

# ÖSSZEFÜGGÉS A NAGY TEJTERMELÉSŰ TEHENEK TEJÉNEK ZSÍRTARTALMA ÉS ANNAK ZSÍRSAVÖSSZETÉTELE KÖZÖTT, ELTÉRŐ ROSTELLÁTÁS ÉS A TAKARMÁNY ZSÍRKIEGÉSZÍTÉSE ESETÉN

VÁRHEGYI JÓZSEF — FÉBEL HEDVIG — SCHMIDT JÁNOS — LEHEL LÁSZLÓ —  
HAJDA ZOLTÁN — VÁRHEGYI JÓZSEFNÉ

## ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők a kukoricacsíra pogácsa etetésének hatását vizsgálták a tej zsírtartalmára és a tejszír zsírsavösszetételére. Különböző rosttartalmú komplett keverékek szárazanyag és neutrális detergens rosttartalmának (NDF) lebontását vizsgálták a bendőben *in situ* módszerrel.

Négy tehenészetben hasonlították össze, hogy a különböző rosttartalmú keverékek etetése milyen mértékben befolyásolja a tej zsírtartalmát és a tejszír zsírsavösszetételét.

A kukoricacsíra pogácsa etetése napi 2 kg-os mennyiségben csökkentette a tej zsírtartalmát és növelte a tejszírban a transz zsírsavak (*transz*-11 C18:1) és a konjugált linolsav (*cisz*-9 *transz*-11 C18:2) részarányát. A négy tehenészeti telepen a komplett keverékek neutrális detergens rosttartalma 40,6 és 32,1% között volt. Az NDF lebontásának sebessége 4,9 és 8%/h között változott a tehenészetek között. A rost lebontás sebessége és a tej zsírtartalma között negatív korrelációt ( $r=-0,91$ ) találtak. A tej zsírtartalma negatív kapcsolatban állt a tejszír transz vácénsav-tartalmával ( $r=-0,93$ ), valamint a CLA részarányával ( $r=-0,85$ ). A tej zsírtartalma és a tejszír zsírsavösszetétele között szoros a kapcsolat. A csökkent zsírtartalmú tejben az egyes zsírsavak részaránya is megváltozik.

További vizsgálatok szükségesek annak érdekében, hogy a tejszír zsírsavösszetételét a humánegészségügyi szempontoknak megfelelően befolyásolni tudjuk.

## SUMMARY

Várhegyi, J. – Fébel, H.Ms. – Schmidt, J. – Lehel, L. – Hajda, Z. – Várhegyi, J.-né Ms.:  
RELATIONSHIPS BETWEEN MILK FAT CONTENT AND FATTY ACID COMPOSITION OF  
MILK FAT IN HIGH YIELDING DAIRY COWS FED FAT SUPPLEMENTS AND RATIONS WITH  
DIFFERENT FIBER CONTENT

The aim of the study was to investigate the effect of feeding maize germ cake (12% ether extract) on the milk fat content and fatty acid composition of milk fat. Total mixed rations (TMR) of different fiber content were compared regarding dry matter (DM) and neutral detergent fiber (NDF) degradation in the rumen and their effect on milk fat content and fatty acid composition in four dairy units.

Feeding maize germ cake (2 kg/day/cow) decreased the fat content of milk and increased trans fatty acid (*trans*-11 C18:1) and conjugated linoleic acid (*cis*-9 *trans*-11 C18:2) in the milk fat. In the four dairy units NDF content of TMR varied between 40,6 and 32,1%. DM and NDF degradation of TMR in rumen was measured *in situ*. Rates of NDF degradation varied between 4,9 and 8,0%/h. Results showed that there was a negative relationship between milk fat content and rate of NDF degradation ( $r=-0,91$ ). Milk fat content was negatively related to trans fatty acid ( $r=-0,93$ ) and to conjugated linoleic acid ( $r=-0,85$ ) in the milk fat. There is a tight relationship between milk fat content and the fatty acid composition of milk fat. Fatty acid composition of milk fat also changes with milk fat content.

More investigation is necessary to alter the fatty acid composition of milk fat according to the human demands.

## BEVEZETÉS

Régóta ismert tény, hogy a tehének tejének zsírtartalma sok esetben nem éri el a fajtára jellemző értéket. A tejsírdepresszióról és lehetséges okáról először 1845-ben számoltak be (*Van Soest*, 1983). A csökkent zsírtartalmú tej termelését a nagy mennyiségű abrak, illetve a telítetlen zsírok etetésével hozták összefüggésbe (*Kalscheur és mtsai*, 1997ab; *Offer és mtsai*, 1999; *Khorasani és Kennelly*, 2001; *Schmidt*, 2003, 2006). Amikor a szálastakarmányok kis mennyisége, illetve nem megfelelő struktúrája okozza a tejsírdepressziót, úgy ezt a bendőerjedés változásának tulajdonítják. A tejsírtermelés fő alapanyaga a bendőben képződött ecetsav. Nagy mennyiségű abrak etetésekor az ecetsavtermelés csökken a bendőben és szűkül az ecetsav:propionsav aránya (*Kaufmann és Hagemaster*, 1987; *Kakuk és Schmidt*, 1988; *Garnsworthy*, 1988). A kísérletek során, ilyen esetekben, a tejsír zsírsavösszetételében a C6-tól C14-ig terjedő szénatomszámú zsírsavak csökkent arányát tapasztalták (*Van Soest*, 1983; *Schmidt*, 2003).

Az újabb kutatási eredmények a csökkent zsírtartalmú tejben a transz zsírsavak mennyiségének növekedését igazolták (*Gaynor és mtsai*, 1994; *Kalscheur és mtsai*, 1997a; *Offer és mtsai*, 1999; *Petit és mtsai*, 2004). A kérődzők által elfogyasztott takarmányadag zsírtartalmának több mint 60%-át telítetlen zsírsavak (C18:2+C18:3) alkotják. A bendőmikrobák a telítetlen zsírsavakat telítik, és a telítés során közbülső terméként transz zsírsavak keletkeznek. A biohidrogénezés mértékére jellemző, hogy a takarmányban lévő több mint 60% telítetlen zsírból, a bendőtartalomban már csak 8%, a duodenumban mintegy 4% telítetlen zsírsav található (*Harfoot*, 1981; *Loor és mtsai*, 2004).

Az egyes kutatók véleménye megoszlik, hogy a tej zsírtartalmának csökkenéséért mely transz zsírsavak tehetők felelőssé (*Schmidt*, 2006). *Rindsing és Schultz* (1974) szerint a transz-9 C18:1, *Baumgard és mtsai* (2000), valamint *Männer* (2002) szerint a transz-11 C18:1 nem okoz tejsírdepressziót. Szerintük a tejsír csökkenést a transz-10 C18:1 idézi elő. A bendőmikrobák tevékenysége folytán keletkező zsírsavak egyre nagyobb érdeklődést váltanak ki humán-egészségügyi szempontból is. A transz zsírsavakat vérnyomást növelő, a szív és érrendszeri betegségek kialakulását elősegítő, sőt rákkeltő hatásúnak tulajdonítják (*Mihályi*, 1997; *Offer és mtsai*, 1999). A konjugált linolsav (CLA) fogyasztását ugyanakkor kedvezőnek tekintik antikarcinogén hatása miatt (*Parodi*, 1997; *McGuire és mtsai*, 1997; *McGuire és McGuire*, 1999).

Az újabb kutatások jelentős része irányul arra, hogy a tej zsírsavösszetételét a humán-egészségügyi szempontoknak megfelelően befolyásolják ( $\omega 6/\omega 3$  zsírsavak arányának szűkítése, CLA részarányának növelése).

Azokban a kísérletekben, amelyekben a tehének takarmányadagját napraforgó, illetve lenmaggal egészítették ki vagy Ca-szappant etettek zsírforrásként, a kontroll csoporthoz képest a tejsír tartalom csökkent. A lenmag etetés hatására szűkült, a napraforgó hatására tágult az  $\omega 6/\omega 3$  zsírsavak aránya, és nőtt a tejben a transz zsírsavak mennyisége (*Petit és mtsai*, 2004). Szója+halolaj együttes etetésekor ugyancsak a tej zsírtartalmának csökkenését, a transz zsírsavak, elsősorban a transz-11 C18:1 (transz vakcénsav), valamint a CLA részarányának emelkedését tapasztalták a tejsírban (*AbuGhazaleh és mtsai*, 2004). Lenolaj és halolaj etetésekor *Offer és mtsai* (1999) hasonló tapasztalato-

kat szereztek. *Kalscheur és mtsai* (1997a), valamint *Khorasani és Kennelly* (2001) nagy mennyiségű abrak etetésekor is a tej zsírtartalmának csökkenéséről és a tejszírből a transz zsírsavak arányának növekedéséről számoltak be. A kutatási eredmények szerint a tejben lévő konjugált linolsav (cisz-9 transz-11 C18:2) nagy része a transz-11 C18:1-ből a tőgyben szintetizálódik (*Corl és mtsai*, 1999; *AbuGhazaleh és mtsai*, 2003; *Piperova és mtsai*, 2004).

Munkánk során vizsgáltuk a telítetlen olajokban gazdag kukoricacsíra pogácsa etetésének hatását a tej zsírtartalmára és a tejszír zsírsavösszetételére. Eltérő sejtfaltartalmú takarmányadagok bendőbeli szárazanyag- és rostlebonthatóságát mértük és vizsgáltuk, hogy e takarmányadagok etetése milyen hatással van a tej zsírtartalmára és a zsírsavösszetételre.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatokat hazai, nagy tejtermelésű holstein-fríz tehenészeti telepeken folytattuk. A telepek létszáma 350 és 1200 tehen között változott. A telepek takarmányozása alapvetően kukoricaszilázsra, lucernaszenázsra és szénára épült, melyet egyes telepeken ipari melléktermékekkel, kukoricacsíra pogácsával, illetve répaszelettel egészítettek ki. A tehenekkel a laktáció elején etetett abrak fő komponensei a kukorica és az extrahált szója volt.

A kukoricacsíra pogácsa etetésének hatását a tejszírtartalomra két tehenészeti telepen vizsgáltuk. Olyan takarmányozási időszakokat hasonlítottunk össze, amikor a takarmányadagban nem, illetve napi 2 kg-os mennyiségben szerepelt a kukoricacsíra pogácsa. A takarmányadag többi összetevője mindkét időszakban azonos volt. A kukoricacsíra pogácsa mintegy 12% nyers zsírt tartalmazott.

Az eltérő sejtfaltartalmú takarmányadagok etetésének hatását négy tehenészeti telepen kísértük figyelemmel. A vizsgálatban a fent említett két tehenészet is szerepelt a kukoricacsíra etetésének időszakában. A tehenészeti telepeken figyelemmel kísértük a tej mennyiségét és annak zsírtartalmát.

Az eltérő rosttartalmú takarmányadagok bendőbeli lebonthatóságát *in situ* mértük, három bendőkanüllel ellátott anyaguhban, két ismétlésben (takarmányadagokként  $n=6$ ). A takarmánymintákat  $40 \mu$  pórusméretű zacskókban ( $13 \text{ mg/cm}^2$ ), a neutrális detergens rost (NDF) esetében 2, 4, 8, 16, 24, 48 és 72 óráig inkubáltuk a bendőben. A szárazanyag esetében az ún. 0 óras lebonthatóságot is mértük. A „0” óras minták nem kerültek a bendőbe, de kezelésük (mosás, szárítás és a mérések) a bendőből kivett mintákéval megegyező volt. A mintákat az inkubálás után kézzel, hideg csapvízzel mostuk, szárítottuk, majd meghatároztuk azok szárazanyag és NDF tartalmát (*Van Soest és Robertson*, 1985).

A takarmányadagok szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír és összes zsírtartalmának vizsgálatát a *Magyar Takarmánykódex* (1990) alapján végeztük. A takarmányadagok neutrális- és savdetergens (ADF) rosttartalmát *Van Soest és Robertson* (1985) módszerével mértük. A takarmányadagokban lévő zsír zsírsavösszetételét az ÁTK-ban határoztuk meg, gázkromatográffal. A takarmányban található lipideket *Folch és mtsai* (1957) módszerével extraháltuk. A lipidek kinyerése után, a zsírsavak metilészter származékait metanolos  $\text{BF}_3$

oldattal állítottuk elő. A származékokat gázkromatográfiás módszerrel elemeztük, amihez AOC-20 automata mintaadagolóval és lángionizációs detektorral felszerelt Shimadzu 2010 készüléket (Shimadzu Corporation, Tokio, Japán) használtunk. A zsírsavak szétválasztása SP-2380 (30 m x 0,25 mm, 0,25 µm film thickness; Supelco, Inc. Bellefonte, PA) kapilláris oszlopon történt. Vivőgázként héliumot használtunk.

A tejmintákat, a vizsgálat időszakában, 3 egymást követő napon a reggeli és az esti fejésnél vettük (tehenészetenként n=6) és azok zsírsavösszetételét, a Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar Takarmányozástani Tanszékén állapítottuk meg.

A tejminták zsírájának zsírsavösszetételét Agilent Technologies 6890 N típusú gázkromatográfval határoztuk meg. Az oszlop jellemzői: Supelco SP™ 2560 Fused Silica Capillary Column 100 m x 0,25 mm x 0,2 µm film vastagság. Vivőgáz: H. A tejből centrifugálással kinyert zsírt kloroform és metanol 2:1 arányú elegyével kezeltük. A fázisok megfelelő elválását 0,9%-os sóoldattal segítettük. Az elszappanosítást, a minta bepárlását követően 1 n NaOH-dal 100 °C-on végeztük. Az észterezés BF<sub>3</sub> metanollal történt, majd hexános kioldás, illetve centrifugálás és víztelenítés után került sor a minták injektálására. A tejben található CLA izomerek közül a *cisz-9 transz-11 C18:2* részarányát mértük, miután a teljes CLA tartalom több mint 80%-át ez az izomér teszi ki (Kritchevsky, 2000; Salamon és mtsai, 2005)

Az *in situ* vizsgálatok eredményét az Ørskov-McDonald (1979) modellel értékeltük. Az „a” a gyorsan, a „b” a lassan lebontható hányadot, a „c” a lassan lebontható hányad lebontásának sebességét jellemzi. Az „a+b” a potenciálisan lebontható táplálóanyag mennyiség. A bendőben aktuálisan lebontható táplálóanyagok számításakor, a szárazanyag esetében 8%-os, az NDF esetén 3%-os bendőből való kiáramlási sebességet (kr) vettünk figyelembe. A sejtfal (NDF) esetében a kisebb bendőből való kiáramlási sebességgel való számítást az indokolja, hogy mint lassan lebontható táplálóanyagok, tovább tartózkodnak a bendőben és lassabban távoznak (Van Soest, 1983; Mertens, 1985).

Az eredményeket t-próbával értékeltük, illetve az egyes tulajdonságok közötti kapcsolatra korreláció számítását végeztünk (Sváb, 1983).

## EREDMÉNYEK

A kukoricacsíra pogácsa etetésének hatását a tejszírtartalomra és a tejszír zsírsavösszetételére az 1. táblázatban mutatjuk be.

A kukoricacsíra pogácsa etetése mindkét tehenészetben csökkentette a tej zsírtartalmát, a csökkenés különösen a 2. tehenészetben volt jelentős (3,87, 3,47). A takarmányadagok rostkoncentrációja (savdetergens rost, ADF) a tehenészetekben, a csíra nélküli és kukoricacsíra etetésekor hasonló volt, a tapasztalt tejszírcsökkenés az adagok rosttartalmának változásával nem hozható összefüggésbe.

A tej zsírsavösszetételét tekintve a kukoricacsíra etetésének hatására szignifikáns mértékben csökkent a telített zsírsavak és nőtt a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya mindkét tehenészetben.

1. táblázat

A kukoricacsíra pogácsa etetésének hatása a tejszír zsírsav összetételére (n=6)

Tehenészet(1)	1.		2.	
Kukoricacsíra pogácsa napi mennyisége, kg(2)	0	2	0	2
A takarmányadag ADF koncentrációja, %(3)	24,8	24,3	22,1	22,7
Tejtermelés (istálló átlag) kg/nap(4)	17,5	18,6	19,4	20,5
Tejszír, %(5)	3,89	3,77	3,87	3,47
A tejszír zsírsavösszetétele, %(6)	$\bar{x} \pm s$			
Kapriksav (C8:0)	1,01±0,19	1,00±0,10	1,00±0,14	1,01±0,03
Kapriksav (C10:0)	2,58±0,31	2,69±0,27	2,56±0,10	2,72±0,08
Undekánsav (C11:0)	0,33±0,06	0,31±0,04	0,33±0,02	0,32±0,01
Laurilsav (C12:0)	3,36±0,21	3,39±0,38	3,35±0,15	3,39±0,07
Tridekánsav (C13:0)	0,16±0,05	0,19±0,03	0,15±0,04	0,20±0,01
Mirisztinsav (C14:0)	11,13±0,25 <sup>a</sup>	10,99±0,45 <sup>a</sup>	11,35±0,33 <sup>a</sup>	10,88±0,10 <sup>b</sup>
Mirisztoleinsav (C14:1)	1,07±0,05	0,96±0,09	1,17±0,07	1,06±0,01
Pentadekánsav (C15:0)	1,25±0,05	1,29±0,13	1,20±0,07	1,25±0,01
Palmitinsav (C16:0)	34,80±0,54 <sup>a</sup>	32,15±0,69 <sup>b</sup>	35,03±0,47 <sup>a</sup>	31,88±0,13 <sup>b</sup>
Palmitoleinsav (C16:1)	2,18±0,26	1,91±0,37	2,53±0,03	2,22±0,03
Heptadekánsav (C17:0)	0,86±0,03	0,81±0,07	0,81±0,01	0,77±0,02
Heptadecénsav (C17:1)	0,30±0,01	0,26±0,06	0,29±0,01	0,23±0,01
Sztearinsav (C18:0)	10,64±0,45 <sup>a</sup>	11,21±0,57 <sup>a</sup>	9,91±0,28 <sup>a</sup>	10,14±0,10 <sup>a</sup>
t-Vakcénsav (transz-11 C18:1)	1,27±0,10 <sup>b</sup>	1,58±0,21 <sup>b</sup>	1,13±0,07 <sup>a</sup>	2,39±0,22 <sup>b</sup>
Olajsav (C18:1)	22,98±0,75	22,78±0,49	22,27±0,70	22,54±0,46
c-Vakcénsav (C18:1)	0,56±0,04 <sup>a</sup>	0,47±0,05 <sup>b</sup>	0,57±0,03 <sup>a</sup>	0,49±0,02 <sup>b</sup>
Linolsav (C18:2)	2,44±0,08 <sup>a</sup>	3,50±0,15 <sup>b</sup>	2,65±0,09 <sup>a</sup>	3,47±0,09 <sup>b</sup>
Konjugált linolsav (cisz-9 transz-11 C18:2)	0,34±0,01 <sup>a</sup>	0,42±0,02 <sup>b</sup>	0,30±0,01 <sup>a</sup>	0,55±0,03 <sup>b</sup>
Linolénsav (C18:3)	0,43±0,03 <sup>a</sup>	0,49±0,07 <sup>a</sup>	0,33±0,01 <sup>a</sup>	0,44±0,02 <sup>b</sup>
Arachidinsav (C20:0)	0,15±0,01	0,18±0,02	0,15±0,01	0,17±0,01
Eikozénsav (C20:1)	0,12±0,01	0,12±0,01	0,12±0,01	0,14±0,01
Eikozatriénsav (C20:3)	0,12±0,01	0,19±0,03	0,13±0,01	0,14±0,08
Arachidonsav (C20:4)	0,22±0,03	0,26±0,06	0,22±0,01	0,23±0,01
Telített zsírsavak, összesen(7)	66,27±0,66 <sup>a</sup>	64,21±0,45 <sup>b</sup>	65,83±0,61 <sup>a</sup>	62,73±0,36 <sup>b</sup>
Egyszeresen telítetlen, összesen(8)	28,48±0,71 <sup>a</sup>	28,08±0,44 <sup>a</sup>	28,08±0,64 <sup>a</sup>	28,87±0,32 <sup>b</sup>
Többszörösen telítetlen, összesen(9)	3,55±0,10 <sup>a</sup>	4,72±0,29 <sup>b</sup>	3,63±0,09 <sup>a</sup>	4,83±0,05 <sup>b</sup>
ω6/ω3 zsírsavak aránya(10)	4,84	5,32	6,23	6,38

<sup>ab</sup>: tehenészetben belül, a két időszak átlagai között szignifikáns eltérés van (P≤5%)(11)

Table 1.: Effect of feeding maize germ cake on fatty acid composition of milk fat dairy unit(1), maize germ cake, kg/day(2), acid detergent fiber in ration dry matter(3), average milk production in the unit, all cows(4), milk fat(5), fatty acid composition of milk fat(6), saturated(7), mono unsaturated(8), polyunsaturated(9), ratio ω6/ω3(10), <sup>ab</sup>: means with different superscripts are significantly different within the unit(11)

A telített zsírsavak közül az 1. tehenészetben a palmitinsav (C16:0), a 2. tehenészetben a palmitinsav és a mirisztinsav (C14:0) arányának szignifikáns csökkenését tapasztaltuk. A kukoricacsíra etetésének időszakában mindkét tehenészetben nőtt a transz vakcénsav (transz-11 C18:1) és a konjugált linolsav (cis-9 transz-11 C18:2) aránya a tejszírban. A növekedés különösen számottevő volt a 2. tehenészetben, ahol a kukoricacsíra etetése nagyobb mértékű tejszírdepresszióval járt együtt. Az eredményeink megerősítik azon szerzők véleményét, akik a telítetlen olajok etetésekor a transz zsírsavak és a konjugált linolsav részarányának növekedéséről, egyúttal a tej zsírtartalmának csökkené-

sérőli számolnak be. (Kalscheur és mtsai, 1997b; Offer és mtsai, 1999; AbuGhazaiéh és mtsai, 2004).

A tehenészetekben etetett eltérő rosttartalmú komplett keverékek legfontosabb paramétereit a 2. táblázatban mutatjuk be. A neutrális detergens rost %-a 40,6 és 32,1, a savdetergens rost 24,3 és 17,3% között változott a tehenészetek között. A tehenészetek közül az 1. és 2. tehenészet natúr (kukoricacsíra pogácsából származó) és bypass zsírt (Ca só), a 3. és 4. tehenészet csak bypass zsírforrást etetett zsírkiegészítésként. Jelentős mennyiségű bypass zsírt a 3. tehenészet adagjában mértünk. A takarmányadagok zsírtartalmának zsírsavösszetételében jelentős eltéréseket tapasztaltunk (2. táblázat). A telített zsírsavak aránya a legkisebb, valamint a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya a legnagyobb, a 4. tehenészetben volt. Az 1. és 2. tehenészetben etetett takarmánykeverék zsírsavösszetétele hasonló volt, és 40%-ot meghaladó arányban linolsavból (C18:2) állt, hasonlóan a 4. tehenészet adagjához.

2. táblázat

Eltérő rosttartalmú takarmányadagok paramétereit és a zsír zsírsavösszetétele

Tehenészet(1)	1*	2*	3	4
A takarmányadag szárazanyagában(2)				
Nyersfehérje, %(3)	17,3	19,0	17,4	17,2
Összes zsír, %(4)	4,3	3,7	4,9	4,7
ebből bypass zsír, %(5)	0,8	0,5	1,4	0,8
NDF, %	40,6	37,9	36,3	32,1
ADF, %	24,3	22,7	21,5	17,3
A takarmányadagban a nagyobb mennyiségben előforduló zsírsavak megoszlása, %(6)				
Palmitinsav (C16:0)	20,51	20,90	18,39	14,92
Sztearinsav (C18:0)	2,62	2,65	2,68	2,58
Olajsav (C18:1)	24,81	25,03	30,42	28,98
Linolsav (C18:2)	43,05	42,04	37,87	46,52
Linolénsav (C18:3)	4,56	4,33	6,27	3,58
Telített zsírsavak, összesen**(7)	25,97	26,48	23,50	19,45
Egyszeresen telítetlen, összesen**(8)	25,40	25,74	30,99	29,46
Többszörösen telítetlen, összesen**(9)	48,63	47,78	45,51	51,09

\*=azonos a korábbi tehenészetrel, a kukoricacsíra etetés idején(10);

\*\*=a teljes zsírsav összetétel alapján(11)

Table 2.: Parameters of TMR of different fiber content and the fatty acid composition of fat dairy unit(1), in the dry matter of TMR(2), crude protein(3), total ether extract(4), by-pass fat from the total(5), main fatty acid composition of fat in the TMR(6), saturated fatty acids(7), monounsaturated fatty acids(8), polyunsaturated fatty acids(9),\*=the same as the previous table during the period of feeding maize germ meal(10), \*\*=on the basis of total fatty acid composition(11)

A takarmánykeverékekben a szárazanyag és a neutrális detergens rost lebomlását a bendőben a 3. táblázat mutatja be, az inkubációs idő függvényében. A takarmányadagok szárazanyag- és neutrális detergens rosttartalmának emésztéskinetikai paramétereit a 4. táblázatban foglaltuk össze.

A szárazanyag és az NDF lebontásának sebessége, a potenciálisan és aktuálisan lebontható szárazanyag és rost, a 2. tehenészetben etetett takarmánykeverék esetén volt a legkedvezőbb. A 4. tehenészetben etetett adagban a rost (NDF) lebontásának sebessége messze elmaradt a többi tehenészet

értékeiktől. A potenciálisan lebontható szárazanyag és rost mennyisége a 3. tehenészet adagjában volt a legkevesebb.

3. táblázat

**A komplett keverékek szárazanyag és a neutrális detergens rosttartalmának lebontása a bendőben**

Tehenészet (1)	1	2	3	4
<b>A szárazanyag lebontása a bendőben, %(2)</b>				
Inkubációs idő, óra(3)				
0	28,4	29,8	28,7	31,5
2	42,7	48,6	41,8	44,7
4	47,2	53,2	43,5	47,2
8	60,0	65,6	56,2	60,5
16	67,3	77,1	67,6	67,2
24	77,9	83,1	75,7	81,1
48	81,9	87,2	80,8	84,6
72	84,2	87,3	80,9	86,1
<b>A rost (NDF) lebontása a bendőben, %(4)</b>				
Inkubációs idő, óra(3)				
2	7,1	6,5	6,2	0,9
4	13,5	16,4	11,2	3,3
8	31,6	33,4	25,7	22,9
16	40,7	51,7	37,9	29,4
24	58,4	62,3	54,4	56,4
48	66,6	70,9	62,7	65,3
72	69,4	71,0	62,8	67,1

Table 3.: Dry matter and neutral detergent fiber degradation in the rumen of total mixed rations dairy unit(1), dry matter degradation in the rumen(2), incubation, h(3), neutral detergent fiber degradation in the rumen(4)

4. táblázat

**A takarmányadagok emésztéskinetikai paramétereit**

Tehenészet(1)	1	2	3	4
<b>Szárazanyag(2)</b>				
Gyorsan lebontható „a”, %(3)	31,0	32,6	30,2	33,7
Lassan lebontható „b”, %(4)	51,9	54,0	51,0	52,3
A lebontás sebessége „c”, %/h(5)	9,3	12,2	8,7	8,1
Potenciálisan lebontható a bendőben (a+b), %(6)	82,9	86,6	81,2	86,0
Aktuálisan lebontható a bendőben (kr=8 %), %(7)	58,9	65,1	56,9	60,0
<b>Neutrális detergens rost (NDF)(8)</b>				
A lebontás sebessége „c”, %/h(5)	6,5	8,0	6,3	4,9
Potenciálisan lebontható a bendőben (b), %(6)	70,2	72,3	65,1	71,6
Aktuálisan lebontható a bendőben (kr= 3 %), %(7)	47,7	51,8	43,7	42,7
<b>Nyersfehérje(9)</b>				
Aktuálisan lebontható a bendőben (kr=8 %), %(7)	64,6	67,0	65,0	63,1

Megj.: az NDF esetében az „a” értéke 0.(10)

Table 4.: Digestion kinetics of dairy rations dairy unit(1), dry matter(2), quickly degraded(3), slowly degraded(4), rate of degradation(5), potentially degraded(6), effective degradation(7), neutral detergent fiber(8), crude protein(9), in the case of NDF a=0(10)

Összességében a négy tehenészeti telep takarmánykeverékének nemcsak rosttartalma, de a rost lebontásának sebessége és mértéke is jelentősen eltérő

volt. Tájékoztatásul a 4. táblázatban feltüntettük a takarmányadagok fehérjetartalmának aktuális lebontását is.

Szoros korrelációt találtunk a szárazanyag és az NDF lebontásának sebessége és a bendőben aktuálisan lebontható szárazanyag és NDF ( $r=0,86$   $P<5\%$ , illetve  $r=0,92$   $P<1\%$ ) között. Azaz minél gyorsabb a lebontás sebessége, annál több a bendőben lebomlott szárazanyag, illetve rost részaránya. A potenciálisan és aktuálisan lebontható szárazanyag között a korreláció szoros ( $r=0,86$   $P<5\%$ ). A potenciálisan és aktuálisan lebontható NDF között laza ( $r=0,49$  NS) a kapcsolat. A bendőben a szárazanyag lebontását a potenciálisan lebontható hányad és a lebontás sebessége, míg a rost (NDF) esetében elsődlegesen a lebontás sebessége határozza meg.

A tejszír zsírsavösszetételét az 5. táblázatban mutatjuk be. A tej zsírtartalma és az adagok rosttartalma között nem találtunk kapcsolatot, a legmagasabb tejszír % a legkisebb rosttartalmú adagot etető tehenészetben volt. Szoros negatív korrelációt találtunk ugyanakkor a rostlebontás sebessége és a tej zsírtartalma között ( $r=-0,91$   $P<5\%$ ). A tej zsírtartalma ugyancsak szoros negatív korrelációt mutatott a tejszírban a *transz* C18:1 (t 11) részarányával,  $r=-0,91$  ( $P<5\%$ ).

A két kisebb rosttartalmú takarmányadagot etető 3. és 4. tehenészetben a tejszír zsírsav-összetételében a mirisztinsav (C14:0) és a C12-től C14-ig terjedő zsírsavak részarányának szignifikáns csökkenését tapasztaltuk. Ez a *de novo* zsírsavsintézis gátlására utalhat (Palmquist és Jenkins, 1980; Van Soest, 1983; Offer és mtsai, 1999; Khorasani és Kennelly, 2001). Ugyancsak e két tehenészeti telepen, szignifikánsan nagyobb volt az olajsav (C18:1) részaránya a tejben, mely esetleg összefügghet a takarmányadagban lévő nagyobb mennyiségű, védett zsírból származó olajsav tartalommal. A legkisebb linolén-sav (C18:3) koncentrációt a 4. tehenészeti telepen etetett takarmányadagban és az abból termelt tejben mértük. A konjugált linolsav (*cisz*-9 *transz*-11 C18:2) mennyisége, a *transz* vakcénsav (*transz*-11 C18:1) és a CLA aránya a 3. tehenészeti telepen volt a legkedvezőbb. Az  $\omega 6/\omega 3$  zsírsavak aránya szintén a 3. tehenészetből származó tejben volt a legszűkebb, melyet humán-egészségügyi szempontból kedvezőnek tartanak.

Az 1. és 2. tehenészeti telepen a kukoricacsíra pogácsa nélküli takarmányadagokat, valamint a négy tehenészet adatait figyelembe véve ( $n=6$ ) az adagok savdetergens rosttartalma és a tejszírtartalom között nem találtunk kapcsolatot. A tej zsírtartalma és a tej *transz* vakcénsav-tartalma között szoros negatív korrelációt ( $r=-0,93$   $P<0,1\%$ ) tapasztaltunk. A tej zsírtartalma ugyancsak negatív kapcsolatban állt a konjugált linolsav részarányával a tejben ( $r=-0,85$ ,  $P<1\%$ ).

A *transz*-11 C18:1 és a CLA közötti kapcsolatot az irodalomban közölt adatokhoz hasonlítva gyengébbnek találtuk ( $r=0,67$ ) (Offer és mtsai, 1999; AbuGhazaleh és mtsai, 2003; Moore és mtsai, 2004; Salamon és mtsai, 2005). A tejszírtartalom jelentős mértékű csökkenéséről számoltak be Piperova és mtsai (2004), amikor a tehenek takarmányát védett CLA-val egészítették ki, illetve amikor az oltógyomorba infúzióval CLA-t juttattak (Grinari és mtsai, 1997).



5. táblázat

**Az eltérő rosttartalmú takarmányadagok etetésének hatása a tejszír zsírsavösszetételére**

Tehenészet(1)	1	2	3	4
Tejtermelés (istálló átlag), kg/nap(4)	18,6	20,5	19,9	19,5
Tejszír, %(5)	3,77	3,47	3,61	3,90
A tejszír zsírsavösszetétele, %(6)	$\bar{x} \pm s$			
Kaprilsav (C8:0)	1,00+0,10	1,01+0,03	0,76+0,11	1,01+0,07
Kaprinsav (C10:0)	2,69+0,27	2,72+0,08	2,05+0,20	2,69+0,18
Undekánsav (C11:0)	0,31+0,04	0,32+0,01	0,22+0,03	0,32+0,02
Laurilsav (C12:0)	3,39+0,38	3,39+0,07	2,68+0,18	3,35+0,18
Tridekánsav (C13:0)	0,19+0,03	0,20+0,01	0,14+0,02	0,21+0,01
Mirisztinsav (C14:0)	10,99+0,45 <sup>a</sup>	10,88+0,10 <sup>a</sup>	10,34+0,36 <sup>b</sup>	10,42+0,30 <sup>b</sup>
C12-C14-ig összesen(11)	15,53+0,45 <sup>a</sup>	15,53+0,15 <sup>a</sup>	14,02+0,51 <sup>b</sup>	14,93+0,46 <sup>b</sup>
Mirisztoleinsav (C14:1)	0,96+0,09	1,06+0,01	0,86+0,04	0,95+0,02
Pentadecánsav (C15:0)	1,29+0,13	1,25+0,01	1,21+0,03	1,05+0,38
Palmitinsav (C16:0)	32,15+0,69 <sup>a</sup>	31,88+0,13 <sup>a</sup>	35,50+0,57 <sup>b</sup>	31,98+0,54 <sup>a</sup>
Palmitoleinsav (C16:1)	1,91+0,37	2,22+0,03	2,26+0,08	2,10+0,04
Heptadecánsav (C17:0)	0,81+0,07	0,77+0,02	0,80+0,03	0,70+0,02
Heptadecénsav (C17:1)	0,26+0,06	0,23+0,01	0,28+0,02	0,26+0,01
Sztearinsav (C18:0)	11,21+0,57 <sup>a</sup>	10,14+0,10 <sup>b</sup>	9,16+0,27 <sup>c</sup>	11,42+0,41 <sup>a</sup>
t-Vakcénsav (transz-11 C18:1)	1,58+0,21 <sup>a</sup>	2,39+0,22 <sup>b</sup>	1,65+0,17 <sup>a</sup>	1,35+0,07 <sup>c</sup>
Olajsav (C18:1)	22,78+0,49 <sup>a</sup>	22,54+0,46 <sup>a</sup>	24,30+0,86 <sup>b</sup>	24,82+0,62 <sup>b</sup>
c-Vakcénsav (C18:1)	0,47+0,05 <sup>a</sup>	0,49+0,02 <sup>a</sup>	0,54+0,04 <sup>b</sup>	0,65+0,02 <sup>c</sup>
Linolsav (C18:2)	3,50+0,15 <sup>a</sup>	3,47+0,09 <sup>a</sup>	2,84+0,08 <sup>b</sup>	3,30+0,12 <sup>c</sup>
Konjugált linolsav (cisz-9 transz-11 C18:2)	0,42+0,02 <sup>a</sup>	0,55+0,03 <sup>b</sup>	0,68+0,05 <sup>c</sup>	0,33+0,04 <sup>d</sup>
Linolénsav (C18:3)	0,49+0,07 <sup>a</sup>	0,44+0,02 <sup>a</sup>	0,46+0,02 <sup>a</sup>	0,31+0,02 <sup>b</sup>
Arachidinsav (C20:0)	0,18+0,02	0,17+0,01	0,13+0,02	0,17+0,01
Eikozénsav (C20:1)	0,12+0,01	0,14+0,01	0,13+0,01	0,12+0,01
Eikozatriénsav (C20:3)	0,19+0,03	0,14+0,08	0,13+0,01	0,14+0,01
Arachidonsav (C20:4)	0,26+0,06	0,23+0,01	0,21+0,01	0,25+0,01
Telített zsírsavak, összesen(7)	64,21+0,45 <sup>a</sup>	62,73+0,36 <sup>b</sup>	62,99+0,68 <sup>b</sup>	63,32+1,01 <sup>ab</sup>
Egyszeresen telítetlen, összesen(8)	28,08+0,44 <sup>a</sup>	28,87+0,32 <sup>b</sup>	30,02+0,91 <sup>c</sup>	30,25+0,61 <sup>c</sup>
Többszörösen telítetlen, összesen(9)	4,72+0,29 <sup>a</sup>	4,83+0,05 <sup>b</sup>	4,32+0,09 <sup>c</sup>	4,33+0,09 <sup>c</sup>
$\omega$ 6/ $\omega$ 3 zsírsavak aránya(10)	5,32	6,38	5,17	7,89
transz-11 C18:1/cisz-9 transz-11 C18:2 aránya(12)	3,76	4,34	2,43	4,09

<sup>abcd</sup>: a különböző betűkkel megjelölt átlagok között a különbség szignifikáns(13)

Table 5.: Effect of rations of different fiber content on the fatty acid composition of milk fat as in Table 1.(1–10), C12-C14 total(11), ratio between trans-11 C18:1/cisz-9 trans-11 C18:2(12), <sup>abcd</sup>: means with different superscripts are significantly different(13)

A hazai tehenészeti telepeken végzett vizsgálataink szerint úgy tűnik, hogy a tejszírdepresszió elsődleges okai között a bendőbe kerülő olajok tökéletlen biohidrogénezése következtében megnövekedett transz zsírsavak tejszír-szintézist gátló hatása szerepel, megegyezően számos hazai és külföldi szerző adataival (Kalscheur és mtsai, 1997; Khorasani és Kennelly, 2001; Petit és mtsai, 2004; Piperova és mtsai, 2004; Ribács, 2005; Ribács és Schmidt, 2006; Schmidt, 2006).

A tejszírtartalom és a takarmányadag rosttartalma között valószínűleg azért nem találtunk kapcsolatot, mert a vizsgált alacsony rosttartalmú takarmányadagok sejtfaínak lebontása lassú volt a bendőben. A lassú lebontás következtében a bendőben való tartózkodási idő, és ezzel együtt a rostkoncentráció nő.

Az irodalmi adatok szerint (Van Soest, 1983; Mertens, 1985; Varga, 1997) a táplálóanyagok lebontásának sebessége és a bendőtartalom kiáramlási sebessége között szoros pozitív kapcsolat áll fenn. A lassan lebomló táplálóanyagok kiáramlási sebessége is kisebb. Ezért feltételezhető, hogy lassan lebontható rostból az optimálisnál kisebb rostkoncentráció is elegendő a takarmányadagban a bendőtartalom struktúrájának, illetve a tejszírtermelés szintentartásának megőrzéséhez.

## KÖVETKEZTETÉSEK

A tej zsírtartalma és a tejszír zsírsavösszetétele között szoros a kapcsolat. A csökkent zsírtartalmú tejben nő a transz zsírsavak és a konjugált linolsav részaránya. A tejszírtartalom és a tejszírban a transz zsírsavak, illetve a konjugált linolsav mennyisége között szoros negatív kapcsolat van.

Vizsgálataink szerint a neutrális detergens rost bendőbeni lebontásának sebessége is befolyásolja a tejszírtartalmat. A rostlebontás sebessége és a tejszírtartalom között negatív a kapcsolat.

A tejszír zsírsavösszetételének vizsgálata hozzájárulhat a csökkent tejszírtermelés okainak tisztázásához.

További vizsgálatok szükségesek, hogy a tejszír humán-egészségügyi szempontból fontos alkotói milyen takarmányozási módszerekkel befolyásolhatók.

## IRODALOM

- AbuGhazaleh, A.A. – Schingoethe, D.J. – Hippen, A.R. – Kalscheur K.F.(2003): Conjugated linoleic acid and vaccenic acid in rumen, plasma and milk of cows fed fish oil and fats differing in saturation of 18 carbon fatty acids. *J. Dairy Sci.*, 3648–3660.
- AbuGhazaleh, A.A. – Schingoethe, D.J. – Hippen, A.R. – Kalscheur, K.F.(2004): Conjugated linoleic acid increases in milk when cows fed fish meal and extruded soybeans for an extended period of time. *J. Dairy Sci.*, 87. 1758–1766.
- Baumgard, L.H. – Corl, B.A. – Dwyer, D.A. – Sacho, A. – Bauman, D.E.(2000): Identification of conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. *Am. J. Physiol.*, 278. 179–184.
- Corl, B.A. – Lacy, S.H. – Baumgard, L.H. – Dwyer, D.A. – Griinari, J.M. – Phillips, B.S. – Bauman, D.E.(1999): Examination of the importance of  $\Delta^9$ -desaturase and endogenous synthesis of CLA in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.*, 77. Suppl., 1. 118.
- Folch, J. – Lees, M. – Sloane-Stanley, G.H.(1957): A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Bioi. Chem.*, 226. 497–509.
- Garnsworthy, P.C.(1988): Nutrition and lactation in the dairy cow. Butterworths, London
- Gaynor, P.J. – Erdman, R.A. – Teter, B.B. – Sampugna, J. – Capuco, A.V. – Waldo, D.R. – Hamosh, M.(1994): Milk fat yield and composition during abomasal infusion of cis or trans octadecenoates in Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 77. 157–165.
- Griinari, J.M. – Choninard, P.Y. – Bauman, D.E.(1997): Trans fatty acid hypothesis of milk fat depression revised. *Proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufactures*, 208–216.
- Harfoot, C.G.(1981): Lipid metabolism in the rumen. In: *Lipid metabolism in ruminant animals*. Ed.: Christie W.W. Pergamon Press, Oxford, 21–57.
- Kakuk, T. – Schmidt, J.(1988): Takarmányozástan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

- Kalscheur, K.F. – Teter, B.B. – Piperova, L.S. – Erdman, R.A.*(1997a): Effect of dietary forage concentration and buffer addition on duodenal flow of trans-C18:1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 80. 2104–2114.
- Kalscheur, K.F. – Teter, B.B. – Piperova, L.S. – Erdman, R.A.*(1997b): Effect of fat source on duodenal flow of trans-C18:1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 80. 2115–2126.
- Kaufmann, W. – Hagemester, H.*(1987): Composition of milk. In: *Dairy cattle production*. Ed.: Gravert H.O. Elsevier Sci. Publishers, B.V. Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, 107–164.
- Khorasani, G.R. – Kennelly, J.J.*(2001): Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristics, milk yield and milk composition in late lactation Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 84. 1707–1716.
- Kritchevsky, D.*(2000): Antimutagenic and some other effects of conjugated linoleic acid. *Br. J. Nutr.*, 83. 459–465.
- Loor, J.J. – Ueda, K. – Ferlay, A. – Chilliard, Y. – Doreau, M.*(2004): Biohydrogenation, duodenal flow and intestinal digestibility of trans fatty acids and conjugated linoleic acids in response to dietary forage: concentrate ratio and linseed oil in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 87. 2472–2485.
- Magyar Takarmánykódex*(1990): FM és MMI közös kiadványa. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 573.
- McGuire, M.A. – McGuire, M.K.*(1999): Conjugated linoleic acid (CLA): A ruminant fatty acid with beneficial effects on human health. *J. Anim. Sci.*, 77. Suppl., 1. 118.
- McGuire, M.A. – McGuire, M.K. – McGuire, M.S. – Griinari, J.M.*(1997): Bovinic acid: the natural CLA. *Proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*, 217–226.
- Mertens, D.R.*(1985): Recent concepts useful in optimizing nutrition of dairy cows. *Proc. Monsanto Technical Symp.*, 99–123.
- Mihályi, Gyné*(1997): Transz zsírsavak az élelmiszerekben. *Hús*, 4. 187–189.
- Moore, C.E. – Haffiger, H.C. – Mendivil, O.B. – Sanders, S.R. – Bauman, D.E. – Baumgard, L.H.*(2004): Increasing amounts of conjugated linoleic acid (CLA) progressively reduces milk fat synthesis immediately postpartum. *J. Dairy Sci.*, 87. 1866–1895.
- Männer, K.*(2002): Pansengeschützte Fette für Milchrinder. *Krafftutter*, 10. 386–394.
- Offer, N.W. – Marsden, M. – Dixon, J. – Speake, B.K. – Thacker, F.E.*(1999): Effect of dietary fat supplements on levels of n-3 poly-unsaturated fatty acids, trans acids and conjugated linoleic acid in bovine milk. *Anim. Sci.*, 69. 613–625.
- Ørskov, E.R. – McDonald, I.*(1979): The estimate of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to the rate of passage. *J. Agric. Sci. Camb.*, 92. 499–503.
- Palmquist, D.L. – Jenkins, T.C.*(1980): Fat in lactation rations: review. *J. Dairy Sci.*, 63. 1–15.
- Parodi, P.W.*(1997): Cows milk fat components as potential anticarcinogenic agents. *J. Nutr.*, 127. 1055–1060.
- Petit, H.V. – Germiquet, C. – Lebel, D.*(2004): Effect of feeding whole, unprocessed sunflower seeds and flax seed on milk production, milk composition and prostaglandin secretion in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 87. 3889–3899.
- Piperova, L.S. – Moallem, U. – Teter, B.B. – Sampugna, J. – Yurawecz, M.P. – Morehouse, K.M. – Luchini, D. – Erdman, R.A.*(2004): Changes in milk fat response to dietary supplementation with calcium salts of trans t18:1 or conjugated linoleic fatty acids in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 87. 3836–3844.
- Ribács, A.*(2005): Növényolajipari melléktermékből előállított védett zsír (Ca-zsappan) felhasználása a kérődzők takarmányozásában. PhD disszertáció, Mosonmagyaróvár
- Ribács, A. – Schmidt, J.*(2006): Lenolajalapú Ca-zsappan felhasználása a tehéntej zsírsavösszetételének módosítására. *Acta Agronomica Óváriensis*, 48. 1. 73–86.
- Rindsing, R.B. – Schultz, L.H.*(1974): Effect of abomasal infusions of sunflower oil or elaidic acid on blood lipids and milk fat in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 57. 1459–1466.
- Salamon, R. – Szakály, S. – Szakály, Z. – Csapó, J.*(2005): Konjugált linolsav (CLA)-humán egészség. 1. Alapismeretek és CLA a tejben. *Tejgazdaság*, 2. 4–13.
- Schmidt, J.*(2003): A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Schmidt, J.*(2006): Takarmányozás és a tej minősége. *Állattenyésztés és Takarmányozás Különszám*, 55. 33–40.
- Sváb, J.*(1981): Biometriai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

- Van Soest, P.*(1983): Nutritional ecology of the ruminant. O.B.Books, Inc.Corvallis
- Van Soest, P. – Robertson J.*(1985): A laboratory manual for animal science. Cornell University, 613.
- Varga, G.A.*(1997): Fiber in the ration: how effective should it be? Proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufactures, 117–126.

**Érkezett:** 2007. április

**Szerzők címe:** Várhegyi, J. – Fébel, H. – Lehel, L. – Hajda, Z. – Várhegyi J.-né:

**Authors' address:** Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet  
Research Institute for Animal Breeding and Nutrition  
H-2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

**Schmidt, J.:** Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar  
University of West Hungary, Faculty of Agriculture  
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár u. 2.