



Fűszénázsalapú takarmányozás és burkolással előállított halolajalapú zsírkészítmény kombinált etetésének hatása a tej zsírsavösszetételére

TÓTH TAMÁS¹ – VISZKET ERNA¹ – CSAVAJDA ÉVA² –
TANAI ATTILA³ – FÉBEL HEDVIG⁴

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Állattudományi Intézet
Takarmányozástani Intézeti Tanszék
Mosonmagyaróvár

² Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Növénytermesztési Intézet
Gyógynövénytermesztési Intézeti Tanszék
Mosonmagyaróvár

³ Adexgo Kft.
Balatonfüred

⁴ Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet
Herceghalom

ÖSSZEFOGLALÁS

Holstein-fríz tehenekkel ($n = 80$) végzett üzemi kísérletben vizsgáltuk a fűszénázsalapú takarmányozás és egy burkolással előállított halolajalapú védett zsírkészítmény (termék neve: Adexgo-1, gyártó: Adexgo Kft., Balatonfüred) kombinált etetésének hatását a tejtermelésre, a tej összetételére és zsírsavtartalmára. A tejmintákat a reggeli és az esti fejésből egyaránt gyűjtöttük és értékeltük. Megállapítottuk, hogy a kidolgozott tartósított fűalapú takarmányozás és az omega-3 zsírkészítmény etetése nem befolyásolta a tehenek tejtermelését, illetve a tej fehérje- és laktóztartalmát. Ezzel ellentétben szignifikáns ($P < 0,05$) mértékben csökkent a reggeli és az esti tejmintákban a szárazanyag- és a zsírtartalom. A telített zsírsavak (SFA) közül a C17:0; C20:0; C22:0 zsírsavak részaránya szignifikáns ($P < 0,05$) mértékben nőtt, míg a C8:0; C10:0; C12:0; C13:0; C16:0; C18:0 zsírsavaké szignifikánsan ($P < 0,05$) csökkent a kísérleti csoport elegytej mintáiban. Az egyszerűen telítetlen zsírsavak (MUFA) mennyisége – az olajsav (C18:1) kivételével – szignifikánsan ($P < 0,05$) nőtt a kísérleti takarmányadag etetésének hatására mind a reggeli, mind pedig az esti tejmintákban. A kísérleti csoportban a transz-zsírsavak (TFA) részaránya 3,40-, illetve 3,64-szeresére növekedett az esti és a reggeli tejmintákban (sorrendben). A kísérleti takarmányadag etetését követően mért kiugróan magas transz-zsírsav mennyiség fokozatosan csökkenő tendenciát mutatott. Az etetett kísérleti takarmányadag a fontosabb n-3

zsírsavak (C18:3, C20:5, C22:5 és C22:6) és a vizsgált CLA izomerek (c9,t11; t10,c12; c9,c11; t9,t11) részarányát szignifikánsan javította. Ez egyben megnövelte a tej PUFA-tartalmát, illetve szűkítette az n-6/n-3 arányt mind a reggeli (7,48:1 vs. 3,79:1), mind az esti (8,00:1 vs. 3,69:1) elegetj mintákban (kontroll vs. kísérleti, sorrendben).

Kulcsszavak: tejelő tehén, halolaj, védett zsírkészítmény, omega-3, CLA, zsírsavösszetétel.

BEVEZETÉS ÉS IRODALOM

A rendelkezésre álló irodalmi adatok szerint a tejelő tehenek takarmányadagjában alkalmazott zsírforrások és -készítmények (pl. full-fat magvak, Ca-szappanok, hidrogénezett zsírok, olajok stb.) nemcsak a tehenek tejtermelését, hanem a tej táplálékanyag-tartalmát, illetve a tejzsír zsírsavösszetételét is befolyásolják (*Komprda et al.* 2005, *Ribács és Schmidt* 2006, *Várhegyi et al.* 2007, *Kudrna és Marounek* 2008, *Murphy et al.* 2008). Az olajforrások közül a tej zsírsavösszetételének kedvező irányban történő módosítására alkalmas lehet a halolaj. Ennek oka, hogy a halolajok nagy koncentrációban tartalmaznak olyan n-3 zsírsavakat (pl. eikozapentaénsav, EPA, C20:5; dokozahexaénsav, DHA, C22:6), amelyek pozitív humán-egészségügyi hatásúak. Az n-3 zsírsavak számos élettani folyamatban vesznek részt, mint például a vérplazma zsírsavszintjének szabályozása, hatással vannak a kardiovaszkuláris és immunfolyamatokra, az idegrendszer fejlődésére, a normális látási funkciók kialakulására (*Jump* 2002). A hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavak másik csoportját az n-6 zsírsavak (pl. linolsav, LA, C18:2) alkotják. Amíg az optimális n-6/n-3 arány 4:1 (vagy kevesebb), addig a mai amerikai és európai típusú étrendben ez 10:1 vagy akár a 30:1 arányt is elérheti. Éppen ezért fontos lehet olyan élelmiszerek fejlesztése, amelyekben az n-3 zsírsavak nagyobb részarányban fordulnak elő. Ennek egyik lehetősége például az n-3 zsírsavakban gazdag tej és tejtermékek előállítására, mivel ezek a szokásos táplálkozás integráns részét képezik.

A halolaj önálló, és egyéb zsír- vagy olajforrásokkal történő kombinált etetése nemcsak a tej zsír- és fehérjetartalmát, de annak zsírsavösszetételét is jelentősen befolyásolhatja (*Jones et al.* 2000, *Palmquist és Grünari* 2006, *Shingfield et al.* 2006, *AbuGhazaleh és Holmes* 2007, *Cruz-Hernandez et al.* 2007, *Fatahnia et al.* 2008). A tejelő tehenek takarmányadagjának halolajjal történő kiegészítésekor nő a tej EPA- és DHA-tartalma (*Lacasse et al.* 2002, *Kitessa et al.* 2004, *Rego et al.* 2005, *Fatahnia et al.* 2008, *Toral et al.* 2010). Az n-3 zsírsavak mellett elsősorban a tej CLA-tartalmának növekedéséről számolnak be azok a kísérletek, amelyekben halolaj, repceolaj, napraforgóolaj, faggyú kombinált etetését, illetve halolaj önálló etetését vizsgálták (*Donovan et al.* 2000, *Jones et al.* 2000, *Palmquist és Grünari* 2006, *AbuGhazaleh és Holmes* 2007, *Osiegowski et al.* 2007, *Cruz-Hernandez et al.* 2007, *Potkański et al.* 2009).

Kedvezőtlennek tekinthető, hogy a különböző zsír- és olajforrások hatására megnő a tejben a transz-zsírsavak mennyisége (*Ramaswamy et al.* 2001, *Whitlock et al.* 2006, *AbuGhazaleh és Holmes* 2007, *Schmidt et al.* 2008). A transz-zsírsavak negatív hatása, hogy növelik a vérnyomást, elősegítik a szív és érrendszeri betegségek kialakulását, továbbá

rákkeltő hatásúak (Judd *et al.* 1994, Mihályiné 1997, Offer *et al.* 1999). Több szerző a tejben megnövekedett transz-zsír-sav mennyiséggel hozza összefüggésbe a tej zsírtartalmának csökkenését is (Kalscheur *et al.* 1997, Offer *et al.* 1999, Petit *et al.* 2004).

A legeltetés és a zöldtakarmányozás tej zsírsavösszetételre gyakorolt kedvező hatását számos vizsgálatban igazolták (Hagemeister és Voigt 2001, White *et al.* 2001, Rymer *et al.* 2003, Varga-Visi és Csapó 2003, Wijesundera *et al.* 2003, Addis *et al.* 2005, Scollan *et al.* 2005, Cabiddu *et al.* 2006, Elgersma *et al.* 2006, Mel'uchová *et al.* 2008). A tartósított fűfélék és a halolajalapú védett zsírkészítmények kombinált etetésére vonatkozóan ugyanakkor kevesebb irodalmi forrás áll rendelkezésre.

Előzetes vizsgálatainkban (nem publikált adatok) egy olyan omega-3 zsírkészítményt fejlesztettünk ki, amelyet kukoricaszilázs–lucernaszenázs–kukorica alapú takarmányozás mellett etettünk a tejelő tehenekkel. Megállapítottuk, hogy a készítmény naponta és állatonként 0,25 kg mennyiségben adagolva szignifikáns hatású a tejszír zsírsavösszetételére (C20:0; c-C18:1; t-9 C18:1; C20:1, c9,t11-C18:2, C20:5, C22:2 és C22:5). Jelen kísérletünkben a készítmény továbbfejlesztett változatát használtuk. Az etetett takarmányadag nem a hazai takarmányozásra jellemző kukoricaszilázs–lucernaszenázusra épült, hanem fűszenázs–lucernaszenázs alapú volt. A kísérlet legfontosabb célkitűzése annak vizsgálata, hogy a kidolgozott takarmányadag és a továbbfejlesztett omega-3 zsírkészítmény együttes alkalmazása milyen hatással van a laktáció harmadik szakaszában lévő tehenek tejtermelésére, a tej táplálóanyagainak (fehérje, zsír, cukor) mennyiségére, továbbá a tejszír zsírsavösszetételére.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Tejtermelési kísérlet

A kísérleteket a Solum Zrt. komáromi tehenészeti telepén végeztük. A kontroll és a kísérleti csoportba 80, 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: 21–22 kg volt).

A kontroll csoport kukoricaszilázs–lucernaszenázs–kukoricadara alapú, míg a kísérleti csoport fűszenázs–lucernaszenázs–kukoricadara alapú takarmányadagot kapott. A napi takarmányadag számított táplálóanyag-tartalmát, továbbá vizsgált zsírsavösszetételét az *1. táblázatban* foglaltuk össze. Tekintettel arra, hogy a kidolgozott takarmányadag, továbbá az omega-3 zsírkészítmény PCT szabadalmi bejelentése folyamatban van (bejelentési szám: PCT/IB2011/052014), ezért a pontos összetételt nem kívánjuk közölni. A kísérleti csoport naponta 0,5 kg mennyiségben egy kereskedelmi forgalomban lévő magas EPA- és DHA-tartalmú halolajat tartalmazó saját fejlesztésű burkolási technikával védett omega-3 zsírkészítményt (termék neve: Adexgo-1, gyártó: Adexgo Kft., Balatonfüred) kapott, amelynek halolajtartalma: 50%. Az előzetes adatok alapján a készítmény zsírtartalmának bendőbeli védettsége kb. 70% (nem publikált adatok). A jelen kísérletben használt omega-3 készítmény vizsgált zsírsavösszetétele a *2. táblázatban* található.

1. táblázat A kísérlet során etetett takarmányadag számított táplálóanyag-tartalma és vizsgált fontosabb zsírsavösszetétele (g zsírsav/100 g zsír)

Table 1. The calculated nutrient content and fatty acid profile of the diet in the experiment

Táplálóanyag (1)	Kontroll (2)	Kísérleti (3)
Szárazanyag (kg) (4)	24,4	24,6
NEI (MJ)	159	159
Nyersfehérje (g) (5)	3921	3964
MFE (g) (6)	2355	2282
MFN (g) (7)	2501	2504
RDP (g)	2239	2223
Nyersrost (g) (8)	3819	4212
NDF (g)	8935	9075
ADF (g)	4570	5334
Nyerszsír (g) (9)	747	1042
Ca (g)	205	262
P (g)	122	122
Zsírsavösszetétel (10)		
C _{14:0} : mirisztinsav (<i>myristic acid</i>)	0,50	1,08
C _{16:0} : palmitinsav (<i>palmitic acid</i>)	13,47	24,31
C _{18:0} : sztearinsav (<i>stearic acid</i>)	4,49	7,60
C _{20:0} : arachidsav (<i>arachidic acid</i>)	0,30	0,43
C _{16:1} : palmitoleinsav (<i>palmitoleic acid</i>)	0,35	0,88
C _{18:1} : olajsav (<i>oleic acid</i>)	45,11	25,22
c-C _{18:1} : vakcénsav (<i>vaccenic acid</i>)	1,37	1,01
C _{20:1} : eikozénsav (<i>eicosenoic acid</i>)	0,37	0,66
C _{18:2} : linolsav (<i>linoleic acid</i>)	29,19	26,88
C _{18:3} : linolénsav (<i>linolenic acid</i>)	2,71	6,69
C _{20:5} : eikozapentaénsav (<i>eicosapentaenoic acid</i>)	0,03	1,41
C _{22:5} : dokozapentaénsav (<i>docosapentaenoic acid</i>)	–	0,15
C _{22:6} : dokozahexaénsav (<i>docosahexaenoic acid</i>)	–	0,51

(1) nutrient, (2) control, (3) experimental, (4) dry matter, (5) crude protein, (6) energy dependent metabolizable protein, (7) N-dependent metabolizable protein, (8) crude fiber, (9) ether extract, (10) fatty acid profile (g fatty acid/100 g fat)

A tejtermelési kísérlet 6 hétig tartott, amit 3 hét előtetési szakasz előzött meg. Az előtetési szakaszban szoktattuk hozzá a teheneket a fűszénázsalapú takarmányozáshoz és az omega-3 zsírkészítmény etetéséhez. A Solum Zrt. telepén a teheneket naponta kétszer fejk. A tehenészetben számítógéppel összekapcsolt fejési rendszer működik, így az állatok egyedi tejtermelését a kísérlet minden napján fejésenként rögzíteni tudtuk. A tej összetételét az esti és a reggeli fejtés tejéből, hetente egy alkalommal egyedileg állapítottuk meg. A vizsgálatokat (zsír-, fehérje-, laktóz-, szárazanyag- és zsírtmentes szárazanyag-tartalom) a Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet Kft. (Mosonmagyaróvár) végezte el, Milkoscan FT 120 (Foss Electric) típusú berendezéssel.

Az egyedi tejminták mellett, a kontroll és a kísérleti szakasz során mintavételi alkalmanként 2 db elegyetejt is gyűjtöttünk mind a reggeli (n = 12), mind az esti fejtésből (n = 12), melyek zsírsavösszetételét gázkromatográfias úton értékeltük.

2. táblázat Az omega-3 zsírkészítmény vizsgált zsírsavösszetétele (g zsírsav/100 g zsír)

Table 2. Fatty acid profile of the omega-3 fat supplement (g fatty acid/100 g fat)
(gyártó/producer: Adexgo-1; Adexgo Kft.)

Zsírsav (1)	Omega-3 zsírkészítmény (2)
C _{8:0} : kaprilsav (<i>caprylic acid</i>)	0,04
C _{10:0} : kaprinsav (<i>capric acid</i>)	0,01
C _{12:0} : laurinsav (<i>lauric acid</i>)	0,11
C _{13:0} : tridekánsav (<i>tridecanoic acid</i>)	0,04
C _{14:0} : mirisztinsav (<i>myristic acid</i>)	5,89
C _{15:0} : pentadekánsav (<i>pentadecanoic acid</i>)	0,54
C _{16:0} : palmitinsav (<i>palmitic acid</i>)	25,47
C _{17:0} : heptadekánsav (<i>heptadecanoic acid</i>)	0,45
C _{18:0} : sztearinsav (<i>stearic acid</i>)	11,26
C _{20:0} : arachidsav (<i>arachidic acid</i>)	0,39
C _{22:0} : behénsav (<i>behenic acid</i>)	0,09
SFA: Telített zsírsavak (<i>Saturated fatty acids</i>)	44,29
C _{14:1} : mirisztoleinsav (<i>myristoleic acid</i>)	0,05
C _{16:1} : palmitoleinsav (<i>palmitoleic acid</i>)	5,88
C _{17:1} : heptadecénsav (<i>heptadecanoic acid</i>)	0,65
C _{18:1} : olajsav (<i>oleic acid</i>)	9,85
9t-C _{18:1} : elaidinsav (<i>elaidic acid</i>)	1,35
11t-C _{18:1} : transz-vakcénsav (<i>trans vaccenic acid</i>)	0,80
c-C _{18:1} : vakcénsav (<i>vaccenic acid</i>)	2,54
C _{22:1} : erukasav (<i>erucic acid</i>)	0,97
MUFA: Egyszeresen telítetlen zsírsavak (<i>Monounsaturated fatty acids</i>)	21,29
C _{18:2} (n-6): linolsav (<i>linoleic acid</i>)	1,12
CLA (t-10, c-12): konjugált linolsav (<i>conjugated linoleic acid</i>)	0,02
CLA (c-9, c-11): konjugált linolsav (<i>conjugated linoleic acid</i>)	0,03
CLA (t-9, t-11): konjugált linolsav (<i>conjugated linoleic acid</i>)	1,97
C _{18:3} (n-3): linolénsav (<i>linolenic acid</i>)	2,10
C _{18:3} (n-6): γ -linolénsav (<i>γ-linolenic acid</i>)	0,16
C _{20:3} (n-6): eikozatriénsav (<i>eicosatrienoic acid</i>)	0,13
C _{20:4} (n-6): arachidonsav (<i>arachidonic acid</i>)	0,60
C _{20:5} (n-3): eikozapentaénsav (<i>eicosapentaenoic acid</i>)	11,33
C _{22:2} (n-6): dokozadiénsav (<i>docosadienoic acid</i>)	0,03
C _{22:4} (n-6): dokozatetraénsav (<i>docosatetraenoic acid</i>)	0,08
C _{22:5} (n-3): dokozapentaénsav (<i>docosapentaenoic acid</i>)	1,83
C _{22:6} (n-3): dokozahexaénsav (<i>docosahexaenoic acid</i>)	8,05
PUFA: Többszörösen telítetlen zsírsavak (<i>Polyunsaturated fatty acids</i>)	27,45
UFA: Telítetlen zsírsavak (<i>Unsaturated fatty acids</i>)	48,74
Egyéb zsírsav (3)	6,97
Σ n6	2,12
Σ n3	23,31

(1) fatty acid, (2) omega-3 fat supplement, (3) non identified fatty acid

Kémiai vizsgálatok

A kísérletek során etetett takarmányok szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost- és nyershamutartalmát a Magyar Takarmánykódexben (2004) javasolt módszerekkel állapítottuk meg. A tejminták zsír-, fehérje-, laktóz-, szárazanyag- és zsírmentes szárazanyag-tartalmát 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, a Magyar Szabványban (MSZ ISO 5508:1992) leírtak szerint határoztuk meg. A kolonna típusa Supelco SP™ 2560 (100 m x 0,25 mm x 0,2 µm) volt. Vivőgázként H₂ szolgált. Nyomás: 176,8 kPa. Detector: FID. Áramlás: 35 ml/perc hidrogén, 30 ml/perc nitrogén, 300 ml/perc levegő. Hőmérséklet: injektor: 250 °C. Mintamennyiség: 1 µl. A zsír elszappanosítását metanolban oldott 1 n NaOH-dal végeztük. Az észterezés 10%-os metanolban oldott bór-trifluoriddal, a minta felvitele pedig hexánnal történt.

Statisztikai eljárások

A kísérleti eredmények statisztikai értékelését a SAS 9.1.3, illetve SPSS for Windows 15.0 programok segítségével (Kolmogorov-Smirnov teszt; t-próba, GLM/repeated measures, Kruskal-Wallis teszt, Mann-Whitney teszt) végeztük.

EREDMÉNYEK

Tejtermelés, tejösszetétel

Az alkalmazott takarmányozás tehenek tejtermelésére, továbbá a reggeli és esti tejminták összetételére gyakorolt hatását a 3. táblázatban foglaltuk össze. Az adatokból látható, hogy a kontroll és kísérleti csoport egyedeinek tejtermelése között nem kaptunk szignifikáns különbséget (22,47±0,99 vs. 21,46±1,42, sorrendben). A statisztikai analízis során megállapítottuk, hogy a mérési napnak, illetve a kezelés x napnak szignifikáns (min. P < 0,05) hatása van a tejmennyiségre vonatkozóan. A mérési nap szignifikáns hatása azzal magyarázható, hogy a tehenek tejtermelése a laktáció végére folyamatosan csökken. A kezelés x nap interakció pedig azt jelzi, hogy egyes tejtermelési napokon szignifikáns (min. P < 0,05) különbség volt a kontroll és a kísérleti csoport tejtermelése között. A rendelkezésre álló irodalmi adatokban a halolaj tejelő tehenek tejtermelésére gyakorolt hatásáról meglehetősen ellentmondásos eredmények találhatók. A kapott adatainkkal egyezően *AbuGhazaleh* (2008) 100 g halolaj és 300 g napraforgóolaj kombinált etetésekor, illetve *Bharathan et al.* (2008) 0,5% halolaj önálló etetésekor nem tapasztaltak változást a tejtermelésben. Ugyanakkor *Rego et al.* (2005) vizsgálatában a 160 és a 320 g/nap halolaj-kiegészítés hatására a termelt tej mennyisége csökkent. Ezzel ellentétben *Fatahnia et al.* (2008) eredményei alapján a 3% halolaj-kiegészítés növelte a tejtermelést (32,15 kg/nap) a kontrollcsoportéhoz (30,31 kg/nap) viszonyítva. Hasonló eredményeket kapott *Gonzalez és Bas* (2002) is, akik a tejtermelés szignifikáns mértékű növekedését (+3,4 l/állat) tapasztalták 3 és 6% halolaj-kiegészítést követően.

3. táblázat A napi átlagos tejtermelés és az elegej minták összetételének alakulása (n = 12)

Table 3. The daily average milk production and the composition of the morning and the evening milk (n = 12)

	Kontroll (1)	Kísérleti (2)
	csoport (3)	
Tejtermelés (kg/nap) (4)	22,47±0,99	21,46±1,42
A tej összetétele, % (m/m) (5)		
Tejzsír% (6)		
Reggel (7)	3,97±0,15 ^a	2,98±0,22 ^b
Este (8)	4,38±0,23 ^a	3,36±0,34 ^b
Tejfehérje% (9)		
Reggel	3,51±0,11	3,38±0,15
Este	3,56±0,12	3,47±0,13
Tejcukor% (10)		
Reggel	4,57±0,04	4,60±0,03
Este	4,57±0,07	4,58±0,07
Száranyag% (11)		
Reggel	12,70±0,21 ^a	11,62±0,28 ^b
Este	13,15±0,28 ^a	12,08±0,31 ^b

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)

(1) control, (2) experimental, (3) group, (4) milk production (kg/day), (5) composition of milk, (6) fat, (7) morning, (8) evening, (9) protein, (10) lactose, (11) dry matter

Az etetett takarmányadag szignifikáns mértékben csökkentette mind a reggeli, mind az esti tejminták esetében a tejzsír%-ot. A reggeli tejmintákban 0,99 százalékponttal, míg az esti tejkénel 1,02 százalékponttal csökkent a kísérleti csoport egyedeinél a tejzsír-koncentráció. A kezeléson kívül a kapott adatokra a mintavétel időpontjának, a napszaknak (reggel, este), illetve a kezelés x mintavételi időpontnak is szignifikáns hatása volt (min. P < 0,05). A tejzsír% jelentős mértékű csökkenése következtében a kísérleti tejmintákban szignifikánsan csökkent a szárazanyag mennyisége. Utóbbi paraméter a reggeli tejminták esetében 1,08 százalékponttal, míg az esti mintákban 1,07 százalékponttal csökkent. Ebben az esetben is igazoltuk a mintavételi időpont, a napszak, illetve a kezelés x mintavételi időpont, továbbá kezelés x mintavételi időpont x napszak szignifikáns hatását (min. P < 0,05). Kapott adatainkkal egyezően *Ramaswamy et al.* (2001) vizsgálatában a 2% halolajetetés hatására szignifikánsan csökkent a tejzsír% (2,58% vs. 3,31%), és a szárazanyag-koncentráció (11,47% vs. 12,46%). Hasonló eredményeket kaptak más szerzők is (*Donovan et al.* 2000, *Keady et al.* 2000, *Murphy et al.* 2008), míg *Gonzalez és Bas* (2002) nem tapasztaltak statisztikailag igazolható mértékű változást a tejzsír-tartalomban 3 és 6% halolaj alkalmazása esetén. A fehérje és a laktóz vonatkozásában nem kaptunk statisztikailag igazolható különbséget a kontroll és a kísérleti csoport között. Hasonló eredményről számolt be *Ramaswamy et al.* (2001), *Gonzalez és Bas* (2002), illetve *Bharathan et al.* (2008) is különböző részarányú (2%; 3 és 6%; illetve 0,5%, sorrendben) halolaj-kiegészítést követően. Más vizsgálatokban azonban a halolajetetés hatására a laktóztartalom növekedését (*Murphy et al.* 2008), továbbá a tejfehérje csökkenését tapasztalták (*Rego et al.* 2005, *AbuGhazaleh et al.* 2004).

Zsírsvaprofil

A kísérletben etetett takarmányadagok reggeli és esti tejminták zsírsvösszetételére gyakorolt hatását a 4. és 5. táblázatban foglaltuk össze. A telített zsírsavak (SFA) esetében a kísérleti csoport teje szignifikánsan nagyobb részarányban tartalmazta a C17:0; C20:0; C22:0 zsírsavakat a kontrollhoz képest mind a reggeli, mind pedig az esti tejmintákban. Ugyanakkor a C8:0; C10:0; C12:0; C13:0; C16:0; C18:0 zsírsavak részaránya szignifikánsan csökkent mindkét mintavételezési időpontban. Ennek következtében a kontroll és a kísérleti tejmintákban a telített zsírsavarány (SFA) vonatkozásában szignifikáns különbséget találtunk a reggeli (65,92% vs. 58,95%) és az esti (63,78% vs. 58,22%) tejminták között. Az említett telített zsírsavak részarányának szignifikáns mértékű csökkenését más halolajjal végzett vizsgálatok adatai is megerősítik (*Ramaswamy et al.* 2001, *Osiegowski et al.* 2007, *Murphy et al.* 2008). Kapott adatainkkal egyezően a halolaj-kiegészítést követően a hosszú szénláncú telített zsírsavak (pl. C20:0) növekedését *Mozzon et al.* (2002) kísérleti eredményei szintén igazolják. Fűszénázsalapú takarmányadag etetését követően az SFA részarányának csökkenését tapasztalták *Pesek et al.* (2008) is.

A 4. és az 5. táblázatban közölt adatokból látható, hogy az egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFA) részaránya – az olajsav (C18:1) kivételével – szignifikánsan nőtt a kísérleti takarmányadag etetésének hatására mind a reggeli, mind pedig az esti tejmintákban. A tejzsírban a t-9 C18:1 (elaidinsav) és a c-C18:1 (vakcénsav) részarányának növekedése táplálkozás-élettani szempontból kedvezőtlen változásnak tekinthető (*Willett et al.* 1993, *Hodgson et al.* 1996, *Mihályiné* 1997, *Hunter* 2005, *Martin et al.* 2005, *Micha és Mozaffarian* 2008, *Wandall* 2008). Eredményeinkhez hasonlóan *Whitlock et al.* (2006) is az említett zsírsavak növekedését tapasztalták halolaj és szója kombinált (0,33; 0,67 és 1%, sorrendben) etetésekor. Vizsgálatukban a t-9 C18:1 zsírsav részaránya 0,25 g/100 g zsírról 0,44 g/100 g zsírra, míg a c-C18:1 zsírsav mennyisége 0,44 g/100 g zsírról 0,51 g/100 g zsírra nőtt. Más szerzők is a transz-zsírsavak (TFA) növekedését tapasztalták 1; 2 és 3% halolaj, illetve 0,5% halolaj és 2% szója kombinált etetésekor (*Donovan et al.* 2000, *AbuGhazaleh et al.* 2004). A vakcénsav részarányának növekedését nemcsak halolaj, hanem legeltetést követően is leírták (*Bauman és Griinari* 2001, *Kolver et al.* 2002). Ennek oka, hogy a legelőfű gazdag C18:3 zsírsavban és a bendőbeli biohidrogénezés folyamatában a vakcénsav (c-C18:1) egy köztes termék.

A C18:1 és a vizsgált TFA (t-9 C18:1) adatainak részletesebb értékelésekor megfigyeltük, hogy a 3 hétig tartó előtetési szakaszt követően – a kísérlet 5–7. hete között – a C18:1 zsírsav részaránya jelentősen csökkent, míg a t-9 C18:1 zsírsav részaránya ugrásszerűen megnőtt (*I. ábra*). Ezt követően a vizsgált TFA részaránya mind a reggeli, mind az esti tejmintákban folyamatosan mérséklődött (8–9. hét). Ez a tény egyértelműen felhívja a figyelmet arra, hogy az ilyen típusú kísérletek esetében hosszabb vizsgálati szakaszt kell alkalmazni, mivel a rövid ideig tartó kísérletek félrevezető eredményt adhatnak. Az elvégzett korrelációvizsgálat során megállapítottuk, hogy a C18:1 és a t-9 C18:1 zsírsavak között igen szoros ($-0,902$; $P < 0,01$) negatív korreláció van. Ez a rendelkezésre álló irodalmi adatokkal összhangban van. Adatainkkal egyezően *Ramaswamy et al.* (2001), *Palmquist és Griniari* (2006),

illetve *Murphy et al.* (2008) szintén a t-9 C18:1 zsírsav növekedését tapasztalták halolaj, és halolaj + napraforgóolaj kombinált kiegészítése során. Más szerzők a c-C18:1 zsírsav nagyobb részarányú növekedését is megfigyelték az említett olajkiegészítések alkalmazását követően (*Ramaswamy et al.* 2001, *Mozzon et al.* 2002, *Palmquist és Griniari* 2006, *AbuGhazaleh* 2008). Meg kell említeni azt is, hogy a kísérleti csoport egyedeinek tejében jelentős mértékben megnőtt a nem azonosított zsírsavak mennyisége. Ez pozitív és negatív élettani hatással rendelkező zsírsavakat egyaránt magába foglalhat.

A 4. és az 5. táblázat adatai szerint a kidolgozott fűalapú takarmányadag és az omega-3 zsírkészítmény együttes etetése szignifikánsan megnövelte a többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) részarányát a tejsírban. A kontroll egyedek reggeli és esti tejéhez viszonyítva a következő PUFA zsírsavak részarányának szignifikáns növekedését tapasztaltuk: C18:3, C20:5, C22:5, továbbá CLA (c9,t11; t10,c12; c9,c11; t9,t11) izomerek. A kontroll tejben C22:6 zsírsavat nem tudtunk kimutatni, ugyanakkor a dokozahexaénsav a kísérleti tehének reggeli és esti tejében 0,05 g/100 g zsír mennyiségben megjelent. Az n-3 zsírsavakkal ellentétben számos n-6 zsírsav részaránya szignifikánsan csökkent (C20:3; C20:4; C22:4), miközben a linolsav (C18:2, LA) mennyisége kismértékben nőtt (NS). Az n-6/n-3 arány mind a reggeli (7,48:1 vs. 3,79:1), mind az esti (8,00:1 vs. 3,69:1) elegytej mintákban jelentős mértékben szűkült (kontroll vs. kísérleti, sorrendben). Ez az irodalmi adatok szerint humántáplálkozási szempontból számos betegség (pl. szív- és érrendszeri) megelőzésében előnyös lehet (*Wahrburg* 2004, *Thorsdottir et al.* 2004, *Simopoulos* 2008).

Az n-3 zsírsavak részarányának növekedését különböző dózisu halolaj önálló és kombinált (halolaj–szójaolaj) etetésének hatására más vizsgálatokban is megállapították (*Donovan et al.* 2000, *Ramaswamy et al.* 2001, *Whitlock et al.* 2006). A linolénsav (C18:3, n-3) részarányának növekedése elsősorban a fűalapú takarmányozásra vezethető vissza. A halolaj önálló és napraforgóolajjal történő kombinált etetésekor ugyanis a C18:3 zsírsav részaránya más szerzők kísérletében csökkent (*AbuGhazaleh és Holmes* 2007, *Cruz-Hernandez et al.* 2007). *White et al.* (2001) vizsgálatában a kukoricaszilázs-alapú takarmányadaghoz viszonyítva a legelőfű mind a *holstein-fríz*, mind pedig a *jersey* fajta esetében szignifikánsan ($P < 0,01$) növelte a linolénsav részarányát a tejben. A PUFA zsírsavak növekedését fű- és lucernaszilázs-alapú takarmányozás mellett más szerzők adatai is alátámasztják (*Jahreis et al.* 1997).

A CLA-ra vonatkozó pozitív eredményünket a rendelkezésre álló irodalmak adatai szintén megerősítik. Így pl. *Bharathan et al.* (2008) vizsgálatában a takarmányadag 0,5% halolajjal történő kiegészítése esetén a CLA részaránya szignifikánsan nőtt (0,52 g/100 g zsír vs. 0,90 g/100 g zsír). A tej CLA-tartalmának növekedését a halolaj önálló, illetve szójaolajjal történő kombinált etetésekor ugyancsak igazolták (*Donovan et al.* 2000, *AbuGhazaleh et al.* 2004, *Murphy et al.* 2008). Oka lehet a CLA növekedésének az is, hogy a fűalapú takarmányozás szintén növeli a tejsír CLA- (különösen a c9, t11-C18:2) tartalmát (*Kelly et al.* 1998, *Dhiman et al.* 1999, *White et al.* 2001). Ismert az is, hogy a tejsír CLA-tartalmát nemcsak az alkalmazott zsírkiegészítés, hanem a laktációk száma, a takarmányadag típusa és a szezon is befolyásolja (*Lawless et al.* 1998, *Lock és Garnsworthy* 2003). Ugyanakkor a hal- és lenolaj alkalmazásakor a CLA-növekedés mellett a transz-zsírsavak emelkedésére is számítani lehet (*Ramaswamy et al.* 2001, *Baer et al.* 2001, *Toral et al.* 2010).

4. táblázat A kontroll és a kísérleti csoport tejének zsírsavösszetétele
(reggeli elegytej minták, n = 12; g zsírsav/100 g zsír)

Table 4. Fatty acid profile of control and experimental group
(in the morning, n = 12; g fatty acid/100 g fat)

Zsírsav (1)	Kontroll (2)	Kísérleti (3)
C _{8:0} : kaprilsav (<i>caprylic acid</i>)	0,98±0,07 ^a	0,79±0,05 ^b
C _{10:0} : kaprinsav (<i>capric acid</i>)	2,49±0,08 ^a	1,98±0,18 ^b
C _{11:0} : undekánsav (<i>undecanoic acid</i>)	0,31±0,00	0,30±0,08
C _{12:0} : laurinsav (<i>lauric acid</i>)	3,16±0,14 ^a	2,66±0,23 ^b
C _{13:0} : tridekánsav (<i>tridecanoic acid</i>)	1,19±0,01 ^a	0,16±0,01 ^b
C _{14:0} : mirisztinsav (<i>myristic acid</i>)	10,63±0,39	10,54±0,58
C _{15:0} : pentadekánsav (<i>pentadecanoic acid</i>)	1,02±0,02	1,16±0,34
C _{16:0} : palmitinsav (<i>palmitic acid</i>)	35,43±0,52 ^a	33,37±0,47 ^b
C _{17:0} : heptadekánsav (<i>heptadecanoic acid</i>)	0,59±0,02 ^b	0,77±0,02 ^a
C _{18:0} : sztearinsav (<i>stearic acid</i>)	9,93±0,71 ^a	6,95±0,97 ^b
C _{20:0} : arachidsav (<i>arachidic acid</i>)	0,15±0,01 ^b	0,22±0,03 ^a
C _{22:0} : behénsav (<i>behenic acid</i>)	0,04±0,00 ^b	0,05±0,00 ^a
SFA: Telített zsírsavak (<i>Saturated fatty acids</i>)	65,92±0,71 ^a	58,95±1,68 ^b
C _{14:1} : mirisztoleinsav (<i>myristoleic acid</i>)	0,97±0,05 ^b	1,44±0,06 ^a
C _{16:1} : palmitoleinsav (<i>palmitoleic acid</i>)	2,17±0,09 ^b	2,95±0,17 ^a
C _{17:1} : heptadecénsav (<i>heptadecanoic acid</i>)	0,19±0,01 ^b	0,27±0,02 ^a
C _{18:1} : olajsav (<i>oleic acid</i>)	22,98±0,53 ^a	19,50±1,89 ^b
c-C _{18:1} : vakkénsav (<i>vaccenic acid</i>)	0,64±0,05 ^b	0,79±0,04 ^a
9t-C _{18:1} : elaidinsav (<i>elaidic acid</i>)	1,54±0,14 ^b	5,60±1,54 ^a
C _{20:1} : eikozénsav (<i>eicosenoic acid</i>)	0,13±0,00 ^b	0,21±0,02 ^a
MUFA: Egyszeresen telítetlen zsírsavak (<i>Monounsaturated fatty acids</i>)	28,62±0,67 ^b	30,76±1,12 ^a
C _{18:2} (n-6): linolsav (<i>linoleic acid</i>)	2,50±0,23	2,68±0,39
CLA 1 (c9, t11): konjugált linolsav (<i>conjugated linoleic acid</i>)	0,42±0,02 ^b	1,44±0,39 ^a
CLA 2 (t10, c12): konjugált linolsav (<i>conjugated linoleic acid</i>)	0,02±0,00 ^b	0,05±0,01 ^a
CLA 3 (c9, c11): konjugált linolsav (<i>conjugated linoleic acid</i>)	0,02±0,00 ^b	0,06±0,00 ^a
CLA 4 (t9, t11): konjugált linolsav (<i>conjugated linoleic acid</i>)	0,03±0,00 ^b	0,05±0,00 ^a
C _{18:3} (n-3): linolénsav (<i>linolenic acid</i>)	0,32±0,04 ^b	0,59±0,05 ^a
C _{18:3} (n-6): γ-linolénsav (<i>γ-linolenic acid</i>)	0,03±0,00 ^a	0,01±0,00 ^b
C _{20:2} (n-6): eikozadiénsav (<i>eicosadienoic acid</i>)	0,03±0,00	0,04±0,00
C _{20:3} (n-6): eikozatriénsav (<i>eicosatrienoic acid</i>)	0,12±0,00 ^a	0,09±0,01 ^b
C _{20:4} (n-6): arachidonsav (<i>arachidonic acid</i>)	0,18±0,00 ^a	0,13±0,01 ^b
C _{20:5} (n-3): eikozapentaénsav (<i>eicosapentaenoic acid</i>)	0,02±0,00 ^b	0,06±0,01 ^a
C _{22:2} (n-6): dokozadiénsav (<i>docosadienoic acid</i>)	0,01±0,00	0,02±0,00
C _{22:4} (n-6): dokozatetraénsav (<i>docosatetraenoic acid</i>)	0,05±0,00 ^a	0,03±0,00 ^b
C _{22:5} (n-3): dokozapentaénsav (<i>docosapentaenoic acid</i>)	0,05±0,00 ^b	0,09±0,00 ^a
C _{22:6} (n-3): dokozahexaénsav (<i>docosahexaenoic acid</i>)	–	0,05±0,02
PUFA: Többszörösen telítetlen zsírsavak (<i>Polyunsaturated fatty acids</i>)	3,83±0,29 ^b	5,45±0,53 ^a
UFA: Telítetlen zsírsavak (<i>Unsaturated fatty acids</i>)	32,45	36,21
Egyéb zsírsav (4)	1,63	4,84
Σn6	2,92	3,00
Σn3	0,39	0,79
n-6/n3 arány	7,48	3,79

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)

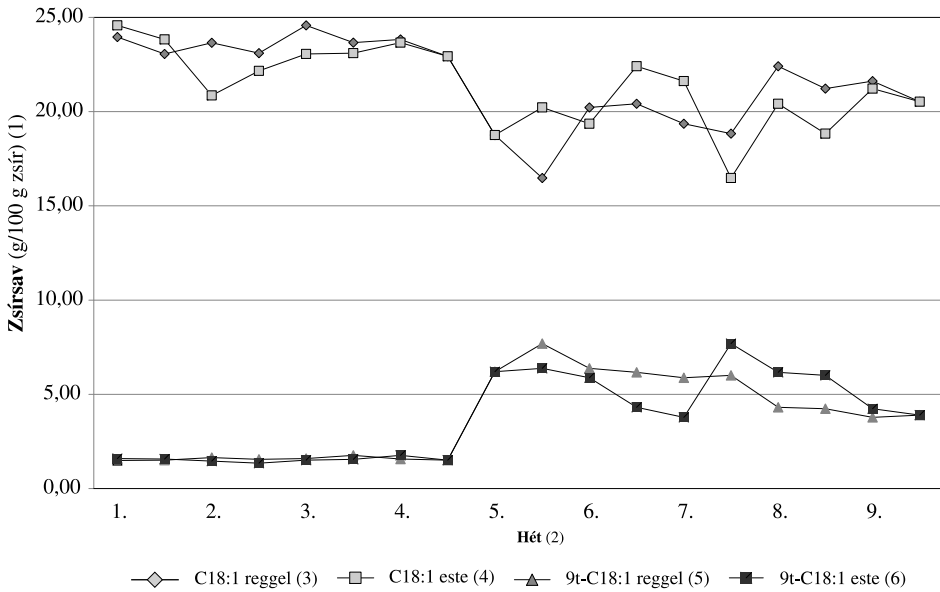
(1) fatty acid, (2) control, (3) experimental, (4) non identified fatty acid

5. táblázat A kontroll és a kísérleti csoport tejének zsírsavösszetétele
(esti elegejy minták, n = 12; g zsírsav/100 g zsír)

Table 5. Fatty acid profile of control and experimental group
(in the evening, n = 12; g fatty acid/100 g fat)

Zsírsav (1)	Kontroll (2)	Kísérleti (3)
C _{8:0} : kaprilsav (<i>caprylic acid</i>)	0,94±0,03 ^a	0,79±0,07 ^b
C _{10:0} : kaprinsav (<i>capric acid</i>)	2,39±0,12 ^a	1,97±0,22 ^b
C _{11:0} : undekánsav (<i>undecanoic acid</i>)	0,34±0,07	0,28±0,02
C _{12:0} : laurinsav (<i>lauric acid</i>)	3,07±0,17 ^a	2,62±0,26 ^b
C _{13:0} : tridekánsav (<i>tridecanoic acid</i>)	0,19±0,00 ^a	0,16±0,01 ^b
C _{14:0} : mirisztinsav (<i>myristic acid</i>)	10,48±0,45	10,31±0,50
C _{15:0} : pentadekánsav (<i>pentadecanoic acid</i>)	1,00±0,03	1,04±0,06
C _{16:0} : palmitinsav (<i>palmitic acid</i>)	34,73±0,38 ^a	32,62±0,31 ^b
C _{17:0} : heptadekánsav (<i>heptadecanoic acid</i>)	0,57±0,00 ^b	0,76±0,02 ^a
C _{18:0} : sztearinsav (<i>stearic acid</i>)	9,88±0,54 ^a	7,39±0,74 ^b
C _{20:0} : arachidsav (<i>arachidic acid</i>)	0,15±0,01 ^b	0,23±0,03 ^a
C _{22:0} : behénsav (<i>behenic acid</i>)	0,04±0,00 ^b	0,05±0,00 ^a
SFA: Telített zsírsavak (<i>Saturated fatty acids</i>)	63,78±0,76 ^a	58,22±1,40 ^b
C _{14:1} : mirisztoleinsav (<i>myristoleic acid</i>)	1,00±0,06 ^b	1,43±0,10 ^a
C _{16:1} : palmitoleinsav (<i>palmitoleic acid</i>)	2,28±0,06 ^b	2,91±0,26 ^a
C _{17:1} : heptadecénsav (<i>heptadecanoic acid</i>)	0,20±0,00 ^b	0,28±0,02 ^a
C _{18:1} : olajsav (<i>oleic acid</i>)	23,75±0,66 ^a	20,47±0,52 ^b
c-C _{18:1} : vakcénsav (<i>vaccenic acid</i>)	0,69±0,02 ^b	0,78±0,03 ^a
9t-C _{18:1} : elaidinsav (<i>elaidic acid</i>)	1,56±0,06 ^b	5,31±1,18 ^a
C _{20:1} : eikozénsav (<i>eicosenoic acid</i>)	0,13±0,00 ^b	0,23±0,02 ^a
MUFA: Egyszeresen telítetlen zsírsavak (<i>Monounsaturated fatty acids</i>)	29,61±0,70 ^b	31,41±0,99 ^a
C _{18:2} (n-6): linolsav (<i>linoleic acid</i>)	2,61±0,13	2,73±0,23
CLA 1 (c9, t11): konjugált linolsav (<i>conjugated linoleic acid</i>)	0,43±0,02 ^b	1,38±0,26 ^a
CLA 2 (t10, c12): konjugált linolsav (<i>conjugated linoleic acid</i>)	0,03±0,00 ^b	0,04±0,01 ^a
CLA 3 (c9, c11): konjugált linolsav (<i>conjugated linoleic acid</i>)	0,02±0,00 ^b	0,06±0,00 ^a
CLA 4 (t9, t11): konjugált linolsav (<i>conjugated linoleic acid</i>)	0,03±0,00 ^b	0,05±0,01 ^a
C _{18:3} (n-3): linolénsav (<i>linolenic acid</i>)	0,31±0,01 ^b	0,62±0,10 ^a
C _{18:3} (n-6): γ-linolénsav (<i>γ-linolenic acid</i>)	0,03±0,00 ^a	0,01±0,00 ^b
C _{20:2} (n-6): eikozadiénsav (<i>eicosadienoic acid</i>)	0,03±0,00	0,04±0,00
C _{20:3} (n-6): eikozatriénsav (<i>eicosatrienoic acid</i>)	0,12±0,00 ^a	0,10±0,00 ^b
C _{20:4} (n-6): arachidonsav (<i>arachidonic acid</i>)	0,19±0,00 ^a	0,14±0,02 ^b
C _{20:5} (n-3): eikozapentaénsav (<i>eicosapentaenoic acid</i>)	0,02±0,00 ^b	0,06±0,00 ^a
C _{22:2} (n-6): dokozadiénsav (<i>docosadienoic acid</i>)	0,01±0,00	0,02±0,00
C _{22:4} (n-6): dokozatetraénsav (<i>docosatetraenoic acid</i>)	0,05±0,00 ^a	0,03±0,00 ^b
C _{22:5} (n-3): dokozapentaénsav (<i>docosapentaenoic acid</i>)	0,05±0,00 ^b	0,10±0,00 ^a
C _{22:6} (n-3): dokozahexaénsav (<i>docosahexaenoic acid</i>)	–	0,05±0,02
PUFA: Többszörösen telítetlen zsírsavak (<i>Polyunsaturated fatty acids</i>)	3,95±0,15 ^b	5,49±0,50 ^a
UFA: Telítetlen zsírsavak (<i>Unsaturated fatty acids</i>)	33,56	36,90
Egyéb zsírsav (4)	2,66	4,88
Σn6	3,04	3,07
Σn3	0,38	0,83
n-6/n3 arány	8,00	3,69

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), as in Table 4.



1. ábra A C18:1 és a t-9 C:18 (elaidinsav) részarányának változása az előtetetés (1–3. hét) és a kísérleti szakasz (4–9. hét) során (g zsírsav/100 g zsír)

Figure 1. Changes in the ratio of C18:1 and t-9 C:18 fatty acid during preliminary (1–3. weeks) and experimental (4–9. weeks) period (g fatty acid/100 g fat)

- (1) fatty acid, g/100 g fat, (2) week, (3) C18:1 (morning),
 (4) C18:1 (evening), (5) 9-t C18:1 (morning), (6) 9-t C18:1 (evening)

KÖVETKEZTETÉSEK

Az elvégzett kísérletről összefoglalóan megállapítható, hogy a kidolgozott fűszénázsalapú takarmányozás és a továbbfejlesztett omega-3 zsírkészítmény alkalmazása nem befolyásolta a tehenek tejtermelését, illetve a tej fehérje- és laktóztartalmát. Szignifikáns mértékben csökkent ugyanakkor a reggeli és az esti tejmintákban a zsírtartalom, és ennek következtében a szárazanyag-tartalom is. A zsírsavösszetétel tekintetében pozitív és negatív hatásokat egyaránt tapasztaltunk. Megállapítottuk, hogy az összeállított takarmányadag a fontosabb n-3 zsírsavak (pl. ALA, EPA, DPA és DHA), továbbá a CLA izomerek (pl. c9,t11; t10,c12) részarányát szignifikánsan javította. Ez egyben megnövelte a tej PUFA-tartalmát, illetve szűkítette az n-6/n-3 arányt mind a reggeli, mind az esti elegytej mintákban. A kedvező hatások mellett a transz-zsírsavak (t-9-C18:1) mennyisége szignifikáns mértékben nőtt, ami humántáplálkozási szempontból kedvezőtlen változásnak tekinthető. A kísérleti takarmányadag etetésének megkezdését követően mért kiugróan magas transz-zsírsav mennyiség fokozatosan csökkenő tendenciát mutatott. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy az olyan típusú kísérletekben, ahol a tejszírsav-összetétel módosítása a fő cél, célszerű hosszabb vizsgálati szakaszt beiktatni.

Effect of combined utilisation of grass haylage based diet and fish oil based coated fat supplement on fatty acid profile in milk

TAMÁS TÓTH¹ – ERNA VISZKET¹ – ÉVA CSAVAJDA² –
ATTILA TANAI³ – HEDVIG FÉBEL⁴

¹ University of West Hungary
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Department of Animal Nutrition
Mosonmagyaróvár

² University of West Hungary
Faculty of Agricultural and Food Sciences
Department of Medicinal and Aromatic Plants
Mosonmagyaróvár

³ Adexgo Ltd.
Balatonfüred

⁴ Research Institute for Animal Breeding and Nutrition
Herceghalom

SUMMARY

The effects of combined utilisation of grass haylage based ration and fish oil based coated fat supplement (*Adexgo-1*, produced by Adexgo Ltd., Balatonfüred) feeding on the yield, the composition and the fatty acid content of milk were examined using *Holstein-Friesian* cows (n = 80) in a farm trial. Morning and evening milk samples were collected and tested. It was found that feeding the preserved grass based ration and the omega-3 fat supplement had no influence on milk production, and/or on milk protein and lactose content. In contrast, dry matter and fat content decreased significantly (P < 0.05) in the morning and evening milk samples. The rate of C17:0; C20:0; C22:0 fatty acids from the group of saturated fatty acids (SFA) significantly increased (P < 0.05), whereas the rate of C8:0; C10:0; C12:0; C13:0; C16:0; C18:0 significantly decreased in the samples collected from the experimental group. Due to feeding experimental diet, the percentage of monounsaturated fatty acids (MUFA) – except oleic acid (C18:1) – increased significantly both in the morning and evening milk samples. The rate of trans fatty acids (TFA) increased up to 3.40 and 3.64-fold in the evening and morning milk samples, respectively. The high quantity of TFAs measured after feeding experimental diet showed a gradually decreasing trend. The experimental diet significantly improved the percentage of the major n-3 fatty acids (C18:3, C20:5, C22:5 and C22:6) and the tested CLA isomers. It also increased the PUFA content of milk and narrowed the n-6/n-3 ratio both in the morning (7.48:1 vs. 3.79:1) and evening (8.00:1 vs. 3.69:1) milk samples (control vs. experimental, respectively).

Keywords: dairy cow, fish oil, bypass fat supplement, omega-3, CLA, fatty acid profile.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton mondunk köszönetet a *Solum Zrt.* és az *Adware Research Kft.* munkatársainak a vizsgálatok elvégzéséhez nyújtott segítségükért. A kutatási munkát az *Adexgo Kft.* a *GOP 1.1.1-08/1-2008-0024* azonosító számú pályázati keretéből támogatta.

FELHASZNÁLT 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. *American Dairy Science* **90**, (6) 2897–2904.
- 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. *Journal of Dairy Science* **87**, (6) 1758–1766.
- AbuGhazaleh, A. A.* (2008): Effect of fish oil and sunflower oil supplementation on milk conjugated linoleic acid content for grazing dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* **141**, (3) 220–232.
- Addis, M. – Cabiddu, A. – Pinna, G. – Decandia, M. – Piredda, G. – Pirisi, A. – Molle, G.* (2005): Milk and cheese fatty acid composition in sheep fed Mediterranean forages with reference to conjugated linoleic acid cis-9, trans-11. *Journal of Dairy Science* **88**, (10) 3443–3454.
- 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. *Journal of Dairy Science* **84**, (2) 345–353.
- Bauman, D. E. – Griinari, J. M.* (2001): Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science* **70**, (1–2) 15–29.
- Bharathan, M. – Schingoethe, D. J. – Hippen, A. R. – Kalscheur, K. F. – Gibson, M. L.* (2008): Conjugated linoleic acid increases in milk from cows fed condensed corn distillers solubles and fish oil. *Journal of Dairy Science* **91**, (7) 2796–2807.
- Cabiddu, A. – Addis, M. – Pinna, G. – Decandia, M. – Sitzia, M. – Piredda, G. – Pirisi, A. – Molle, G.* (2006): Effect of corn and beet pulp based concentrates on sheep milk and cheese fatty acid composition when fed Mediterranean fresh forages with particular reference to conjugated linoleic acid cis-9, trans-11. *Animal Feed Science and Technology* **131**, (3) 292–311.
- Cruz-Hernandez, C. – Kramer, J. K. G. – Kennelly, 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 constant level of fish oil. *Journal of Dairy Science* **90**, (8) 3786–3801.
- Dhiman, T. R. – Anand, G. R. – Satter, L. D. – Pariza, M. W.* (1999): Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *Journal of Dairy Science* **82**, (10) 2146–2156.
- Donovan, D. C. – Schingoethe, D. J. – Bear, R. J. – Ryali, J. – Hippen, A. R. – Franklin, S. T.* (2000): influence if dietary fish oil on conjugated linoleic acid and other fatty acids in milk fat from lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* **83**, (11) 2620–2628.
- Elgersma, A. – Tamminga, S. – Ellen, G.* (2006): Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science and Technology* **131**, (3–4) 207–225.
- 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-Australasian Journal of Animal Science* **21**, (3) 386–391.
- Gonzalez, F. – Bas, F.* (2002): Effects of a hydrogenated fish oil on milk production in Holstein Friesian dairy cows. *Ciencia e Investigacion Agraria* **29**, (2) 73–82.
- Hagemeister, H. – Voigt, J.* (2001): A takarmányozás hatása a tehéntej kedvező zsírsavösszetételére. *Takarmányozás*. **4**, (3) 7–11.

- Hodgson, J. M. – Wahlqvist, M. L. – Boxall, J. A. – Balazs, N. D.* (1996): Platelet trans fatty acids in relation to angiographically assessed coronary artery disease. *Atherosclerosis* **120**, (1–2) 147–154.
- Hunter, J. E.* (2005): Dietary levels of trans-fatty acids: basis for health concerns and industry efforts to limit use. *Nutrition Research* **25**, (5) 499–513.
- Jahreis, G. – Fritsche, J. – Steinhart, H.* (1997): Conjugated linoleic acid in milk fat: high variation depending on production system. *Nutrition Research* **17**, (9) 1479–1484.
- Jones, D. F. – Weiss, W. P. – Palquist, D. L.* (2000): Short Communication: Influence of dietary tallow and fish oil on milk fat composition. *Journal of Dairy Science* **83**, (9) 2024–2026.
- Judd, J. T. – Clevidence, B. A. – Muesing, R. A. – Wittes, J. – Sunkin, M. E. – Podeszasy, J. J.* (1994): Dietary trans fatty acids effects of plasma lipids and lipoproteins of health men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition* **59**, (4) 861–868.
- Jump, D. B.* (2002): The Biochemistry of n-3 Polyunsaturated Fatty Acids. *The Journal of Biological Chemistry* **277**, (11) 8755–8758.
- Kalscheur, K. F. – Teter, B. B. – Piperova, L. S. – Erdman, R. A.* (1997): Effect of dietary forage concentration and buffer addition on duodenal flow of trans-C18:1 fatty acids and milk fat production in dairy cows. *Journal of Dairy Science* **80**, (9) 2104–2114.
- 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. *Journal of Dairy Research* **67**, (2) 137–153.
- Kelly, M. L. – Kolver, E. S. – Bauman, D. E. – Van Amburgh, M. E. – Muller, L. D.* (1998): Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *Journal of Dairy Science* **81**, (6) 1630–1636.
- 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. *British Journal of Nutrition* **91**, (2) 271–277.
- Kolver, E. S. – de Veth, M. J. – Roche, J. R. – Chand, A.* (2002): Enhancing ruminal concentration of conjugated linoleic acid and trans vaccenic acid. *Journal of Dairy Science* **85**, (1) 183.
- 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 Journal of Animal Science* **50**, (7) 311–319.
- 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. *Archives of Animal Nutrition* **62**, (1) 60–69.
- Lacasse, P. – Kennelly, J. J. – Delbecch, L. – Ahnadi, C. E.* (2002): Addition of protected and unprotected fish oil to diets for dairy cows. I. Effects on the yield, composition and taste of milk. *Journal of Dairy Research* **69**, (4) 511–520.
- Lawless, F. – Murphy, J. J. – Harrington, D. – Devery, R. – Stanton, C.* (1998): Elevation of conjugated cis-9, trans-11-Octadecadienoic acid in bovine milk because of dietary supplementation. *Journal of Dairy Science* **81**, (12) 3259–3267.
- Lock, A. L. – Garnsworthy, P. C.* (2003): Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and Δ^9 -desaturase activity in dairy cows. *Livestock Production Science* **79**, (1) 47–59.
- Martin, C. A. – Carapelli, R. – Visantainer, J. V. – Matsushita, M. – Souza, de N. E.* (2005): Trans fatty acid content of Brazilian biscuits. *Food Chemistry* **93**, 445–448.
- Mel'uchová, B. – Blaško, J. – Kubinec, R. – Górová, R. – Dubravská, J. – Margetín, M. – Soják, L.* (2008): Seasonal variations in fatty acid composition of pasture forage plants and CLA content in ewe milk fat. *Small Ruminant Research* **78**, (1–3) 56–65.
- Micha, R. – Mozaffarian, D.* (2008): Trans fatty acids: Effects on cardiometabolic health and implications for policy. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids* **79**, (3–5) 147–152.
- Mihályi Gy.-né* (1997): Transz-zsírsavak élelmiszereinkben. *A Hús* **7**, (4) 187–189.
- 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 Technology and Biotechnology* **40**, (3) 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. *Livestock Science* **116**, (1) 332–337.
- 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. *Journal of Animal Science* **69**, (3) 613–625.
- Osiegowski, S. – Strzetelski, J. A. – Zymon, M. – Kowalczyk, J. (2007): Effect of fish oil and high or low linolenic acid linseed or rapeseed on fatty acid composition of cow's milk. *Annals of Animal Science* **7**, (1) 63–74.
- Palmquist, D. L. – Griinari, J. M. (2006): Milk fatty acid composition in response to reciprocal combinations of sunflower and fish oils in the diet. *Animal Feed Science and Technology* **131**, (3) 358–369.
- Pesek, M. – Samkova, E. – Spicka, J. (2008): Evaluation of changes in the content of adverse saturated fatty acids in cow milk with a view to optimising the composition of milk fat. *Milchwissenschaft* **63**, (1) 33–36.
- 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. *Journal of Dairy Science* **87**, (11) 3889–3899.
- Potkański, A. – Szumacher-Strabel, M. – Cieślak, A. (2009): Effect of enrichment the summer feeding ration for milking cows with mixture of fish oil and rapeseed oil on selected rumen parameters and milk fatty acid profile. *Animal Science Papers and Reports* **27**, (2) 83–93.
- 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. *Journal of Dairy Science* **84**, (10) 2144–2151.
- Rego, O. A. – Rosa, H. J. D. – Portugal, P. – Corfeoro, 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. *Livestock Production Science* **95**, 27–33.
- Ribács A. – Schmidt J. (2006): Lenolajalapú Ca-szappan felhasználása a tehéntej zsírsavösszetételének módosítására. *Acta Agronomica Óváriensis* **48**, (1) 80–81.
- Rymer, C. – Givens, D. I. – Wahle, K. W. J. (2003): Dietary strategies for increasing docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA) concentrations in bovine milk: a review. *Livestock Feeds and Feeding* **73**, (4) 9–25.
- Schmidt J. – Husvéth F. – Sipőcz J. – Fábrián J. – Tóth T. (2008): Dietary manipulations to increase the concentration of conjugated linoleic acid in milk. *Acta Alimentaria Hungarica* **37**, (1) 53–63.
- Scollan, N. D. – Dewhurst, R. J. – Moloney, A. P. – Murphy, J. J. (2005): Improving the quality of products from grassland. In: McGiloway, D. A. (Ed.), *Grassland: a global resource*. XX. IGC. 41–56.
- 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. *Journal of Dairy Science* **89**, (2) 714–732.
- Simopoulos, A. (2008): The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic disease. *Experimental Biology and Medicine* **233**, (6) 674–688.
- Thorsdottir, I. – Hill, J. – Ramel, A. (2004): Omega-3 fatty acid supply from milk associates with lower type 2 diabetes in men and coronary heart disease in women. *Preventive Medicine* **39**, (3) 630–634.
- Toral, P. G. – Frutos, P. – Hervás, G. – Gómez-Cortés, P. – Juárez, M. – de la Fuente, 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. *Journal of Dairy Science* **93**, (4) 1604–1615.
- Varga-Visi É. – Csapó J. (2003): Increase of conjugated linoleic acid content of dairy food by feeding. *Agriculturae Conspectus Scientificus* **68**, (4) 293–296.
- Várhegyi, J. – Fébel H. – Schmidt J. – Lehel L. – Hajda Z. – Várhegyi J.-né (2007): Összefüggés a nagy tejtermelésű tehenek tejének zsírtartalma és annak zsírsavösszetétele között, eltérő rostellátás és a takarmány zsírikgészítése esetén. *Állattenyésztés és Takarmányozás* **56**, (4) 343–354.
- Wahrburg, U. (2004): What are the health effects of fat? *European Journal of Nutrition* **43**, (1) 1/6–1/11.

- Wandall, B.* (2008): The controversy over trans fatty acids: Effects early in life. *Food and Chemical Toxicology* **46**, (12) 3571–3579.
- White, S. L. – Bertrand, J. A. – Wade, M. R. – Washburn, S. P. – Green, J. T. – Jenkins, T. C.* (2001): Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science* **84**, (10) 2295–2301.
- Whitlock, L. A. – Schingoethe, D. J. – AbuGhazaleh, A. R. – Hippen, A. R. – Kalscheur, K. F.* (2006): Milk production and composition from cows fed small amounts of fish oil with extruded soybeans. *Journal of Dairy Science* **89**, (10) 3972–3980.
- Wijesundera, C. – Shen Zhiping Wales, W. J. – Dalley, D. E.* (2003): Effect of cereal grain and fibre supplements on the fatty acid composition of milk fat of grazing dairy cows in early lactation. *Journal of Dairy Research* **70**, (3) 257–265.
- Willett, W. C. – Stampfer, J. M. – Manson, J. E. – Colditz, G. A. – Speizer, F. E. – Rosner, B. A. – Sampson, L. A. – Hennekens, C. H.* (1993): Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *The Lancet* **341**, (8845) 581–586.

A szerzők címe – Address of the authors:

TÓTH Tamás – VISZKET Erna – CSAVAJDA Éva
Nyugat-magyarországi Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.

FÉBEL Hedvig
Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet
H-2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.

TANAI Attila
Adexgo Kft.
H-8230 Balatonfüred, Völgy u. 41.