

HALOLAJ ALAPÚ VÉDETT ZSÍRKÉSZÍTMÉNY BENDŐBELI LEBOMLÁSÁNAK ÉS A TEHENEK TEJTERMELÉSÉRE ÉS A TEJ ÖSSZETÉTELÉRE GYAKOROLT HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

TÓTH TAMÁS – VISZKET ERNA – CSAVAJDA ÉVA – TANAI ATTILA – FÉBEL HEDVIG

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők 4, bendőkanüllel ellátott tinóval egy kereskedelmi forgalomban kapható hidrogénezett zsírkészítmény (Hidropalm, származás: Spanyolország, gyártó: Norel S.A.) és egy burkolásos technikával kifejlesztett omega-3 zsírkészítmény (7,7%, az abrakkeverék szárazanyagának %-ában, mindkét zsírkészítmény esetében) bendőbeli stabilitását és a bendőfermentáció néhány paraméterére gyakorolt hatását vizsgálták. Üzemi kísérlet keretében értékelték a naponta és állatonként 0,25 kg (a napi szárazanyag 1,3%-ában) mennyiségben etetett omega-3 zsírkészítmény tejtermelésre, a tej táplálóanyag tartalmára, illetve a tej zsírsav-összetételére gyakorolt hatását. Eredményeik alapján megállapították, hogy a hidrogénezett zsírkészítmény (Hidropalm) 80,1%, míg az omega-3 zsírkészítmény 62,5%-os bendőbeli stabilitással rendelkezik. A vizsgált zsírkészítmények közül az omega-3 zsírkészítmény az etetést követő 4. órában szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben növelte a bendőfolyadék propionsav koncentrációját. A bendőfolyadék i-vajsav koncentrációja az alkalmazott zsírkiegészítések hatására statisztikailag ($p < 0,05$) igazolható mértékben csökkent. Az üzemi kísérletben kapott eredmények szerint az etetett omega-3 zsírkészítmény szignifikáns mértékben ($p < 0,05$) csökkentette a termelt tej mennyiségét, illetve zsírtartalmát, míg a tejcukor tartalom szignifikáns ($p < 0,05$) mértékben növekedett a kontroll csoporthoz képest. A kísérleti szakaszban a következő zsírsavak esetében mértek szignifikáns ($p < 0,05$) mértékű növekedést: C20:0; c-C18:1; t-9 C18:1; C20:1, c9,t11 CLA, C20:5 (EPA); C22:2 és C22:5 (DPA).

SUMMARY

Tóth, T. – Viszket, E. – Csavajda, É. – Tanai, A. – Fébel, H.: EFFECT OF COATED FISH OIL ON RUMEN FERMENTATION, MILK PRODUCTION, MILK COMPOSITION AND FATTY ACID PROFILE OF MILK

A commercial hydrogenated fat supplement (Hidropalm, Norel S.A., Spain) and an omega-3 fat product developed by a special coating technology were tested in an experiment using 4 rumen cannulated steers (7.7 of DM of the concentrate). Effective fat degradability (EFD) and the effect of the supplements on some parameters of ruminal fermentation were examined. In a farm trial the amount of 0.25 kg of omega-3 fat supplement (in 1.3% of DM) was fed to dairy cows. The hydrogenated fat supplement (Hidropalm) showed 80.1%, while the omega-3 product showed 62.5% EFD. Propionate concentration in the rumen fluid was increased significantly ($p < 0.05$) by feeding the omega-3 supplement measured 4 hours after feeding. Concentration of i-butyrate in the rumen fluid reduced significantly ($p < 0.05$) when the steers were fed omega-3 and hydrogenated fat supplements. Farm trial results showed that milk yield and fat content of milk were reduced significantly ($p < 0.05$) due to the feeding of omega-3 fat supplement, while lactose content was significantly increased compared to the control period. Significant ($p < 0.05$) increase of the following fatty acids were measured in the experimental period: C20:0; c-C18:1; t-9 C18:1; C20:1, c9,t11 CLA, C20:5 (EPA); C22:2 and C22:5 (DPA).

BEVEZETÉS

A tehéntej zsír kb. 70% telített (SFA), 25% egyszeresen telítetlen (MUFA) és 5% többszörösen telítetlen (PUFA) zsírsavat tartalmaz (Grummer, 1991). A legújabb humán táplálkozási ajánlásokhoz képest a szükségesnél kevesebb többszörösen telítetlen (PUFA) zsírsavat tartalmazó tejzsír miatt számos a tej zsírsav összetételének módosítására irányuló kísérletet végeztek tejelő tehenekkel. Ismert, hogy a tejzsír telítetlen zsírsav tartalma takarmányozás útján többféleképpen növelhető, pl.: olaj kiegészítéssel, full-fat magvakkal, védett (bypass) zsírokkal (Brzoska és mtsai, 1999; Gulati és mtsai, 2002; Kiteessa és mtsai, 2004; Komprda és mtsai, 2005; Monici és mtsai, 2006; Ribács és Schmidt, 2006; Roy és mtsai, 2006; Shingfield és mtsai, 2006; Egger és mtsai, 2007; Schmidt és mtsai, 2007; Várhegyi és mtsai, 2007; Kudrna és Maorunek, 2008; Osborne és mtsai, 2008). Ugyanakkor a tej zsírsav-összetételének módosítására felhasznált zsírkészítmények befolyásolják a kérődző állatok bendőműködését és a bendőben keletkező illózsírsavak koncentrációját. Ezt igazolja az, hogy a legtöbb kísérletben az alkalmazott zsírkiegészítés csökkentette a bendőfolyadék ecetsavtartalmát, illetve növelte annak propionsav koncentrációját (Sutton és mtsai, 1975; Doreau és Chilliard, 1997; Fievez és mtsai, 2003; Toral és mtsai, 2009). A zsírkiegészítés során jelentkező tej zsírtartalom csökkenés Christie (1981) véleménye szerint ugyancsak az ecetsav koncentráció mérséklődésére vezethető vissza. Ugyanakkor Hagemester és Kaufmann (1979) szerint a tej zsírtartalom csökkenés hátterében a telítetlen zsírsavak hidrogenálódásakor keletkező transz-izomerek vannak.

A rendelkezésre álló újabb irodalmi adatok szerint a tejelő tehenek takarmányadagjának halolaj kiegészítése, illetve más olaj- és zsírforrásokkal történő kombinált etetése negatívan befolyásolja a tejelő tehenek tejtermelését, továbbá a tej fontosabb táplálóanyag tartalmát (Jones és mtsai, 2000; Keady és mtsai, 2000; Shingfield és mtsai, 2006; AbuGhazaleh és Holmes, 2007; Cruz-Hernandez és mtsai, 2007; Fatahnia és mtsai, 2008; Murphy és mtsai, 2008; Toral és mtsai, 2010). Más szerzők ezzel ellentétes eredményeket kaptak (Gonzalez és Bas, 2002; Kiteessa és mtsai, 2004).

A különböző halolaj- és egyéb zsír- vagy olajkiegészítések nemcsak a tej zsír- és fehérjetartalmát, de annak zsírsav-összetételét is jelentősen befolyásolhatják (Jones és mtsai, 2000; Palmquist és Griinari, 2006; Shingfield és mtsai, 2006; AbuGhazaleh és Holmes, 2007; Cruz-Hernandez és mtsai, 2007; Fatahnia és mtsai, 2008). Osborne és mtsai (2008) az ivóvízbe (2 g/l) és takarmányba (10 g/kg sz. a.) adagolt halolaj-kiegészítés hatását vizsgálták. Megállapították, hogy amikor a takarmányt halolajjal egészítették ki, a tejzsírban alacsonyabb volt a C7:0, C8:0, C9:0, C10:0, és a C12:0 zsírsavak mennyisége, szemben az ivóvíz halolajjal történő kiegészítésével. Ugyanakkor a t-12 18:1, t-13 18:1, t-14 18:1, t-16 18:1, t-9, t-11 18:1, illetve a t-10, t-12 CLA zsírsavak részaránya nőtt a takarmány halolajjal történő kiegészítésekor az ivóvíz kiegészítéshez képest.

Tekintettel arra, hogy védett halolaj alapú zsírkészítmény etetésére vonatkozóan nem áll rendelkezésre hazai adat, ezért kísérleti munkánk legfontosabb

célkitűzése egy ilyen típusú készítmény kifejlesztése volt. A modell- és üzemi vizsgálatok során az alábbi kérdéseket foglalmaztuk meg:

- Az előállított omega-3 zsírkészítménynek milyen a bendőbeli stabilitása?
- Hogyan befolyásolja a bendőben végbemenő fermentációt a kifejlesztett omega-3 zsírkészítmény alkalmazása?
- Milyen hatást gyakorol a zsírkészítmény etetése a tehenek termelésére, a tej zsír-, fehérje- és laktóztartalmára, továbbá a tejszír zsírsavösszetételére?

ANYAG ÉS MÓDSZER

In situ vizsgálatok

A kifejlesztett omega-3 zsírkészítmény (gyártó: Adexgo Kft., Magyarország) és a kereskedelmi forgalmú hidrogénezett zsír (Hidropalm, Norel S.A., Spanyolország) nyerszsír-tartalmának bendőbeli lebonthatóságát 4 db, kb. 600 kg élősúlyú holstein-fríz tinóval, az *in situ* módszer segítségével vizsgáltuk. A vizsgálathoz felhasznált zsákocskák 40 mikron lyukbőségű Scrynel műanyag szövetből készültek, méretük 12×6 cm volt. A zsákocskák száma 5 volt. Minden egyes zsákocskában 2 g anyagot mértünk be, így az 1 cm² zsákocskára jutó vizsgálandó anyag 13,9 mg volt. A vizsgálat során 0, 2, 4, 8, 16, 24 és 48 órás inkubációs időket alkalmaztunk. A kísérletet 3 ismétlésben végeztük el. A kísérleti állatok az 1. táblázatban közölt, kontroll szakaszra vonatkozó takarmányadagot fogyasztották a vizsgálat során. A zsírkészítmények (omega-3 zsírkészítmény, Hidropalm) aktuális bendőbeli stabilitását a mért szárazanyag és zsír veszteségek alapján, Kristensen és mtsai (1982) összefüggésével számítottuk ki. A számítás során azt feltételeztük, hogy a bendőtartalomnak 8%-a hagyja el a bendőt óránként ($k_r = 8\%$).

Bendőfermentációra vonatkozó kísérletek

A kísérletet – az *in situ* vizsgálathoz hasonlóan – 4 db bendőkanüllel ellátott holstein-fríz tinóval végeztük el. A kísérletben etetett takarmányadagokat és azok számított táplálóanyag-tartalmát az 1. táblázatban, míg az omega-3 zsírkészítmény és a hidrogénezett zsírkészítmény (Hidropalm) vizsgált zsírsavösszetételét a 2. táblázatban foglaltuk össze.

A vizsgált zsírkészítményeket két ismétlésben teszteltük. A kontroll szakaszban az állatok nem részesültek külön zsírkiegészítésben, ugyanakkor az 1. kísérleti szakaszban naponta és állatonként 0,25 kg omega-3 zsírkészítményt, majd a 2. kísérleti szakaszban ugyanilyen mennyiségű hidrogénezett zsírkészítményt (Hidropalm) etettünk az állatokkal. Ez kb. 2,3% nyerszsír-bevitelt jelentett a szárazanyag %-ában mindkét kísérleti szakaszban. A 10 napos előtetetési szakaszt követő 5 napos vizsgálati szakaszban az állatoktól naponta 1 alkalommal (4 órával a reggeli etetést követően) a bendőkanülön át bendőfolyadék mintát vettünk, amelynek a következő paramétereit határoztuk meg: pH, NH₃- és illózsírsav (ecetsav, propionsav, vajsav stb.) tartalom.

1. táblázat

**A kontroll- és kísérleti szakaszokban etetett takarmányadagok összetétele
és számított táplálóanyag-tartalma**

Megnevezés (1)	Kontroll szakasz (2)	Kísérleti szakasz 1 (omega-3 zsírkészítmény) (3)	Kísérleti szakasz 2 (Hidropalm) (4)
	kg/állat/nap (5)		
Kukoricaszilázs (6)	10	10	10
Fűszalma (7)	3	3	3
Búzaszalma(8)	2	2	2
Abrak (9)	3	3,25	3,25
Az abrak összetétele % (10)			
Kukoricadara (11)	89,0	82,14	82,14
Extrahált napraforgódara (12)	8,0	7,40	7,40
Hidrogénezett zsír (13)	–	–	7,70
Omega-3 zsírkészítmény (14)	–	7,70	–
Egységes premix (%)*, (15)	0,50	0,46	0,46
Só (16)	1,00	0,92	0,92
Mész (17)	1,50	1,38	1,38
Összesen (18)	100,00	100,00	100,00
Számított táplálólóérték (19)			
Száranyanyag (kg) (20)	10,70	10,9	11,0
Nyersfehérje (g) (21)	1041	1044	1041
Nyersrost (g) (22)	2580	2590	2580
Nyerszsír (g) (23)	331	466	576,3
MFE (g) (24)	867	869	867
MFN (g) (25)	658	659	659
NEm (MJ/kg száranyanyag) (26)	6,01	6,20	6,44
NEg (MJ/kg száranyanyag) (27)	3,53	3,69	3,88
Ca (g)	50,8	50,4	50,4
P (g)	25,3	25,3	25,3

*gyártja (producer): Agribrands Europe Hungary Zrt. (Magyarország, Budaörs)

Table 1. Composition and nutrient content of the control and experimental diets
parameter (1); control period (2); experimental period 1 (omega-3 product) (3); experimental period 2 (Hidropalm) (4); kg/animal/day (5); maize silage (6); grass straw (7); wheat straw (8); concentrate (9); composition of concentrate (10); maize grain (11); extracted sunflower meal (12); hydrogenated fat (13); omega-3 fat product (14); premix (15); salt (16); limestone (17); total (18); calculated nutrient content of daily ration (19); dry matter (20); crude protein (21); crude fiber (22); crude fat (23); MPE (24); MPN (25); NEm (MJ/kg dry matter) (26); NEg (MJ/kg dry matter) (27)

2. táblázat

Az omega-3 zsírkészítmény és a Hidropalm (hidrogénezett zsírkészítmény) vizsgált zsírsavösszetétele (g zsírsav/100 g zsír)

Zsírsav (1)	Omega-3 zsírkészítmény (2)	Hidropalm	Zsírsav (1)	Omega-3 zsírkészítmény (2)	Hidropalm
C8:0	–	0,02	C24:1	0,12	–
C10:0	0,02	0,02	MUFA	22,02	0,18
C12:0	0,15	0,22	C18:2 (n-6)	5,81	–
C13:0	0,01	–	C18:2 (n-6 t)	0,02	–
C14:0	3,42	1,16	C18:3 (n-3)	9,04	–
C15:0	0,21	0,05	C18:3 (n-6)	0,09	–
C16:0	23,55	45,69	C20:2 (c11, t14)	0,04	–
C17:0	0,26	0,13	C20:3 (n-3)	0,10	–
C18:0	17,40	47,95	C20:3 (n-6)	0,09	–
C20:0	–	0,42	C20:4 (n-6)	0,45	–
C22:0	0,10	0,05	C20:5 (n-3)	7,77	–
SFA	45,12	95,71	C22:2 (n-6)	0,02	0,01
C14:1	0,02	–	C22:4 (n-6)	0,04	–
C16:1	3,30	–	C22:5 (n-3)	0,90	–
C17:1	0,07	–	C22:6 (n-3)	3,02	–
9t-C18:1	0,23	–	PUFA	27,39	0,01
C18:1	9,84	0,16	UFA	49,41	0,19
c-C18:1	1,45	–	Egyéb zsírsav (3)	5,47	4,1
C20:1	6,99	–	Σn6	6,52	0,01
C22:1	–	0,02	Σn3	20,83	–

Table 2. Fatty acid profile of omega-3 fat supplement and Hidropalm (g fatty acid/100 g fat) fatty acid (1); omega-3 fat product (2); not identified fatty acids (3)

Üzemi etetési kísérlet

A kifejlesztett omega-3 zsírkiegészítő (0,25 kg/állat/nap, a napi szárazanyag 1,3%-ában) etetésének a tehenek tejtermelésére, továbbá a tej összetételére és a tejjel naponta termelt táplálóanyagok mennyiségére gyakorolt hatását egy bevezető üzemi kísérletben is vizsgáltuk a Solum ZRt. komáromi tehenészeti telepén. A kísérletbe 25 db, többször ellett tehenet vontunk be, amelyek döntően a 2–3. laktációjukat teljesítették, és a laktáció harmadik szakaszában voltak (átlagos napi tejtermelésük a kísérletet megelőző 2 hétben: $18,69 \pm 2,8$ kg volt). A vizsgálat kontroll és kísérleti szakaszból állt. A 3 hónapig tartó etetési kísérletben végig ugyanazt a 25 db tehenet teszteltük. A kontroll szakasz egy 2 hetes előetetési és egy 4 hetes vizsgálati szakaszból állt. Ezt követően újabb 2 hét előetetés követ-

kezett, melynek során fokozatosan hozzászoktattuk a teheneket a napi 0,25 kg-ban alkalmazott omega-3 zsírkészítményhez. Az üzemi kísérlet során etetett takarmányadagokat és azok táplálóanyag-tartalmát a 3. táblázat foglalja össze. Tekintettel arra, hogy a 0,25 kg dózisban alkalmazott omega-3 zsírkészítmény nem lehetett megfelelő biztonsággal közvetlenül használni a mérleggel ellátott takarmánykeverő-kiosztó kocsiban, ezért az adagban szereplő kukoricadara segítségével egy előkeveréket készítettünk. A kísérleti szakasz szintén 4 hétig tartott.

3. táblázat

Az üzemi kísérlet során a tejtermelő tehenekkel etetett takarmányadag összetétele és táplálóanyag-tartalma

Alapanyag, illetve táplálóanyag (1)	Kontroll szakasz (2)	Kísérleti szakasz (3)
	kg/tehen/nap (4)	
Kukoricaszilázs (5)	20,0	20,0
Lucernaszenázs (6)	8,5	8,5
Réti széna (7)	3,5	3,5
Kukoricadara (8)	1,5	1,5
Extrahált napraforgódara (II.o.) (9)	1,0	1,0
Cukor Pack* (10)	0,5	0,5
Premix (233-450)**	0,2	0,2
Omega-3 zsírkészítmény*** (11)	–	0,25
Összesen (kg) (12)	35,20	35,45
A napi adag táplálóanyag-tartalma (13)		
Szárazanyag (kg) (14)	17,9	18,1
Nyersfehérje (g) (15)	2327	2330
MFE (g)	1464	1465
MFN (g)	1402	1403
Nyersrost (g) (16)	3670	3680
NEI (MJ)	106,3	109,8
Ca (g)	213	213
P (g)	84	84
Nyerszsír (g) (17)	428	581
RDP (g)	1522	1524
UDP (g)	764	765
NDF (g)	7780	7780
ADF (g)	4027	4027

Table 3. Composition and nutrient content of the diet feedstuffs and/or nutrient (1); control period (2); experimental period (3); kg/cow/day (4); maize silage (5); alfalfa haylage (6); grass hay (7); maize grain (8); extracted sunflower meal (9); "Cukor Pack" (liquid molasses) (10); omega-3 fat product (11); total (12); nutrient content of daily ration (13); dry matter (14); crude protein (15); crude fiber (16); crude fat (17)

A *Solum Zrt.* telepén a teheneket naponta kétszer fejik. A tehenészetben számitógéppel összekapcsolt fejési rendszer működik, így az állatok egyedi tejtermelését a kísérlet minden napján fejésenként rögzíteni tudtuk. A tej összetételét az este fejt tejből hetente egy alkalommal egyedileg állapítottuk meg. Az egyedi tejminták mellett, a kontroll és a kísérleti szakasz során mintavételi alkalmanként, 2 db elegytej mintát is gyűjtöttünk, melyek zsírsavösszetételét ($n=16$ /zsírsav/szakasz) gázkromatográffal vizsgáltuk.

Kémiai vizsgálatok

A kísérletek során etetett takarmányok szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost és nyershamu tartalmát, továbbá zsírsavösszetételét a *Magyar Takarmánykódexben* (2004) javasolt módszerekkel állapítottuk meg. A bendőfolyadék minták pH értékét OP-211/1 típusú elektromos pH mérővel, NH_3 -tartalmát pedig OP-264/2 típusú ammóniaérzékeny elektróddal vizsgáltuk. A bendőfolyadék illózsírsav tartalmát *Biotronik* (Wissenschaftliche Geräte GmbH, Németország) típusú folyadékkromatográffal határoztuk meg. A tejzsír-, fehérje-, laktóz-, szárazanyag- és zsírintes szárazanyag-tartalom meghatározását a Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet Kft. (Mosonmagyaróvár) végezte el, *Milkoscan FT 120* (Foss Electric, Dánia) típusú berendezéssel. A takarmányok és a tejminták zsírsavösszetételét *Agilent Technologies 6890N* (HP, USA) típusú gázkromatográffal határoztuk meg.

Statisztika

A kísérleti eredmények statisztikai értékelését (*Kolmogorov-Smirnov teszt; t-próba, egytényezős varianciaanalízis, Kruskal-Wallis teszt, Mann-Whitney teszt*) az *SPSS 15.0. for Windows* program (*SPSS Inc.*, Chicago, USA) segítségével végeztük el. A statisztikai vizsgálatban az Adware Research Kft. (Balatonfüred) munkatársai nyújtottak segítséget.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

In situ vizsgálatok

Az elvégzett vizsgálat alapján a hidrogénezett zsírkészítmény (Hidropalm) bendőbeli stabilitása 80,1%, míg az bypass omega-3 zsírkészítmény bendőbeli stabilitása 62,5% volt. *Kitessa és mtsai* (2003) *in vitro* vizsgálatában, a kazein-formaldehid alapú védett halolaj készítmény bendőbeli stabilitása 82% volt. *Schmidt és mtsai* (2000) vizsgálatában az általuk fejlesztett Ca-szappan alapú védett zsírkészítmény 71,5%-os stabilitással rendelkezett. Az ebben a témában végzett korábbi hazai vizsgálatok eredményei (*Ribács és Schmidt*, 2006) azt mutatják, hogy a nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappanok bendőbeli stabilitásának *in situ* eljárással történő vizsgálatakor a szappan disszociációjából származó zsírsavak egy része bizonyos esetekben nem kerül ki a zsákocskákból, hanem a telítetlen zsírsavak – melyek a bendő hőmérsékletén olajszerű folyadékok – a zsá-

kocskák belső felületére rátapadva eltömik annak pórusait. Ezek a zsírsavak, mivel vízben nem oldódnak, az inkubációt követő többszöri vizes atmoszással sem távolíthatók el a zsákocskákból. Ebből következik, hogy az *in situ* vizsgálati módszer a több telítetlen zsírsavat tartalmazó Ca-szappanok bendőbeli stabilitásának megállapítására nem minden esetben alkalmas. Kísérletünkben egy burkolásos technikával előállított zsírkészítményt értékeltünk. A Hidropalmhoz viszonyítva kedvezőtlenebb bendőstabilitási eredményt kaptunk, aminek fő oka valószínűleg a készítmény nem tökéletes burkolása, illetve annak jelentős telítetlen zsírsavhányada lehetett.

Bendőfermentációra vonatkozó kísérletek

A bendőfermentációs vizsgálat során kapott adatokat a 4. táblázatban foglaltuk össze. Az etetést követő 4. órában vett minták esetében a bendőfolyadék pH-értékét mindkét zsírkészítmény, míg annak ecetsav koncentrációját csak az omega-3 zsírkészítmény csökkentette szignifikáns mértékben a kontroll szakaszhoz viszonyítva. Ezen kívül az omega-3 zsírkészítmény szignifikánsan megnövelte a propionsav koncentrációt is (kontroll: 18,05 mmol/l vs. omega-3 zsírkészítmény: 21,43 mmol/l). A kontroll szakaszhoz képest a bendőfolyadék összes illózsírsav koncentrációja (TVFA) nem változott szignifikáns mértékben a kísérleti szakaszokban. Ugyanakkor az alkalmazott zsírkiegészítések közül a több telítetlen zsírsavat tartalmazó készítmény jelentősebben, a Hidropalm kisebb mértékben szűkítette az ecetsav:propionsav (C2:C3) arányt.

A bendőfolyadék illózsírsav koncentrációjának egyes zsírforrások etetését követő csökkenése alapvetően két okra vezethető vissza. Az egyik ezek közül a mikrobiális aktivitás mérséklődése, ami annak a káros hatásnak a következménye, amit a zsírok a mikrobák sejtmembránjára gyakorolnak (*Ikwuegbu és Sutton, 1982*). Az illózsírsav-tartalom csökkenésének másik oka, hogy a zsírok – főleg ha azok sok telítetlen zsírsavat tartalmaznak – vékony, filmszerű réteggel vonják be a takarmányrészeket a bendőben. Ez a mechanizmus akadályozza, hogy a mikrobiális enzimek lebonthassák a takarmány táplálóanyagait (*Devendra és Lewis, 1974; Rohr és mtsai, 1978; Oslage, 1984*). Elsősorban a nyersrost bendőbeli lebomlása mérséklődik e hatás következtében (*Magdus, 1991; Várhegyiné és Várhegyi, 1992*).

A különböző részarányú halolaj (300-400 g/nap) etetés hatására történő propionsav koncentráció növekedést számos vizsgálatban megerősítették (*Nicholson és Sutton, 1971; Brumby és mtsai, 1972; Sutton és mtsai, 1975; Doreau és Chilliard, 1997; Keady és Mayne, 1999; Fievez és mtsai, 2003*). Ennek feltehetően az lehet az oka, hogy a propionsavat termelő baktériumok kevésbé érzékenyek a telítetlen zsírsavak negatív hatásaira, mint az ecetsavtermelők (*White és mtsai, 1958; Henderson, 1973*).

A rendelkezésre álló irodalmi adatok – saját eredményeinkkel egyezően – azt mutatják, hogy a halolaj kiegészítés hatására a propionsav növekedésével párhuzamosan csökken a bendőfolyadék ecetsav koncentrációja (*Keady és Mayne, 1999; Fievez és mtsai, 2003; Toral és mtsai, 2009*), miközben az ecetsav:propionsav arány szűkül (*Keady és Mayne, 1999*).

4. táblázat

A vizsgált zsírkészítmények etetésének hatása a bendőfolyadék néhány paraméterére
(mintavétel etetés után 4 órával)

Megnevezés (1)	Kontroll szakasz (2)	Kísérleti szakasz 1* (3)	Kísérleti szakasz 2** (4)
pH	6,45±0,16 ^a	6,30±0,17 ^b	6,24±0,54 ^b
NH ₃ , mmol/l	4,64±2,34 ^a	3,14±1,33 ^a	5,11±2,24 ^a
Összes illózsírsav, mmol/l (5)	110,94±13,83 ^a	108,11±10,49 ^a	111,69±19,44 ^a
Ecetsav, mmol/l (6)	78,78±10,48 ^a	72,37±9,22 ^b	78,42±14,10 ^{ab}
Propionsav, mmol/l (7)	18,05±2,31 ^b	21,43±4,50 ^a	19,02±3,58 ^{ab}
Ecetsav/Propionsav (8)	4,36	3,37	4,12
izo-vajsav, mmol/l (9)	0,54±0,16 ^a	0,40±0,11 ^b	0,42±0,19 ^b
n-vajsav, mmol/l (10)	11,77±2,05 ^a	11,96±1,60 ^a	11,95±2,11 ^a
izo-valeriánsav, mmol/l (11)	1,04±0,23 ^a	1,21±0,26 ^a	1,18±0,31 ^a
n-valeriánsav, mmol/l (12)	0,72±0,17 ^a	0,73±0,22 ^a	0,68±0,27 ^a

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (p<0,05)

a, b: different superscripts within a row indicate significant differences (p<0.05)

*omega-3 zsírkészítmény (omega-3 fat supplement); ** hidrogénezett zsírkészítmény (hydrogenated fat supplement) (Hidropalm)

Table 4. Effects of examined fat sources on some parameters of rumen fluid (samples were taken 4 hours after feeding).

parameters (1); control period (2); experimental period 1 (3); experimental period 2 (4); total volatile fatty acids (TVFA) (5); acetate (6); propionate (7); acetate/propionate (8); i-butyrate (9); n-butyrate (10); i-valerate (11); n-valerate (12)

Üzemi etetési kísérlet

Annak eldöntésére, hogy a kifejlesztett zsírkészítmény hogyan befolyásolja a tehenek tejtermelését, a tej beltartalmát, továbbá a tejszír zsírsav-összetételét, egy bevezető üzemi kísérletet végeztünk. A napi átlagos tejtermelést, illetve a termelt tej táplálóanyag-tartalmát az 5. táblázatban foglaltuk össze.

Adatainkból látható, hogy a kísérleti szakaszban a kontroll szakaszhoz viszonyítva szignifikáns mértékben csökkent a termelt tej (kg/nap) mennyisége (17,00±2,06 vs. 18,04±2,19, az előző sorrendben). Adatainkkal egyezően *Rego és mtsai* (2005) szintén a tejtermelés szignifikáns mértékű csökkenését tapasztalták halolajkiegészítés hatására. Ezzel ellentétben *Fatahnia és mtsai* (2008), továbbá *Gonzalez és Bas* (2002) vizsgálatában a tejtermelés növekedett a 3%, illetve 6% halolajkiegészítést követően. Egyes irodalmi adatok viszont azt jelzik, hogy a halolaj alkalmazása nem befolyásolja szignifikáns mértékben a tehenek tejtermelését (*Spain és Polan* 1995; *Mattos és mtsai*, 2002). Az általunk kapott eredmény egyik oka az lehet, hogy mivel a kísérletet ugyanazokkal a tehenekkel végeztük el és az állatok a laktáció későbbi szakaszában voltak, így a termelés csökkenése természetesnek tekinthető. Ismert az is, hogy a laktációs stádium mellett a termelési szint ugyancsak befolyásolja a zsírkiegészítés tejtermelésre gyakorolt hatását. Pozitív eredményre elsősorban a nagy tejtermelésű, laktáció elején lévő tehenek esetében számíthatunk (*Neményi*, 2002).

5. táblázat

A tejtermelés és a tej összetételének változása az omega-3 zsírkiegészítés hatására

	Kontroll (1)	Kísérleti (2)
	szakasz (3)	
Tejtermelés (kg/nap) (4)	18,04±2,19	17,00±2,06*
A tej összetétele, % (5)		
Tejzsír (%) (6)	5,26±0,50	4,81±0,51***
Tejfehérje (%) (7)	3,65±0,24	3,62±0,23 NS
Tejcukor (%) (8)	4,34±0,36	4,53±0,24*
Szárazanyag (%) (9)	13,94±0,87	13,58±0,77 NS

Table 5. The effect of omega-3 fat supplement on daily milk production and milk composition control (1); experimental (2); period (3); milk yield (4); composition of milk (5); fat (6); protein (7); lactose (8); dry matter (9); not significant (10)

Az adatokból látható, hogy az etetett zsírkészítmény szignifikáns ($p < 0,01$) mértékben csökkentette a termelt tej zsírtartalmát, miközben a tejcukor tartalom statisztikailag igazolhatóan ($p < 0,05$) nőtt. *Keady és mtsai* (2000) vizsgálatában a tejzsír 15 g/kg-mal csökkent a halolaj etetésének hatására (450 g/nap/állat). *Shingfield és mtsai* (2006) vizsgálatában a tejzsír ugyancsak csökkent a halolaj és napraforgóolaj kombinált etetésekor (32,6 g/kg) a kontroll csoport értékéhez viszonyítva (47,7 g/kg). Ehhez hasonlóan a takarmányadag halolajjal történő kiegészítésekor más szerzők is tejzsír csökkenésről számolnak be (*Cant és mtsai*, 1997; *Chilliard és Doreau*, 1997; *Fatahnia és mtsai*, 2008). Ezzel ellentétben *Gonzalez és Bas* (2002) nem tapasztalták a tejzsír statisztikailag igazolható mértékű változását halolaj etetésekor.

A rendelkezésre álló irodalomban több magyarázat is található arra vonatkozóan, hogy mi okozhatja a tej zsírtartalmának csökkenését a különböző zsírforrások etetését követően. *Hagemeister és Kauffmann* (1979) a telítetlen zsírsavak hidrogenálódásakor keletkező transz-izomerek hatásával magyarázzák ezt a jelenséget. *Christie* (1981) véleménye szerint a tej zsírtartalmának negatív irányú változása a korábban már említett bendőbeli ecetsav részarány csökkenésére vezethető vissza. *Kirchgessner és Kaufmann* (1986) a tőgyben végbemenő *de novo* szintézis mérséklődésére vezetnek vissza a tej zsírtartalmának csökkenését. *Chilliard és mtsai* (2001) a halolajban található C20:5 zsírsavnak (EPA) speciális, tejszírszerekciót csökkentő hatást tulajdonítanak. *Baumgard és mtsai* (2001), valamint *Peterson és mtsai* (2002) szerint a t10,c12-C18:2 típusú konjugált linolsav (CLA) ugyanilyen hatással bír.

A kísérleti szakaszban, az alkalmazott omega-3 zsírkészítmény etetésének hatására a tejcukor tartalom szignifikáns mértékű ($p < 0,05$) növekedését tapasztaltuk a kontrollhoz képest (4,53% vs. 4,34%, az előző sorrendben). Adatainkkal egyezően *Murphy és mtsai* (2008) vizsgálatában mind a napi tejjel termelt tejcukor mennyisége (1001 g/nap vs. 1142 g/nap), mind pedig a tejcukor koncentráció (45,5 g/kg vs. 46,8 g/kg) szignifikánsan nőtt a naponta és állatonként etetett 105 g-os halolaj kiegészítést követő időszakban. Ugyanakkor más szerzők adatai azt iga-

zolja, hogy a tejcukor %-os részaránya nem változik szignifikáns mértékben a halolaj alkalmazását követően (*Ramaswamy és mtsai*, 2001).

Eredményeink szerint a halolaj kiegészítés hatására a szárazanyag és fehérje tartalom nem változott szignifikáns mértékben. A tejfehérjére vonatkozóan hasonló eredményről számol be *Gonzalez és Bas* (2002) is. *Rego és mtsai* (2005) kísérletében azonban az alkalmazott halolaj csökkentette a tejfehérje koncentrációt. *Murphy és mtsai* (2008) kísérletében a tejfehérje % csökkenése ellenére a napi tejjel termelt fehérje mennyisége nőtt az etetett halolaj hatására. *Ramaswamy és mtsai* (2001) vizsgálatában a tejfehérje nem változott, viszont a tej szárazanyag tartalma a 2% halolaj etetésekor statisztikailag is igazolhatóan csökkent.

A tejben található táplálóanyagok mennyiségét a 6. táblázatban foglaltuk össze. Az adatokból látható, hogy az omega-3 zsírkészítmény alkalmazása csökkentette a tejjel termelt táplálóanyagok mennyiségét, aminek a fő oka a csökkent tejtermelés és a tejszír koncentráció visszaesése volt. A közölt adatoknál azonban figyelembe kell venni azt a tény is, hogy a tehenek a laktációs stádiumban előrehaladtak, ami a kapott eredmény egyik oka lehet. A vizsgálat folytatásában célszerű lenne azonos laktációs stádiumban lévő állatokkal is megismételni a kísérletet.

6. táblázat

A tejjel termelt táplálóanyagok mennyisége

	Kontroll (1)	Kísérleti (2)
	szakasz (3)	
Tejszír (g/nap) (4)	949	818
Tejfehérje (g/nap) (5)	658	615
Tejcukor (g/nap) (6)	783	770
Szárazanyag (g/nap) (7)	2515	2309
Zsírmentes szárazanyag (g/nap) (8)	1566	1491

Table 6. Quantity of the milk nutrients

control (1); experimental (2); period (3); fat (4); protein (5); lactose (6); dry matter (8); non-fat milk solids (8)

A kifejlesztett omega-3 zsírkészítménynek a tejszír zsírsav-összetételére gyakorolt hatását a 7. táblázat foglalja össze. Kísérletünkben a telített (SFA) zsírsavak tekintetében – az arachidsav (C20:0) kivételével – nem tapasztaltunk szignifikáns mértékű különbséget a kontroll és a kísérleti szakasz adatai között (64,46% vs. 62,75%, sorrendben). *Kitéssa és mtsai* (2003) juhokkal végzett kísérletében az SFA zsírsavak részaránya a halolajkiegészítés hatására sem változott szignifikáns mértékben. Ezzel ellentétben *Ramaswamy és mtsai* (2001) vizsgálatában a telített zsírsavak részaránya szignifikánsan csökkent a 2% halolaj etetést követően (60,94 g/100 g zsírsav vs. 69,59 g/100 g zsírsav). Hasonló eredményt kaptak *Kitéssa és mtsai* (2004) és *Rego és mtsai* (2005) is.

7. táblázat

**Az omega-3 zsírkészítmény (kísérleti szakasz) etetésének hatása
a tej zsírsavösszetételére (g zsírsav/100 g zsír)**

Zsírsav (1)	Kontroll szakasz (2)	Kísérleti szakasz (3)
C8:0	1,05±0,07	1,02±0,04
C10:0	2,89±0,30	2,61±0,11
C11:0	0,35±0,03	0,34±0,04
C12:0	3,65±0,34	3,30±0,13
C13:0	0,22±0,03	0,20±0,01
C14:0	11,94±0,57	11,69±0,21
C15:0	1,23±0,73	1,22±0,04
C16:0	32,46±1,16	31,72±0,31
C17:0	0,76±0,03	0,74±0,03
C18:0	9,73±0,48	9,56±0,23
C20:0	0,15 ^b ±0,01	0,31 ^a ±0,01
C21:0	0,03±0,00	0,04±0,01
SFA	64,46±2,11	62,75±0,42
C14:1	1,16±0,07	1,16±0,06
C16:1	2,47±0,17	2,43±0,06
C17:1	0,25±0,03	0,26±0,01
C18:1	22,95±1,71	22,79±0,50
c-C18:1	0,55 ^b ±0,11	0,72 ^a ±0,03
9t-C18:1	1,14 ^b ±0,25	1,84 ^a ±0,21
C20:1	0,12 ^b ±0,01	0,31 ^a ±0,03
MUFA	28,64±1,92	29,51±0,42
C18:2 (n-6)	2,28±0,15	2,17±0,13
CLA (c9, t11)	0,43 ^b ±0,05	0,61 ^a ±0,04
C18:3 (n-3)	0,38 ^b ±0,05	0,44 ^a ±0,03
C18:3 (n-6)	0,03±0,00	0,02±0,00
C20:2 (n-6)	0,04±0,00	0,04±0,00
C20:3 (n-6)	0,13±0,01	0,12±0,01
C20:4 (n-6)	0,21±0,01	0,19±0,01
C20:5 (n-3)	0,03 ^b ±0,00	0,04 ^a ±0,00
C22:2 (n-6)	0,02 ^b ±0,01	0,04 ^a ±0,00
C22:4 (n-6)	0,05±0,00	0,04±0,00
C22:5 (n-3)	0,06 ^b ±0,01	0,08 ^a ±0,00
PUFA	3,66±0,23	3,79±0,13
UFA	32,30	33,30
Egyéb zsírsav (4)	3,24±0,25	3,95±0,22
n6	2,76	2,62
n3	0,47	0,56
n-6/n-3 arány	5,87	4,68

^{a,b}: p<0,05

Table 7. Effect of feeding omega-3 fat product (experimental period) on fatty acid profile of milk (g fatty acid/100 g fat)
fatty acid (1); control period (2); experimental period (3); not identified fatty acids (4)

Saját adatainkkal egyezően a C20:0 zsírsav részarányának növekedését állapították meg *Loor és mtsai* (2005a), abban az esetben, ha a halolajkészítményt (276 g/nap) közvetlenül az állatok bendőjébe juttatták. Az említett zsírsav szignifikáns mértékű növekedését tapasztalták 3, illetve 4,5% halolajkiegészítés esetén is (*Mozzon és mtsai*, 2002).

Kísérletünkben az egyszerűen telítetlen zsírsavak (MUFA) közül a vakcénsav (c-C18:1), az elaidinsav (9t-C18:1) és az eikozénsav (C20:1) mennyisége statisztikailag igazolható mértékben nőtt a kísérleti szakaszban a kontrollhoz képest. Adatainkkal egyezően *Ramaswamy és mtsai* (2001) vizsgálatában a kontroll szakaszhoz képest a 2% halolaj kiegészítést követően a c-C18:1 zsírsav mennyisége csaknem a duplájára nőtt (0,58 g/100 g zsírsav vs. 1,15 g/100 g zsírsav, sorrendben). *Loor és mtsai* (2005a) adatai szintén megerősítik a vakcénsavra és az elaidinsavra vonatkozó eredményeinket. A napraforgóolaj és halolaj kombinált etetésekor viszont a vakcénsav részaránya nem nőtt *Cruz-Hernandez és mtsai* (2007) kísérletében. A transz-zsírsavak káros hatásait (pl. növelik a triglicerid és LDL koleszterin szintet, csökkentik a HDL koleszterin részarányát, fokozzák az elhízás mértékét és az inzulinrezisztenciát, szív- és érrendszeri betegségek rizikófaktorai, stb.) számos vizsgálat adata megerősíti (*Hunter*, 2005; *Martin és mtsai*, 2005; *Micha és Mozzaffarian*, 2008; *Wandall*, 2008).

Az alkalmazott omega-3 zsírkészítmény 3,66%-ról 3,79%-ra növelte a tej többszörösen telítetlen (PUFA) tartalmát. Ezen belül a tej c9,t11 konjugált linolsav (CLA), alfa-linolénsav (ALA, C18:3, n-3), eikozapentaénsav (EPA, C20:5, n-3), dokozadiénsav (C22:2, n-6) és dokozapentaénsav (DPA, C22:5, n-3) tartalma szignifikáns mértékben ($p < 0,05$) nőtt. Az n-3 zsírsavak részarányának növekedése szűkítette az n-6/n-3 zsírsavak arányát. A halolaj önálló etetésekor az előbb említett zsírsavak növekedését számos vizsgálatban leírták (*Mozzon és mtsai*, 2002; *Kitessa és mtsai*, 2003; *Loor és mtsai*, 2005a; *Rego és mtsai*, 2005; *Fatahnia és mtsai*, 2008; *Toral és mtsai*, 2010). Hasonló hatást kaptak faggyú és halolaj kombinált kiegészítését követően is (*Jones és mtsai*, 2000). Ugyanakkor *Cruz-Hernandez és mtsai* (2007) vizsgálatában a napraforgóolaj és halolaj kombinált etetésekor csökkent az alfa-linolénsav és a DPA zsírsavak részaránya a tejben. 3 olajforrás (2,5% halolaj, 5% lenolaj és 5% napraforgóolaj) összehasonlításakor *Loor és mtsai* (2005b) megállapították, hogy a lenolaj etetésekor leginkább az alfa-linolénsav, míg a halolaj esetében az EPA (C20:5) és a DPA (C22:5) nő szignifikáns mértékben.

A humánegészség-ügyi szempontból kiemelkedő jelentőségű konjugált linolsav (c9, t11 CLA) szignifikáns mértékű növekedését ugyancsak megállapítottuk (0,43% vs. 0,61%). Adatainkkal egyezően a halolaj önálló (*Murphy és mtsai*, 2008) és egyéb olajforrásokkal (pl. napraforgóolaj) történő kombinálása esetén (*AbuGhazaleh és Hoimes*, 2007) ugyancsak nőtt a tejzsírban c9, t11 CLA részaránya. A tej CLA tartalmának növekedését leginkább natúr halolaj adagolásával érték el a kutatók (*Offer és mtsai*, 1999; *Donovan és mtsai*, 2000; *Baer és mtsai*, 2001; *Ramaswamy és mtsai*, 2001; *Mozzon és mtsai*, 2002).

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A bendőkanüllel ellátott holstein-fríz tinókkal végzett *in situ* és bendőfermentációs modellvizsgálatokból, továbbá a tejelő tehénekkel végzett bevezető jellegű üzemi kísérlet eredményeiből az alábbi következtetések vonhatók le:

- A kifejlesztett omega-3 zsírkészítmény nyerszsírjának bendőbeli lebomlása 62,5% volt, ami elmaradt a vizsgált kereskedelmi forgalomban kapható hidrogénezett zsírkészítményétől (80,1%). A zsírkészítmény kisebb bendőbeli stabilitása elsősorban a nem megfelelő hatékonyságú burkolással magyarázható.
- Az omega-3 zsírkészítmény nem befolyásolta kedvezőtlenül a vizsgált bendőfermentációs paramétereket, ugyanakkor rosszabb bendőbeli stabilitása miatt csökkentette a bendőfolyadék ecetsav koncentrációját és az i-vajsav arányát. A készítmény szignifikánsan növelte a bendőfolyadék propionsav koncentrációját.
- A nem tökéletes bendőbeli védettségéből következően a zsírkészítmény szignifikáns mértékben csökkentette a termelt tej zsírtartalmát. A pontos hatásmechanizmusok tisztázására további vizsgálatokat célszerű végezni.
- A bevezető jellegű üzemi kísérletben az omega-3 zsírkészítmény naponta és állatonként 0,25 kg-ban etetve kismértékben, de szignifikánsan növelte a termelt tej c9, t11 CLA-, alfa-linolénsav-, EPA- és DPA-tartalmát, miközben az n-6/n-3 arány szűkült.

A kísérletek folytatásában egy nagyobb EPA- (C20:5) és DHA-tartalmú (C22:6) halolaj felhasználásával, stabilabb bendőbeli védettséggel rendelkező zsírkészítményt kívánunk előállítani, aminek nagyobb mennyiségű etetésével a tejzsír zsírsavösszetétele – valószínűleg – még inkább javítható. Ezzel párhuzamosan azonban számolni kell a telítetlen zsírsavhányad esetleges negatív hatásaival (pl. tejzsírtermelés csökkenése, a transz-zsírsavak növekedése a tejben).

A kutatási munkát az Adexgo Kft. GOP 1.1.1-08/1-2008-0024 azonosító számú pályázat keretéből támogatta.

IRODALOM

- AbuGhazaleh, A.A. – Holmes, L.D. (2007): Diet supplementation with fish oil and sunflower oil to increase conjugated linoleic acid levels in milk fat of partially grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 90: 2897–2904.
- Baer, R.J. – Ryali, J. – Schingoethe, D.J. – Kasperson, K.M. – Donovan, D.C. – Hippen, A.R. – Franklin, S.T. (2001): Composition and properties of milk and butter from cows fed fish oil. *J. Dairy Sci.*, 84: 345–353.
- Baumgard, L.H. – Sangster, J.K. – Bauman, D.E. (2001): Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). *J. Nutr.*, 131. 1764–1769.
- Brumby, P.E. – Storry, J.E. – Sutton, J.D. (1972): Metabolism of cod-liver oil in relation to milk fat secretion. *J. Dairy Res.*, 39. 167–182.
- Brzoska, F. – Gasior, R. – Sala, K. – Wiewióra, W. (1999): Effect of Ca-salts of fatty acid from animal fat, rape oil, linseed oil and fish oil on the yield and composition of cows milk. *Roczn. Nauk. Zootech.*, 26. 105–117.

- Cant, J.P. – Fredeen, A.H. – MacIntyre, T. – Gunn, J. – Crowe, N. (1997): Effect of fish oil and monensin on milk fat composition in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.*, 77. 125–131.
- Chilliard, Y. – Doreau, M. (1997): Influence of supplementary fish oil and rumen-protected methionine on milk yield and composition in dairy cows. *J. Dairy Res.*, 64. 173–179.
- Chilliard, Y. – Ferlay, A. – Doreau, M. (2001): Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest. Sci.*, 70. 31–48.
- Christie, W.W. (1981): *Lipid metabolism in ruminant animals*. Pergamon Press GmbH, Kronberg/Taurus Cruz-Hernandez, C. – Kramer, J.K.G. – Kenelly, J.J. – Glimm, D.R. – Sorensen, B.M. – Okine, E.K. – Goonewardene, L.A. – Weselake, R.J. (2007): Evaluating the conjugated linoleic acid and trans 18:1 isomers in milk fat of dairy cows fed increasing amounts of sunflower oil and a constant level of fish oil. *J. Dairy Sci.*, 90. 3786–3801.
- Devendra, C. – Lewis, D. (1974): The interaction between dietary lipids and fibre in sheep. *Anim. Prod.*, 19. 67–76.
- Donovan, D.C. – Schingoethe, D.J. – Ryali, J. – Hippen, A.R. – Franklin, S.T. (2000): Influence of dietary fish oil on conjugated linoleic acid and other fatty acids in milk fat from lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 83. 2620–2628.
- Doreau, M. – Chilliard, Y. (1997): Effects of ruminal or postruminal fish oil supplementation on intake and digestion in dairy cows. *Reprod. Nutr. Dev.*, 37. 113–124.
- Egger, P. – Holzer, G. – Segato, S. – Werth, E. – Schwienbacher, F. – Peratoner, G. – Andrighetto, I. – Kasal, A. (2007): Effects of oilseed supplements on milk production and quality in dairy cows fed a hay-based diet. *Ital. J. Anim. Sci.*, 6. 395–405.
- Fatahnia, F. – Nikkhah, A. – Zamiri, M.J. – Kahrizi, D. (2008): Effect of dietary fish oil and soybean oil on milk production and composition of Holstein cows in early lactation. *Asian Austral. J. Anim. Sci.*, 21. 386–391.
- Fievez, V. – Dohme, F. – Danneels, M. – Raes, K. – Demeyer, D. (2003): Fish oils as potent rumen methane inhibitors and associated effects on rumen fermentation in vitro and in vivo. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 104. 41–58.
- Gonzalez, F. – Bas, F. (2002): Effects of a hydrogenated fish oil on milk production in Holstein Friesian dairy cows. *Cienc. Investig. Agrar.*, 29. 73–82.
- Grummer, R.R. (1991): Effect of feed on the composition of milk fat. *J. Dairy Sci.*, 74. 3244–3257.
- Gulati, S.K. – May, C. – Wynn, P.C. – Scott, T.W. (2002): Milk fat enriched in n-3 fatty acid. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 98. 143–152.
- Hagemeister, H. – Kaufmann, W. (1979): Verwendungsmöglichkeiten von Fett in der Ernährung von Milchkühen. *Übers. Tierernährung.*, 7. 1–30.
- Henderson, C. (1973): The effects of fatty acids on pure cultures of rumen bacteria. *J. Agr. Sci.*, 81. 107–112.
- Hunter, J.E. (2005): Dietary levels of trans-fatty acids: basis for health concerns and industry efforts to limit use. *Nutr. Res.*, 25. 499–513.
- Ikwuegbu, O.A. – Sutton, J.D. (1982): The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on rumen metabolism in sheep. *Brit. J. Nutr.*, 48. 365–375.
- Jones, D.F. – Weiss, W.P. – Palmquist, D.L. (2000): Short Communication: Influence of dietary tallow and fish oil on milk fat composition. *J. Dairy Sci.*, 83. 2024–2026.
- Keady, T.W.J. – Mayne, C.S. – Fitzpatrick, D.A. (2000): Effects of supplementation of dairy cattle with fish oil on silage intake, milk yield and milk composition. *J. Dairy Res.*, 67. 137–153.
- Keady, T.W.J. – Mayne, C.S. (1999): The effects of level of fish oil inclusion in the diet on rumen digestion and fermentation parameters in cattle offered grass silage based diets. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 81. 57–68.
- Kirchgessner, M. – Kaufmann, W. (1986): In: Wegel, K.: Einfluss gestaffelter Gaben von Palmölsäuren und ihren Calciumseifen auf einige ausgewählte verdauungsphysiologische Parameter im Ileumchymus, Kot und Plasma der Schafes. *Dissertáció, Tierärztliche Hochschule, Hannover*.
- Kitessa, S.M. – Gulati, S.K. – Simos, G.C. – Ashes, J.R. – Scott, T.W. – Fleck, E. – Wynn, P.C. (2004): Supplementation of grazing dairy cows with rumen-protected tuna oil enriches milk fat with n-3 fatty acids without affecting milk production or sensory characteristics. *Brit. J. Nutr.*, 91. 271–277.
- Kitessa, S.M. – Peake, D. – Bencini, R. – Williams, A.J. (2003): Fish oil metabolism in ruminants III. Transfer of n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) from tuna oils into sheep's milk. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 108. 1–14.

- Komprda, T. – Dvorak, R. – Fialova, M. – Sustova, K. – Pechova, A. (2005): Fatty acid content in milk of dairy cows in a diet with high fat content derived from rapeseed. *Czech J. Anim. Sci.*, 50. 311–319.
- Kristensen, E.S. – Möller, P.D. – Hvelplund, T. (1982): Estimation of the effective protein degradability in the rumen of cows using the nylon bag technique combined with the outflow rate. *Acta Agr. Scand.*, 32. 123–127.
- Kudrna, V. – Marounek, M. (2008): Influence of feeding whole sunflower seed and extruded linseed on production of dairy cows, rumen and plasma constituents, and fatty acid composition of milk. *Arch. Anim. Nutr.*, 62. 60–69.
- Loor, J.J. – Doreau, M. – Chardigny, J.M. – Olliver, A. – Sebedio, J.L. – Chilliard, Y. (2005a): Effects of ruminal or duodenal supply of fish oil on milk fat secretion and profiles of trans-fatty acids and conjugated linoleic acid isomers in dairy cows fed maize silage. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 119. 227–246.
- Loor, J.J. – Ferlay, A. – Olliver, A. – Ueda, K. – Doreau, M. – Chilliard, Y. (2005b): High-concentrate diets and polyunsaturated oils alter trans and conjugated isomers in bovine rumen, blood, and milk. *J. Dairy Sci.*, 88. 3986–3999.
- Magdus M. (1991): A zsírforgalmat befolyásoló tényezők vizsgálata és az energiaellátás javításának lehetőségei zsírforgalmon keresztül. Kandidátusi értekezés, Budapest.
- Martin, C.A. – Carapelli, R. – Visantainer, J.V. – Matsushita, M. – Souza, de N.E. (2005): Trans fatty acid content of Brazilian biscuits. *Food Chem.*, 93. 445–448.
- Mattos, R. – Staples, C.R. – Williams, J. – Amoroch, A. – McGuire, M.A. – Thatcher, W.W. (2002): Uterine, ovarian, and production responses of lactating dairy cows to increasing dietary concentrations of menhaden fish meal. *J. Dairy Sci.*, 85. 755–764.
- Micha, R. – Mozaffarian, D. (2008): Trans fatty acids: Effects on cardiometabolic health and implications for policy. *Prostag. Leukotr. Ess.*, 79. 147–152.
- Monici, M. – Bandini, E. – Besia, G. – Gandolfi, I. – Pinelli, C. – Cagnasso, P. (2006): Methods to enrich cow milk with polyunsaturated omega-3 fatty acids. *Sci. Tec. Lattiero-Casearia*, 57. 271–284.
- Mozzon, M. – Frega, N.G. – Fronte, B. – Tocchini, M. (2002): Effect of dietary fish oil supplements on levels of n-3 polyunsaturated fatty acids, trans acids and conjugated linoleic acid in ewe milk. *Food Technol. Biotech.*, 40. 213–219.
- Murphy, J.J. – Coakley, M. – Stanton, C. (2008): Supplementation of dairy cows with a fish oil containing supplement and sunflower oil to increase the CLA content of milk produced at pasture. *Livest. Sci.*, 116. 332–337.
- Neményi B. (2002): Védeett zsírok. *Magyar Állattenyésztők Lapja*, 30. 9.
- Nicholson, J.W. – Sutton, J.D. (1971): Some effects of unsaturated oils given to dairy cows with rations of different roughage content. *J. Dairy Res.*, 38. 363–366.
- Offer, N.W. – Marsen, M. – Dixon, J. – Speake, B.K. – Thacker, F.E. (1999): Effects of dietary fat supplements on levels of n-3-poly-unsaturated fatty acids, trans acids and conjugated linoleic acid in bovine milk. *J. Anim. Sci.*, 69. 613–625.
- Osborne, V.R. – Radhakrishnan, S. – Odongo, N.E. – Hill, A.R. – McBride, B.W. (2008): Effects of supplementing fish oil in the drinking water of dairy cows on production performance and milk fatty acid composition. *J. Anim. Sci.*, 86. 720–729.
- Oslage, J.H. (1984): Einsatzmöglichkeiten von Fetten in der Ernährung landwirtschaftliche Nutztiere. *Fett. Wiss. Technol.*, 86. 25–33.
- Palmquist, D.L. – Griinari, J.M. (2006): Milk fatty acid composition in response to reciprocal combinations of sunflower and fish oils in the diet. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 131. 358–369.
- Peterson, D.G. – Baumgard, L.H. – Bauman, D.E. (2002): Short communication: Milk fat response to low doses of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). *J. Dairy Sci.*, 85. 1764–1766.
- Ramaswamy, N. – Baer, R.J. – Schingoethe, D.J. – Hippen, A.R. – Kasperson, K.M. – Whitlock, L.A. (2001): Composition and flavour of milk and butter from cows fed fish oil, extruded soybeans, or their combination. *J. Dairy Sci.*, 84. 2144–2151.
- Rego, O.A. – Rosa, H.J.D. – Portugal, P. – Corfeiro, R. – Borba, A.E.S. – Vouzela, C.M. – Bessa, R.J.B. (2005): Influence of dietary fish oil on conjugated linoleic acid, omega-3 and other fatty acids in milk fat from grazing dairy cows. *Livest. Sci.*, 95. 27–33.
- Ribács A. – Schmidt J. (2006): Lenolajalapú Ca-szappan felhasználása a tehéntej zsírsav-összetételének módosítására *Acta Agron. Óváriensis*, 48. 80–81.

- Rohr, K. – Daneicke, R. – Oslage, H.J. (1978): Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Fettbeimischungen zum Futter auf Stoffwechsel und Leistung von Milchkühen. Landbauforsch. Volk., 28. 139–147.
- Roy, A. – Ferlay, A. – Shingfield, K.J. – Chilliard, Y. (2006): Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to plant oils in cows given different basal diets, with particular emphasis on trans-C_{18:1} fatty acids and isomers of conjugated linoleic acid. J. Anim. Sci., 82. 479–492.
- Schmidt J. – Ribács A. – Tóth T. – Sipőcz J. (2007): Full-fat mustármag (*Sinapis alba*) felhasználása a szarvasmarha takarmányozásban. 2. Állattenyésztés és Takarmányozás, 56. 65–76.
- Schmid, J. – Sipőcz P. – Sipőcz J. (2000): Védett zsír hatása a bendőfermentációra és felhasználása nagy tejtermelésű tehenek takarmányozásában. Állattenyésztés és Takarmányozás, 49. 139–152.
- Shingfield, K.J. – Reynolds, C.K. – Hervas, G. – Griinari, J.M. – Grandison, A.S. – Beever, D.E. (2006): Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to fish oil and sunflower oil in the diet of dairy cows. J. Dairy Sci., 89. 714–732.
- Spain, J.N. – Polan, C.E. (1995): Evaluating effects of fish meal on milk fat yield of dairy cows. J. Dairy Sci., 78. 1142–1153.
- Sutton, J.D. – Smith, R.H. – McAllan, A.B. – Storry, J.E. – Corse, D.A. (1975): Effect of variations in dietary protein and supplements of cod liver oil on energy digestion and microbial synthesis in the rumen of sheep fed hay and concentrates. J. Agr. Sci., 84. 317–326.
- Toral, P.G. – Belenguer, A. – Frutos, P. – Hervás, G. (2009): Effect of the supplementation of a high-concentrate diet with sunflower and fish oils on ruminal fermentation in sheep. Small Ruminant Res., 81. 119–125.
- Toral, P.G. – Frutos, P. – Hervás, G. – Gómez-Cortés, P. – Juárez, M. – Fuente, de la M.A. (2010): Changes in milk fatty acid profile and animal performance in response to fish oil supplementation, alone or in combination with sunflower oil, in dairy ewes. J. Dairy Sci., 93. 1604–1615.
- Várhegyi J. – Fébel H. – Schmidt J. – Lehel L. – Hajda Z. (2007): Összefüggés a nagy tejtermelésű tehenek tejének zsírtartalma és annak zsírsavösszetétele között, eltérő rostellátás és takarmány zsírkiegészítése esetén. Állattenyésztés és Takarmányozás, 56. 343–354.
- Várhegyi J.-né. – Várhegyi J. (1992): Zsír és olajetetés hatása a növendékbikák hizlalási teljesítményére. Állattenyésztés és Takarmányozás, 42. 147–156.
- Wandall, B. (2008): The controversy over trans fatty acids: Effects early in life. Food Chem. Toxicol., 46. 3571–3579.
- White, T.W. – Grainger, F.H. – Baker, F.H. – Stroud, J.W. (1958): Effect of supplemental fat on digestion and the ruminal calcium requirement of sheep. J. Anim. Sci., 17. 797–803.

Érkezett: 2011. április

Szerzők címe: Tóth T. – Viszket E. – Csavajda É.
Nyugat-magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Author's address: University of West Hungary, Faculty of Agricultural and Food Sciences
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.

Fébel H.
Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet
Research Institute for Animal Breeding and Nutrition
H-2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

Tanai A.
Adexgo Kft.
Adexgo Ltd.
H-8230 Balatonfüred, Völgy u. 41.