultimele două capitole pun accent pe rolul nutrițional al laptelui și produselor lactate, precum și pe efectul proceselor tehnologice asupra compoziției laptelui și a produselor lactate.

Capitolele cărții sunt aranjate ierarhic, astfel încât studenții să poată parcurge materia în mod treptat. În caz contrar, sau în cazul în care nu au înțeles în profunzime noțiunile prezentate nu vor înțelege nici importanța laptelui și a produselor lactate și nici rolul tehnologiilor de prelucrare. Editarea acestei cărți are ca scop prezentarea modernă a cunoștințelor referitoare la produselor lactate și a tehnologiei de obținere a acestora și se adresează mai ales studenților cu specializare în ingineria produselor alimentare (la nivelurile BSc și MSc). Scopul nedisimulat al acestei lucrări este de a contracara preconcepțiile și a opiniile eronate precum și interpretările greșite a unor rezultate științifice, care în ultimul timp au avut o contribuție în scăderea consumului de lapte și de produse lactate. Recomandăm această lucrare specialiștilor din domeniul științelor alimentare, nutriționiștilor, precum și studenților din domeniul agrar, alimentar, și medical.

Miercurea Ciuc, 09.07.2011

Autorii

A kötet szerzői

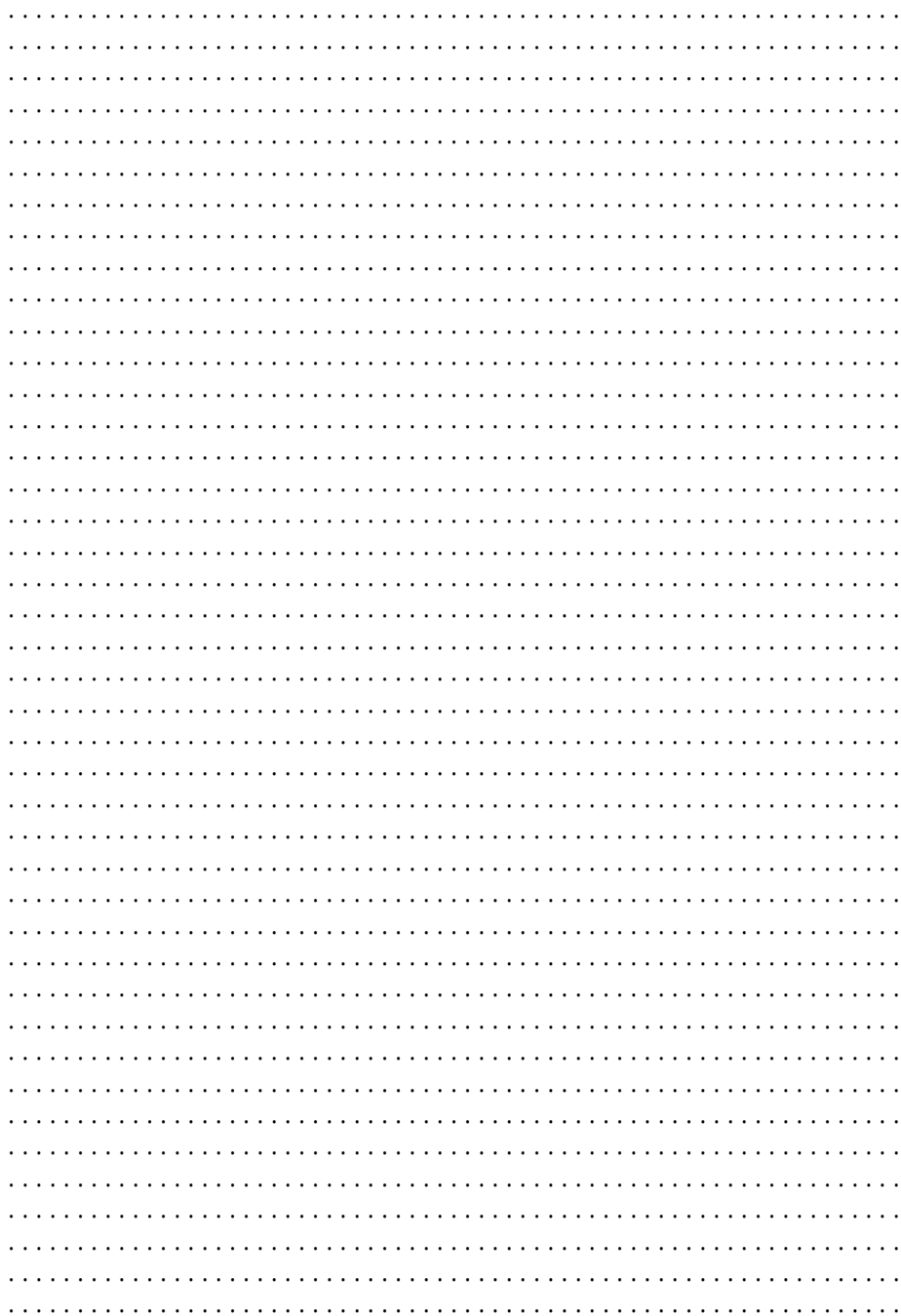
Dr. Csanádi József (PhD), okleveles élelmiszer-ipari mérnök, az állattenyésztési tudomány doktora, egyetemi docens, 27 éve foglalkozik a tejtermelés, -feldolgozás és termékminőség kérdéseivel. Tudományos tevékenysége is elsősorban erre a területre koncentrálódik, ezen belül pedig a kiskérődzőkkel kapcsolatos tudományos ismereteket bővíti. Doktori disszertációja szintén e témakörben íródott, melyben a juhtej termelésével, minőségével és egyes tulajdonságainak, a termékek gyártására gyakorolt hatásával foglalkozott. Fő kutatási területei a kiskérődzők tejének termelése, a gazdaságosság és minőség javítása, táplálkozás-élettani szempontból előnyös vagy hátrányos alkotók vizsgálata, a termékek, elsősorban a sajtok gazdaságos gyártásának javítása, funkcionális tejtermékek fejlesztése, illetve a tejipar melléktermékeinek értékes késztermékké való feldolgozása. Az utóbbi években az alternatív technológiák (pl. ultrahang) tejipari alkalmazhatóságát kutatja. Összes publikációjának száma 158, amelyekre 40 hivatkozást kapott. A graduális és posztgraduális képzésben oktatja a Tejipari szaktechnológia, Tejipari szakgéptan, Általános élelmiszertechnológia, Élelmiszeripari szaktechnológiák, Élelmiszeripari nyersanyagismeret, A tej szerepe a táplálkozásban és az Alkoholos italok előállítása című tantárgyakat.

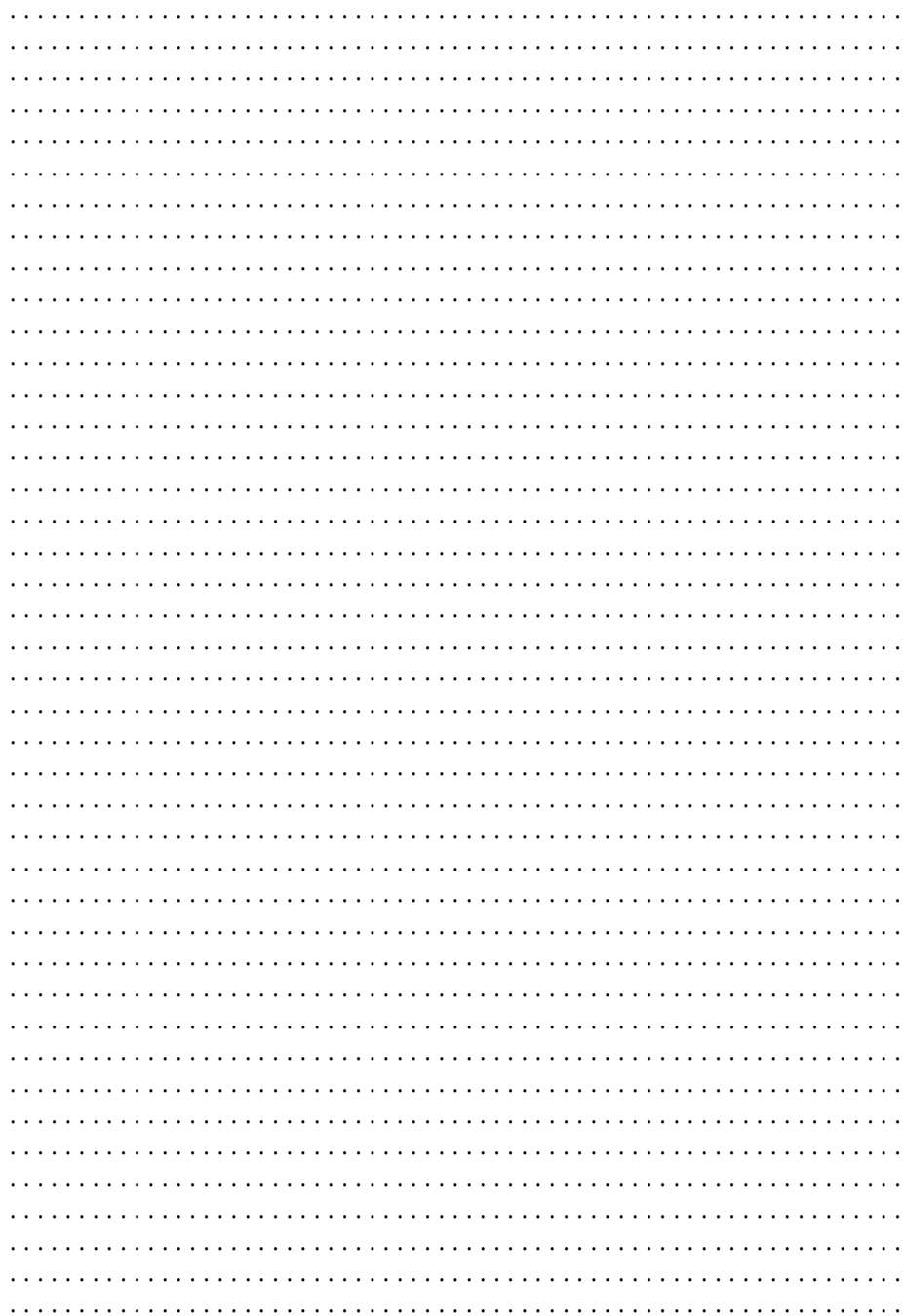
Dr. Csapó János az MTA doktora, egyetemi tanár, okleveles vegyész, több mint 35 éve foglalkozik élelmiszerek és takarmányok fehérjetartalmának, aminosav-összetételének, újabban D-aminosav-tartalmának meghatározásával, a fehérje biológiai értékének mérésével, valamint a különböző állatfajok és -fajták, valamint az anya kolosztrum- és tejösszetételének meghatározásával, tej és tejtermékek táplálkozási értékének analízisével. A vezetésével kidolgozott új analitikai-kémiai módszereket több élelmiszer- és takarmányanalitikai laboratóriumban alkalmazzák. Tudományos munkáját is nagyrészt ezen a két területen fejtette ki. Összes publikációjának száma kb. 1000, melyekre több mint 660 független hivatkozást kapott. A graduális és posztgraduális képzésben, valamint a doktori képzésben oktatja a Biokémia, az Élelmiszer-kémia, a Mezőgazdasági kémia, a Tejipari technológia, a Tej és tejtermékek a táplálkozásban, valamint az Élelmiszer-analitika tárgyakat, a Ph.D-hallgatóknak pedig a Tejképzés biokémiája és élettana című tárgyat.

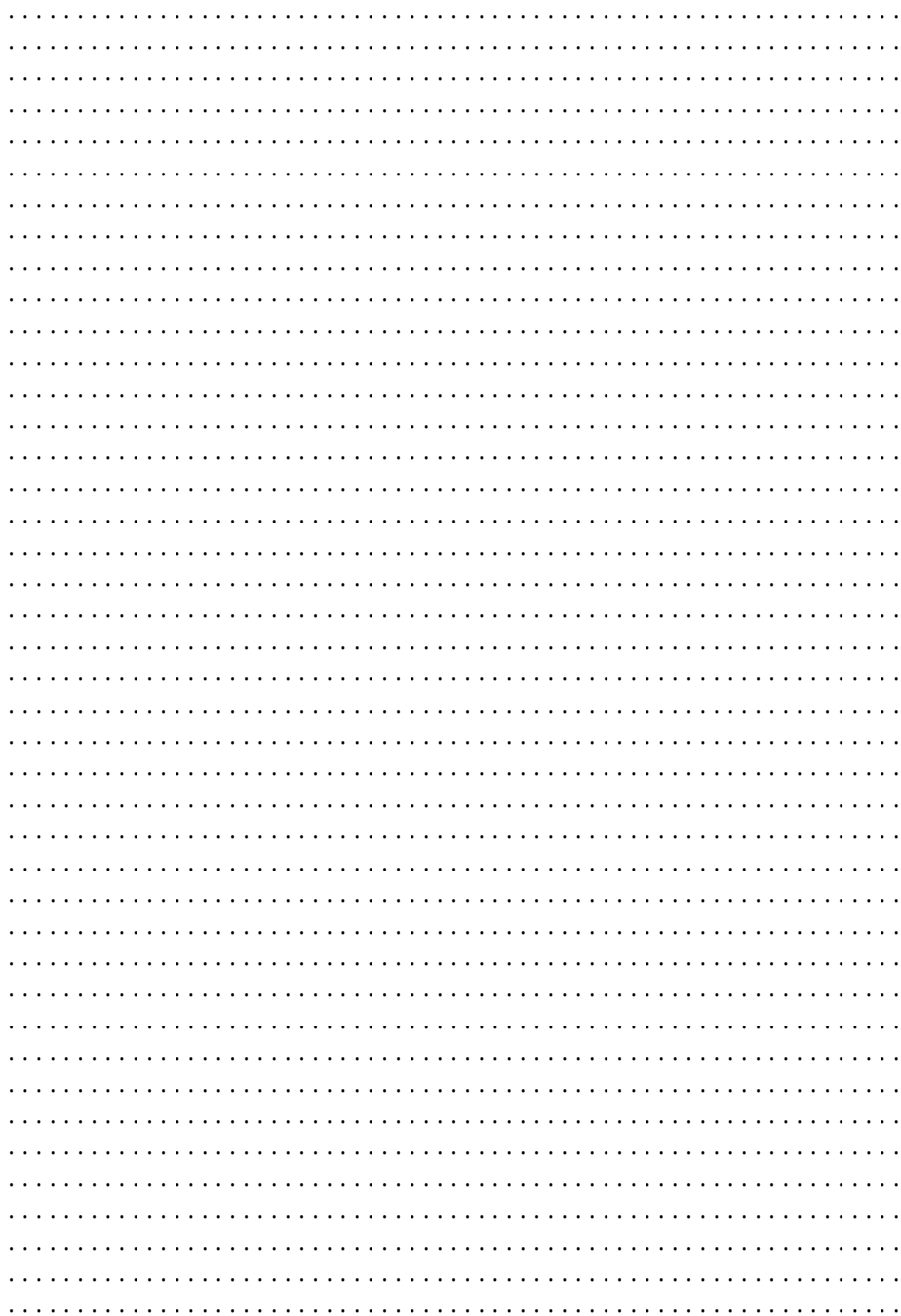
Csapó-Kiss Zsuzsanna dr., tudományos munkatárs, okleveles vegyész, 1974 óta dolgozik a Kaposvári Egyetemen, ill. jogelődjeinél. Egyetemi doktori címét a A kolosztrum és a tej makro- és mikroelem-tartalmának vizsgálata eltérő genotípusú szarvasmarhánál című disszertációval szerezte meg. Az elmúlt időszakban az MTA és a Pécsi Akadémiai Bizottság több különdíját is elnyerte, és

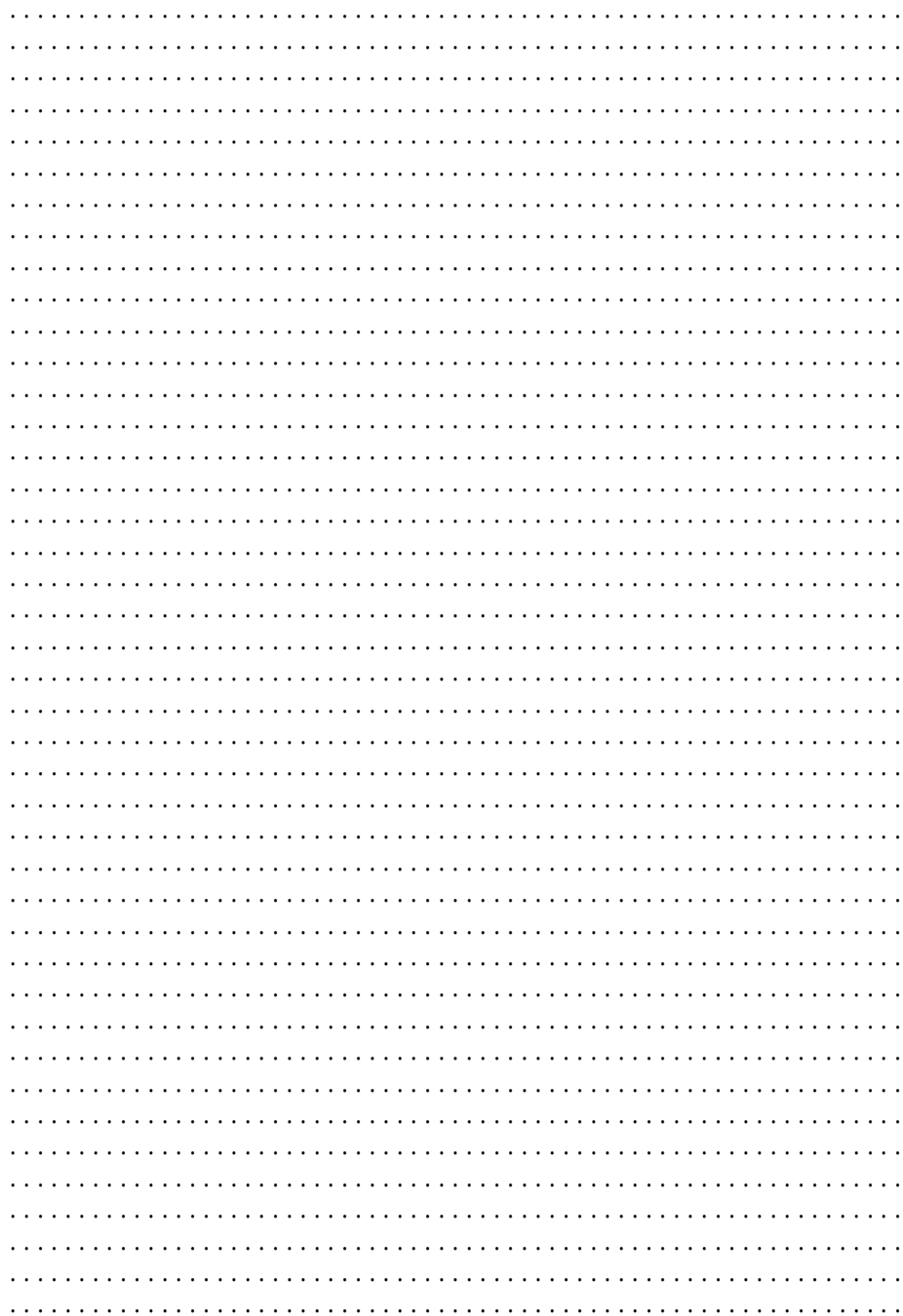
a közreműködésével írt szakkönyvek kétszer is nívódíjban részesültek. 2013-ig 86 idegen nyelvű, 100 magyar nyelvű tudományos közleménye jelent meg, hazai konferenciákon 154 előadás, nemzetközi konferenciákon 193 előadás hangzott el közreműködésével. Közleményei kumulatív impakt faktora 36,57, külföldi hivatkozásai száma 70, belföldieké 45. Kilenc jegyzet és 14 könyvrészlet szerzője, ill. társszerzője. A BSc képzésben Kémiát, az FSz képzésben Alkalmazott kémiát oktat, és a Biokémia és az Élelmiszer-kémia tantárgy gyakorlatait vezeti.

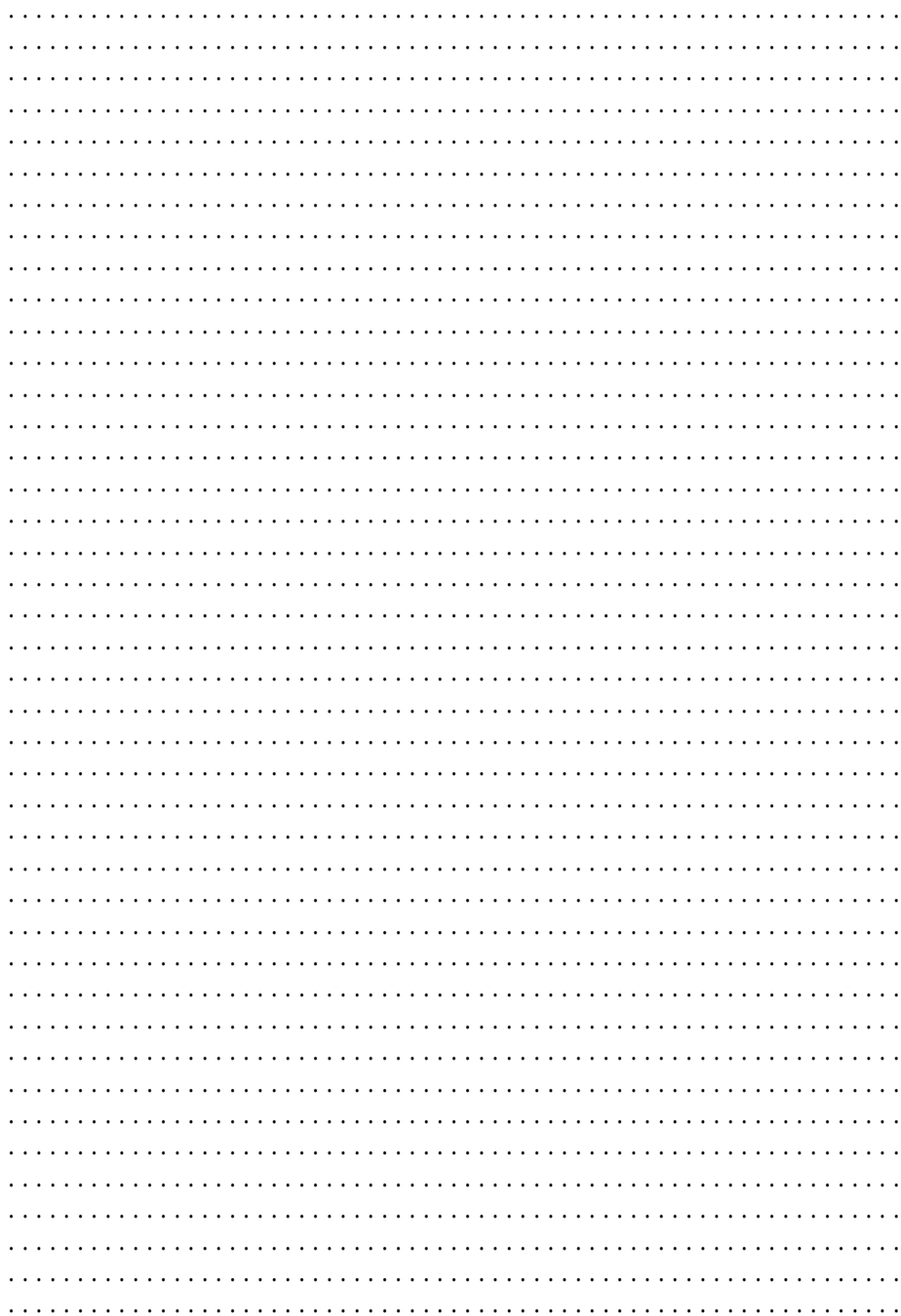
Dr. Fenyvessy József (CS.c.), egyetemi tanár, okleveles agrármérnök, tejipari szakmérnök, 1980 óta dolgozik a felsőoktatásban. Ezt megelőzően egy sajtüzem igazgatójaként tevékenykedett, így ipari, gyakorlati tapasztalatai széles körűek. Tudományos tevékenysége főként kiskérődzőkkel kapcsolatos, kandidátusi értekezése is e témakörben (juhsajtok) született 1993-ban. Ebben a magyar fésűsmerinó tejtermelésével, tejének makro- és finomösszetételével, fehérjefrakcióival, zsírsavösszetételével, valamint a kashkaval típusú juhsajtok kitermelésével foglalkozott. Tudományos kutatási témái a nyers tej termelésével, a nyers tej minőségét befolyásoló tényezőkkel, a tejtermékek érzékszervi, táplálkozás-élettani értékének növelésével, az élelmiszeripar fenntartható fejlődésével, valamint a tejfeldolgozás technológiai műveleteivel kapcsolatosak. Hasonlóképpen vizsgálja a tejipari termékek gyártmányfejlesztési lehetőségeit, és több üzem HACCP rendszerének kidolgozásában is részt vett. Több nagyobb hazai és nemzetközi támogatású projekt kidolgozásában és végrehajtásában vett részt mint témavezető, ill. résztémafelelős. Összes publikációjának száma több mint 240, melyekre 25 hivatkozást kapott. A graduális és posztgraduális képzésben oktatja a Tejipari szaktechnológia, Tejipari szakgéptan, Élelmiszeripari higiénia tantárgyakat.











Sapientia Tankönyvek sorozat kötetei

Megjelent:

Varga Attila

Alkotmányjogi és államszervezési alapismeretek. 2003

Roth Endre

Szociológia és társadalom. 2004

Albert-Lőrincz Enikő

A csoportokkal való munka módszertani kérdései. 2004

Albert-Lőrincz Enikő

Önpusztító lázadás. A drogfogyasztás mint kóros viselkedésminta. 2004

Bakacsi Gyula

Szervezeti magatartás és vezetés. 2004

Antal-Mokos Zoltán–Balaton Károly–Drótos György–Tari Ernő

Stratégia és szervezés. 2005

Bakacsi Gyula–Bokor Attila–Császár Csaba–Gelei András–

Kováts Klaudia–Takács Sándor

Stratégiai emberi erőforrás menedzsment. 2005

Dobák Miklós és munkatársai

Szervezeti formák és vezetés. 2005

Márton László Ferenc

Jelek és rendszerek. 2006

Puskás Attila

Idült vénás betegségek. Patológia, diagnózis, terápia. 2007

Dósa Zoltán

Tanulás, emlékezés, képzelet. 2007

Ambrus Zoltán

Szociálpszichológia. Alapismeretek, feladatok, gyakorlatok. 2008

Hollanda Dénes

A forgácsolás alapjai. 2008

Márton Lőrinc

Irányítástechnika. 2009

Nótári Tamás

Római köz- és magánjog. 2011

Scientia Kiadó

400112 Kolozsvár (Cluj-Napoca)
Mátyás király (Matei Corvin) u. 4. sz.
Tel./fax: +40-364-401454
E-mail: scientia@kpi.sapientia.ro
www.scientiakiado.ro

Korrektúra:

Szenkovics Enikő

Műszaki szerkesztés:

Dobos Piroska

Tipográfia:

Könczey Elemér

Készült a Gloria nyomdában

150 példányban
Igazgató: Nagy Péter

s a p i e n t i a
t a n k ö n y v e k

ISBN 978-973-1970-80-6



9 789731 970806