

## A lenmag etetés hatása a tej zsírsavösszetételére

Süli Ágnes<sup>1</sup> – Béri Béla<sup>2</sup> – Csapó János<sup>3</sup> – Vargáné Visi Éva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar, Takarmányozástani és Műszaki Intézet, Hódmezővásárhely

<sup>2</sup>Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet, Debrecen

<sup>3</sup>Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar, Kémia-Biokémia Tanszék, Kaposvár  
suli@mgk.u-szeged.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

*Az utóbbi évtizedek számos kutatása irányult az állati eredetű élelmiszerek összetételének megváltoztatására. Az egészségmegőrző táplálkozás előtérbe kerülésével a kedvezőbb zsírsav-összetételű tej és tejtermékek előállítása kiemelt hangsúlyt kapott. Az ilyen irányú kísérleteket az motiválta, hogy a tejsír zsírsavösszetétele nem minden tekintetben felelt meg az egészségtudatos táplálkozási elvárásoknak. A takarmány megfelelő zsírkiegészítésével növelhető a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége, valamint csökkenthető a telített zsírsavak koncentrációja. Kísérletünkben sem a hidegen sajtolt lenmag, sem az egész lenmag kiegészítés során nem csökkent a tej nyerszsír tartalma, más szerzők által tapasztaltakkal ellentétben. A hidegen sajtolt lenmag kiegészítésnél az egyszerűen és a többszörösen telítetlen zsírsavak esetében a legjelentősebb változás az elaidinsav, az olajsav, a linolsav, az alfa-linolénsav, és a konjugált linolsav c9t11 koncentrációjában volt megfigyelhető. A telített zsírsavak közül a palmitinsav és a margarinsav aránya csökkent jelentős mértékben. Az egész lenmag etetésének vizsgálatakor a tejsír telített zsírsavai közül számos zsírsav (kaprilsav, kaprinsav, laurinsav, mirisztinsav, palmitinsav) koncentrációja csökkent. Egyes telítetlen zsírsavak mennyisége pedig határozott növekedést mutatott a lenmag etetését követően, így az olajsav, az alfa-linolénsav, c9t11 konjugált linolsav, és az eikoadiénsav. A vizsgálatok célja a megváltozott fogyasztói igényeket is kielégítő élelmiszer előállítása. A humán egészségügyi szempontból kedvezőbb zsírsav összetételű tej előállítása lehetőséget adhat az állati eredetű termékek népszerűsítésére.*

**Kulcsszavak:** lenmag, hidegen sajtolt lenmag, tejsírsav, tejsírsav-összetétel

### SUMMARY

*In the last decades many researches were made to change the animal product food's composition. The production of better fat-compound milk and dairy products became a goal in the name of health conscious nutrition. These researches were motivated by the non adequate milk fat's fatty acid composition. There have been made researches in order to modify the milk's fatty acids' composition to reach the expectations of functional foods. With the optimal supplement of the feed can be increased the proportion of the polyunsaturated fatty acids and can decreased the saturated fatty acids. Row fat content of milk was not decreasing in the course of examination neither of the cold extruded linseed nor the whole linseed supplement as opposed to observations experienced by other authors. In case of monounsaturated and polyunsaturated fatty acids when supplementing with cold extruded linseed the most significant change was observable in the concentration of the elaidic acid, oleic acid, linoleic acid, alfa-linolenic acid, conjugated linoleic acid. In case of saturated fatty acids the quantity of palmitic acid and myristic acid lowered considerably. When observing the feeding with whole linseed the concentration of many fatty acids from the milkfat of saturated fatty acids lowered (caprylic acid, capric acid, lauric acid, myristic acid, palmitic acid). The quantity of some unsaturated fatty acids was showing a distinct rise after feeding with linseed, this way the oleic acid, alfa-linolenic acid, conjugated linoleic acid, eicosadienoic acid. The aim of the study was to produce food which meets the changed demands of customers as well. The producing of milk with favourable fatty acid content from human health point of view can give scope propagate the products of animal origin.*

**Keywords:** linseed, cold extruded linseed, milk fatty acid, composition of milk fatty acid

### BEVEZETÉS

Az életmód-betegségek és az optimális táplálékfelvétel közötti kapcsolat tanulmányozása az egészségtudatos táplálkozás térnyerését segítette elő. Napjainkban egyre inkább előtérbe kerül az élelmiszerek táplálkozás-biológiai értéke, zsírtartalma és zsírsav-összetétele. Az amerikai táplálkozási ajánlás – a halolaj kardioprotektív hatása miatt – hetente két alkalommal hal-, elsősorban zsíros tengeri hal fogyasztását javasolja (Krauss et al., 2000). Azonban a zsíros tengeri hal ma még közel sem olyan elterjedt élelmiszer Magyarországon, mint a tej. A tejsír, több mint kétszáz különböző zsírsavat tartalmaz, köztük többszörösen telítetlen zsírsavakat is (Csapó és Kiss, 2002). A magyarországi tej és tejtermékfogyasztás, más nemzetekkel szembeni alacsony szintje ellenére is, jelentős mértékben hozzájárul a zsírsavak természetes beviteléhez. A tej és tejter-

mékek zsírsavprofiljának módosítására törekvő direkt és indirekt módszerek eredménye így kiemelt szerepet kap széles fogyasztói rétegben. Grummer (1991) adatai szerint a tehéntej körülbelül 70% telített zsírsavat, 25% egyszerűen telítetlen és 5% többszörösen telítetlen zsírsavat tartalmaz. A tejsír 3%-os linolsav- és 0,5%-os linolénsav-tartalmával viszonylag alacsony esszenciáliszsírsav-tartalmúnak számít (Csapó és Kiss, 2002). A modern humán-egészségügyi elvárások motiválják azokat a kutatásokat, amelyek a tej zsírsav-összetételének módosítására irányulnak. Schmidt (2006) meglátása szerint is felerősödtek azok a törekvések, amelyek az állati eredetű élelmiszerek összetételét takarmányozás útján közelítik a megváltozott humán igényekhez. Humán-életteni szempontból a többszörösen telítetlen zsírsavak, közülük is elsősorban az n-6 és n-3 zsírsavak kiemelt fontosságúak. A többszörösen telítetlen zsírsavak jelentőségét igazolja Connor (2000) megfogal-

mazásában fordított kapcsolat az étrend – ezáltal az emberi vér és a szövet – n-3 zsírsav tartalma és a szív- és érrendszeri betegségek előfordulásának gyakorisága között. Azter és Gaál (1998) véleménye szerint táplálkozás-élettani szempontból a linolsav és az alfa-linolénsav, valamint származékaik, az arachidonsav, az eikozapentaénsav és a dokozahexaénsav jelentős zsírsavak. Ezek a zsírsavak beépülve a foszfolipidekbe a sejtmembránok integritásának, funkciójának fenntartásában szerepelnek. Barna (2006) a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésében az n-3 zsírsavak kolesterin és triglicerid szintet csökkentő hatását, továbbá az érbelhártya épségét megőrző anyagok elválasztásának növelését emeli ki. Zajkás és Bíró (2008) az alfa-linolénsav népegészségügyi jelentőségét kutatja. Az alfa-linolénsav fontosságát ők is a szív-, és érrendszeri megbetegedések megelőzésében látják. Perédi (2002) úgy gondolja, hogy a hazai lakosság alacsony n-3 zsírsav-ellátottságának egyik javítási lehetősége a speciális takarmányozási módszerek által növelt n-3 zsírsavtartalmú állati termék előállítás. Az n-6 és n-3 zsírsavak fogyasztására világszerte ajánlások vannak, amely szerint mindkettőből összesen 6, maximum 8 energia% (Bíró és Lindner, 1995), az n-3 zsírsavak közül az alfa-linolénsavból minimum 0,2 energia%, optimálisan naponta 0,9–1,0 g, a hosszabbláncú n-3 zsírsavakból (EPA, DHA) pedig még naponta 0,3–0,4 g szükséges (Singer, 1995). A tejsír zsírsav-összetétele széles tartományban változhat. Az alfa-linolsav mennyisége a tejsírban 1,2–2,4%-ban ingadozhat az évszakhatástól függően. Parodi (1997) számos modernkori kutatásra hivatkozva jelenti ki, hogy a tejsír több potenciális antikarcinogén komponenset tartalmaz, így konjugált linolsavat, szfingomielint, vajsavat és éterlipideket. Csapó et al. (2001) véleménye, hogy az élelmiszereink közül a kérődző állatok húsa és teje, valamint az ezekből készített termékek tartalmazzák a legtöbb konjugált linolsavat. A konjugált linolsav egyike a leginkább kutatott telítetlen zsírsavaknak, köszönhetően bizonyított antikarcinogén, antiaterogén, anti-oxidáns hatásának. A világ több országában vizsgálva a tejsír konjugált linolsav tartalmát, az értékek 0,2–2,0 g konjugált linolsav/100 g tejsír között változtak (Csapó és Kiss, 2002). A tejelő tehenek takarmányadagjában alkalmazott zsírforrások és -készítmények (full-fat magvak, Ca-szappanok, hidrogénezett zsírok és olajok) nemcsak a tehenek tejtermelését, hanem a tej táplálóanyag tartalmát, illetve a tejsír zsírsavösszetételét is befolyásolják. A természetes takarmány kiegészítések közül a tej zsírsav-összetételének kedvező irányú módosítására alkalmasak az olajos magvak (lenmag, repcemag) vagy azok feldolgozásából származó termékek (hidegen sajtolt lenmag). Ennek oka, hogy az olajos magvak nagy koncentrációban tartalmazzák a humán táplálkozásban pozitív hatással bíró n-3 zsírsavakat. Benitez (1988) meglátása szerint az olajos magvak olajtartalma bizonyos mértékig védett zsírnak fogható fel, mivel az csak lassan a növényi sejtfalak lebomlásának ütemében válik szabaddá a sejtekből.

A kutatómunkánk célja a megváltozott fogyasztói szokásokhoz igazodó, humán-egészségügyi szempontból kedvezőbb összetételű tej előállítása. Kísérleteink során elsősorban azt vizsgáltuk, hogy a természetes

alapanyagú takarmány kiegészítők, mint az olajos magvak és azok feldolgozott termékei, hogyan befolyásolták a szarvasmarhák tejének zsírsavösszetételét. Jelen takarmányozási kísérletünk arra irányult, hogy a hidegen sajtolt lenmag és az egész, kezeletlen lenmag etetése tejtermelő tehenekkel milyen hatást gyakorolt a tej zsírsavösszetételére. A feldolgozott lenmag telítetlen zsírsavai szabad zsírsav forrásként szerepelnek a takarmányban, így ennél a formánál nagyobb mértékű lehet a biohidrogénezési folyamat a bendőben. Az egész lenmag adagolása során azonban bízunk abban, hogy a lenmag természetes külső burka megóvja a telítetlen zsírsavakat a bendőben zajló biológiai hidrogénezési folyamatoktól, azonban ezek felszabadulnak a posztruminális szakaszban. Védettsége elmarad a mesterségesen előállított zsírokétól, azonban kevésbé zavarja a bendőfermentációt, mint a kezeletlen növényi olajok.

### ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleteink két különböző feldolgozottsági szintű olajos mag etetésének vizsgálatára irányultak. Mindkét kísérleti takarmány kiegészítő etetésének helyszíne intenzíven termelő, nagyüzemi holstein-fríz állomány-nyal rendelkező Biharnagybajomi Dózsa Agrár Rt. telepe volt.

A hidegen sajtolt lenmag etetése 2009 február hónapban történt. A kiegészítést 1 kg-os mennyiségben, a teljes takarmánykeverékhez (TMR) keverve biztosítottuk az állatoknak.

Az egész, kezeletlen lenmag etetése 2009 július hónapban történt. A kiegészítést 2 kg-os mennyiségben, a teljes takarmánykeverékhez keverve biztosítottuk az állatoknak.

Az etetés időtartama négy hét volt. Az etetés előtt egy hetes előkészítő etetést iktattunk be. A kísérletbe vont állatok első laktációs egyedek voltak, a laktáció középső és utolsó szakaszában (150–300 nap). Az állatoktól véletlenszerűen vettünk elegy tejmintát, a kísérleti etetés megkezdése előtt és a kísérleti etetést követően, így azok önmaguk kontrolljai voltak.

A tejminták zsírsav analízisét a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Analitikai Laboratóriuma végezte el. A mintákból a szabványos módszerekkel meghatároztuk a tej zsírtartalmát, majd a származék-képzést követően gázkromatográfiás analízissel a zsírsav-összetételt.

Az értékelés során elemeztük a telített és telítetlen zsírsavak mennyiségét, valamint vizsgáltuk, hogy az olajos mag kiegészítés feldolgozott és feldolgozatlan formában hogyan befolyásolta az előző havi kontroll paraméterekhez képest a tej zsírsavösszetételét. A statisztikai vizsgálat során páros t-próbát végeztünk, az SPSS for Windows 17.0 programcsomaggal.

A kutatási cél megvalósítására, a 2007-ben meghirdetett Jedlik Ányos program keretein belül volt lehetőség. A TEJUT08 pályázat, amely a hazai tejtermelés versenyképességének növelésére irányult, az NKFP támogatatta.

Az üzemben alkalmazott takarmányadag összeállítását az 1. táblázat ismerteti.

1. táblázat  
Az etetett takarmányadagok (kg/nap)

Takarmány(1)	Hidegen sajtolt lenmaggal kiegészített takarmányadag(2)	Lenmaggal kiegészített takarmányadag(3)
Táp 1.(4)	6,8	6
Kukorica(5)	1,6	1,8
HuniLac B(6)	0	1
Szilázs(7)	20	18
Szenázs(8)	5	3
Lucerna széna(9)	4,6	5
Hidegen sajtolt lenmag(10)	2	0
Egész lenmag(11)	0	1
Árpa szalma(12)	0	0,4
Rétiszéna(13)	0	1,2
Kukoricatörköly(14)	5	6
Bálás fűszénázs(15)	3	0
Bálás olaszperje(16)	0	4

Table 1: Given feed portion

Forage(1), Cold extruded linseed supplemented feed(2), Whole linseed supplemented feed(3), Feed(4), Maize(5), HuniLac B(6), Silage(7), Pre-wilted silage(8), Alfalfa hay(9), Cold extruded linseed(10), Whole linseed(11), Barley straw(12), Meadow hay(13), Maize marc(14), Herb pre-wilted silage in bale(15), Italian ryegrass in bale(16)

Az etetés során felhasznált hidegen sajtolt lenmag és egész lenmag táplálóanyag tartalmát a 2. táblázat mutatja be. A 2. táblázat adataiból látható a hidegen sajtolt és az egész lenmag által tartalmazott magas alfa-linolénsav tartalom, valamint megfigyelhető a jelentős különbség is azok egymáshoz való arányában.

2. táblázat  
Lenmag és hidegen sajtolt lenmag zsírsav-összetétele zsírsav-metilészter %-ban

Vizsgált paraméterek (%) (1)	Hidegen sajtolt lenmag(2)	Lenmag(3)
Száranyag(4)	92,1	93,6
Hamu(5)	10,9	3,2
Rost(6)	5,72	5,9
Zsír(7)	9,92	40,4
Fehérje(8)	32	21,6
Zsírsavösszetétel (Zsírsav-metilészter%)(9)	Hidegen sajtolt lenmag(2)	Lenmag(3)
palmitinsav C16:0(11)	23,64	5,47
sztearinsav C18:0(12)	12,76	3,01
olajsav C18:1(13)	15,65	18,53
α-linolénsav C18:3 ω3(14)	25,75	55,98
γ-linolénsav C18:3 ω6(15)	19,96	0,21

Table 2: Chemical composition of linseed and cold extruded linseed Examined parameters (%) (1), Cold extruded linseed(2), Whole linseed(3), Dry matter(4), Ash(5), Fiber(6), Fat(7), Protein(8), Fatty acid composition(9), Lauric acid(10), Palmitic acid(11), Stearic acid(12), Oleic acid(13), α-linolenic acid(14), γ-linolenic acid(15)

### EREDMÉNYEK

A hidegen sajtolt lenmag etetésekor a tejszír zsírsav-összetételének változását vizsgáltuk. A hidegen sajtolt lenmag kiegészítés tejmintáinak telített zsírsav eredményeit a 3. táblázat ismerteti.

3. táblázat  
Hidegen sajtolt lenmag kiegészítés hatása a termelt tej telített zsírsavösszetételére a zsírsav-metilészter %-ban

Zsírsavak(1)	Kontroll(2) (n=25) $\bar{X} \pm s$	Kísérleti(3) (n=25) $\bar{X} \pm s$	t(4)	Szignifikancia(5)
Nyers zsír(6)	3,20 ± 0,25	3,10 ± 0,39	5,285	0,006
Kapronsav(7)	1,12 ± 0,12	1,11 ± 0,12	0,082	0,939
Kaprilsav(8)	0,98 ± 0,12	0,91 ± 0,05	1,286	0,268
Kaprinsav(9)	2,67 ± 0,29	2,60 ± 0,22	0,893	0,422
Undekánsav(10)	0,23 ± 0,03	0,24 ± 0,03	1,200	0,296
Laurinsav(11)	3,39 ± 0,33	3,26 ± 0,28	1,663	0,172
Tridekánsav(12)	0,18 ± 0,02	0,19 ± 0,02	3,500	0,025*
Mirisztinsav(13)	11,63 ± 0,16	11,54 ± 0,04	0,612	0,574
Pentadekánsav(14)	1,12 ± 0,05	1,11 ± 0,06	0,885	0,426
Palmitinsav(15)	30,32 ± 0,96	27,27 ± 1,10	10,864	0,000**
Margarinsav(16)	0,73 ± 0,01	0,69 ± 0,02	2,814	0,048*
Sztearinsav(17)	13,06 ± 0,55	13,46 ± 1,22	0,929	0,405
Arachidinsav(18)	0,21 ± 0,03	0,20 ± 0,02	0,183	0,863
Heneikozánsav(19)	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01	2,138	0,587
Behénsav(20)	0,12 ± 0,01	0,13 ± 0,01	4,811	0,099

Megjegyzés: \*\*P<1%, \*P<5%

Table 3: The effect of the cold extruded linseed supplement on the saturated fatty acid composition in fatty acid methyl ester (%)

Fatty acids(1), Control(2), Experiment(3), t-value(4), Significance (%) (5), Crude fat(6), Caproic acid(7), Caprylic acid(8), Capric acid(9), Undecylic acid(10), Lauric acid(11), Tridecylic acid(12), Myristic acid(13), Pentadecylic acid(14), Palmitic acid(15), Margaric acid(16), Stearic acid(17), Arachidic acid(18), Heneicosylic acid(19), Behenic acid(20), Note: \*\*P<1%, \*P<5%

### Hidegen sajtolt lenmag etetés

Saját etetési kísérletünkben, a feldolgozott lenmag etetésének hatására jelentősebb változást a legnagyobb mennyiségben jelenlevő telített zsírsavak közül a palmitinsav és a margarinsav koncentrációjában tudunk előidézni. Adataink Da Silva et al. (2007) tapasztalatainak megfelelően alakultak. Da Silva et al. (2007) kutatásuk eredményeként kijelentették, hogy a feldolgozott lenmag – amelyet 12 szárazanyag %-ban tartalmazott a teljes takarmánykeverék – hatékonyan csökkentette egyes telített zsírsavak koncentrációját a tejszírsban (palmitinsav, margarinsav), valamint növelte a hosszú szénláncú telítetlen zsírsavak (linolsav, alfa-linolénsav,

c9t11 konjugált linolsav) koncentrációját. A lenmag feldolgozott formában történő etetése kísérletünkben nem csökkentette a tej zsírtartalmát, szemben Moallem (2009) eredményeivel.

A hidegen sajtolt lenmag kiegészítést kapott egyedek tejének átlagos telítetlen zsírsavösszetételét mutatja be a 4. táblázat. Adataink hasonlóak voltak Fuentes et al. (2008) által közöltekhez, ahol a célzott napi bevétel az extrudált lenmag esetében 1,7 kg volt egyedenként. Kísérletünkben a hidegen sajtolt lenmag etetésének eredményeként több telítetlen zsírsav mennyisége növekedett a tejszírsban, így az elaidinsav, az olajsav, a linolsav, alfa-linolénsav, és a c9t11 konjugált linolsav.

4. táblázat

Hidegen sajtolt lenmag kiegészítés hatása a termelt tej telítetlen zsírsavösszetételére a zsírsav-metilészter %-ban

Zsírsavak(1)	Kontroll(2) (n=25)	Kísérleti(3) (n=25)	t(4)	Szignifikancia(5)
	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$		
Mirisztoleinsav(6)	0,79 ± 0,12	0,89 ± 0,17	1,743	0,156
Palmitoleinsav(7)	1,28 ± 0,13	1,25 ± 0,19	0,584	0,590
Elaidinsav(8)	2,86 ± 0,16	3,32 ± 0,12	7,391	0,002**
Olajsav(9)	24,45 ± 1,08	26,40 ± 0,62	4,655	0,010**
Linolsav(10)	3,15 ± 0,17	3,50 ± 0,17	4,270	0,013**
γ-linolénsav(11)	0,05 ± 0,02	0,02 ± 0,01	2,563	0,062
Eikozénsav(12)	0,05 ± 0,004	0,05 ± 0,00	1,000	0,374
α-linolénsav(13)	0,37 ± 0,04	0,51 ± 0,03	5,491	0,005**
Linolsav c9t11(14)	0,53 ± 0,03	0,70 ± 0,06	4,526	0,011*
Eikozadiénsav(15)	0,03 ± 0,005	0,03 ± 0,004	1,000	0,374
Eikozatriénsav(16)	0,21 ± 0,02	0,16 ± 0,01	3,727	0,020*
Arachidonsav(17)	0,25 ± 0,02	0,23 ± 0,02	3,833	0,019
Dokozapentaénsav(18)	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,005	1,633	0,178

Megjegyzés: \*\*P<1%, \*P<5%

Table 4: The effect of the cold extruded linseed supplement on the unsaturated fatty acid composition in fatty acid methyl ester (%) Fatty acids(1), Control(2), Whole linseed(3), t-value(4), Significance(%) (5), Myristoleic acid(6), Palmitoleic acid(7), Elaidic acid(8), Oleic acid(9), Linoleic acid(10), γ-linolenic acid(11), Eicosenoic acid(12), α-linolenic acid(13), Linoleic acid c9t11(14), Eicosadienoic acid(15), Eicosatrienoic acid(16), Arachidonic acid(17), Docosapentaenoic acid(18), Note: \*\*P<1%, \*P<5%

### Egész, kezeletlen lenmag etetés

Az 5. táblázat eredményei nem erősítik azt a feltevést, hogy az egész lenmag takarmány kiegészítőként való alkalmazása csökkenti a tehenek tejének zsírtartalmát, annak ellenére, hogy számos szerző (Petit et al., 2002; Chilliard et al., 2009) úgy találta, hogy kísérletünkben a tej zsírtartalma csökkent. A tejszír számos telített zsírsava csökkent az etetést követően, így a kaprilsav, a kaprinsav, a laurinsav, a mirisztinsav, a palmitinsav és a margarinsav.

Az 6. táblázat az egész lenmag átlagos telítetlen zsírsav-összetételre gyakorolt hatását mutatja be. Megállapítottuk, hogy elképzelésünknek megfelelően a legnagyobb változásokat az alfa-linolénsav és a konjugált linolsav koncentrációban értük el. Mindkét zsírsav, statisztikailag is igazoltan, nőtt a kísérleti egyedek tejében. Eredményeink összhangban vannak Akraim et al. (2007) kutatásaival, akik az elsők között bizonyították, hogy a tej zsírsav összetevőit a takarmány lenmag kiegészítésével befolyásolni lehet. Fenti munkacsoport tapasztalatai szerint a takarmány egész, keze-

letlen lenmag kiegészítése jelentős mértékben javíthatja a linolénsav, és a c9t11 konjugált linolsav arányát a tejszírsban, ugyanakkor a feldolgozottság tovább növelheti a bendőbeli biohidrogénezés köztes termékeinek koncentrációját a tejszírsban.

### KÖVETKEZTETÉSEK

Kísérletünkkel bizonyítottuk, hogy mind a hidegen sajtolt lenmag, mind az egész, kezeletlen lenmag etetés beilleszthető a tejelő tehenek takarmányozásába nagyüzemi technológiai körülmények között is.

A hidegen sajtolt lenmag etetést követően, több szerző munkájával ellentétben a tej nyerszír tartalma nőtt. A telített zsírsavak közül egyedül a tejszír tridekánsav tartalmában volt kismértékű növekedés, viszont a nagyobb mennyiségben jelenlevő telített zsírsavak mennyisége csökkent (palmitinsav és a margarinsav) vagy változatlan maradt. Több telítetlen zsírsav (elaidinsav, olajsav, linolsav, alfa-linolénsav, c9t11 konjugált linolsav) mennyisége szignifikánsan magasabb volt a hidegen préselt lenmag adagolását követően.

5. táblázat

Egész lenmag kiegészítés hatása a termelt tej telített zsírsavösszetételére a zsírsav-metilészter %-ban

Zsírsavak(1)	Kontroll(2) (n=25)		Kísérleti(3) (n=25)		t(4)	Szignifikancia(5)
	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$		
Nyers zsír %(6)	3,21 ± 0,34	3,44 ± 0,30	1,062	0,348		
Kaprinsav(7)	0,95 ± 0,05	0,93 ± 0,09	0,395	0,713		
Kaprilsav(8)	0,81 ± 0,03	0,72 ± 0,09	2,918	0,043*		
Kaprinsav(9)	2,25 ± 0,19	1,93 ± 0,22	4,212	0,014*		
Undekánsav(10)	0,23 ± 0,03	0,23 ± 0,06	0,071	0,947		
Laurinsav(11)	2,90 ± 0,28	2,39 ± 0,27	7,457	0,002**		
Tridekánsav(12)	0,17 ± 0,03	0,16 ± 0,02	1,633	0,178		
Mirisztinsav(13)	10,89 ± 0,39	8,98 ± 1,22	4,606	0,010*		
Pentadekánsav(14)	1,10 ± 0,14	1,00 ± 0,06	2,012	0,115		
Palmitinsav(15)	29,11 ± 1,69	26,95 ± 1,81	5,409	0,006**		
Margarinsav(16)	0,66 ± 0,04	0,57 ± 0,06	3,807	0,019*		
Sztearinsav(17)	11,82 ± 0,86	12,75 ± 0,46	3,003	0,040*		
Arachidinsav(18)	0,16 ± 0,01	0,17 ± 0,01	2,746	0,052*		
Heneikozánsav(19)	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,02	0,196	0,854		
Behénsav(20)	0,08 ± 0,01	0,15 ± 0,04	4,811	0,009**		

Megjegyzés: \*\*P<1%, \*P<5%

Table 5: The effect of whole linseed supplement on the saturated fatty acid composition in fatty acid methyl ester (%)

Fatty acids(1), Control(2), Experiment(3), t-value(4), Significance (%) (5), Crude fat(6), Caproic acid(7), Caprylic acid(8), Capric acid(9), Undecylic acid(10), Lauric acid(11), Tridecyclic acid(12), Myristic acid(13), Pentadecylic acid(14), Palmitic acid(15), Margaric acid(16), Stearic acid(17), Arachidic acid(18), Heneicosylic acid(19), Behenic acid(20), Note: \*\*P<1%, \*P<5%

6. táblázat

Egész lenmag kiegészítés hatása a termelt tej telítetlen zsírsavösszetételére a zsírsav-metilészter %-ban

Zsírsavak(1)	Kontroll(2) (n=25)		Kísérleti(3) (n=25)		t(4)	Szignifikancia(5)
	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$	$\bar{X} \pm s$		
Mirisztoleinsav(6)	0,90 ± 0,21	1,60 ± 0,24	1,619	0,181		
Palmitoleinsav(7)	1,71 ± 0,17	1,26 ± 0,19	0,826	0,455		
Elaidinsav(8)	2,19 ± 0,42	1,38 ± 0,46	3,185	0,033*		
Olajsav(9)	22,65 ± 1,17	25,81 ± 1,61	7,039	0,002**		
Linolsav(10)	2,78 ± 0,24	2,57 ± 0,19	1,471	0,215		
γ-linolénsav(11)	0,02 ± 0,01	0,06 ± 0,07	1,294	0,265		
Eikozénsav(12)	0,05 ± 0,004	0,07 ± 0,02	1,372	0,242		
α-linolénsav(13)	0,27 ± 0,03	0,60 ± 0,05	10,939	0,000**		
Linolsav c9t11(14)	0,52 ± 0,04	0,62 ± 0,05	8,913	0,001**		
Eikozadiénsav(15)	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,01	3,138	0,035*		
Eikozatriénsav(16)	0,14 ± 0,02	0,14 ± 0,05	0,167	0,876		
Arachidonsav(17)	0,17 ± 0,02	0,18 ± 0,03	0,667	0,541		

Megjegyzés: \*\*P<1%, \*P<5%

Table 6: The effect of whole linseed supplement on the unsaturated fatty acid composition in fatty acid methyl ester (%)

Fatty acids(1), Control(2), Whole linseed(3), t-value(4), Significance (%) (5), Myristoleic acid(6), Palmitoleic acid(7), Elaidic acid(8), Oleic acid(9), Linoleic acid(10), γ-linolenic acid(11), Eicosenoic acid(12), α-linolenic acid(13), Linoleic acid c9t11(14), Eicosadienoic acid(15), Eicosatrienoic acid(16), Arachidonic acid(17), Note: \*\*P<1%, \*P<5%

Az egész, kezeletlen lenmag etetést követően a tej nyers zsír tartalma nem csökkent. A tejszírsavban a telített zsírsavak közül a kaprilsav, kaprinsav, laurinsav, mirisztinsav, palmitinsav tartalomban figyelhetünk meg statisztikailag is igazolható csökkenést. A telítetlen zsírsavak esetében több, mint kétszeres növekedés figyelhető meg az alfa-linolénsav tartalomban, valamint a c9t11 konjugált linolsav és az olajsav tartalom szintén növekedett az etetést követően.

A kísérlet eredményei alátámasztották az irodalmi adatokat, amelyek szerint takarmányozással növelhető a táplálkozás-élettani szempontból kiemelkedő telítet-

len zsírsavak mennyisége a tejszírsavban. A tej sokoldalúan gazdag, kedvező élettani hatásai nem egyetlen összetevőnek tulajdoníthatók, így a kísérletek széles spektruma számtalan lehetőséget kínál a termékfejlesztésre. Gurr (1992) megállapítása szerint, a tej és tejtermékek élettani hatásai szoros kapcsolatban vannak összetételükkel, amely rendkívül bonyolult fehérje-, lipid-, szénhidrátmatríxként fogható fel, a biológiai anyagok széles skáláját felvonultatva. A tej egészségmegőrző szerepe jelentős, amelyhez hozzájárulhat a megváltozott fogyasztói szokásoknak is megfelelő tej előállítása.

IRODALOM

- Akraim, F.–Nicot, M. C.–Juaneda, P.–Enjalbert, F. (2007): Conjugated linolenic acid (CLnA), conjugated linoleic (CLA) and other biohydrogenation intermediates in plasma and milk fat of cows fed raw or extruded linseed. *The International Journal of Animal Biosciences*. 1. 6: 835–843.
- Antal M.–Gaál Ö. (1998): Többszörösen telítetlen zsírsavak jelentősége a táplálkozásban. *Orvosi Hetilap*. 19. 139: 1153–1158.
- Benitez, H. F. I. (1988): Einfluss gestaffelter oraler Gaben geschützter Fette auf verdauungsphysiologische Parameter im Pansen Ileochochymus und Kot des Schafes. Dissertation. Hannover.
- Barna M. (2006): A zsírsavak szerepe a táplálkozási függő megbetegedések megelőzésében, különös tekintettel az elégtelen n-3 zsírsav elátottságra. *Metabolizmus*. 5. 4: 267–272.
- Bíró, Gy.–Lindner, K. (1995): Tápanyagtáblázat. *Medicina*. Budapest.
- Csapó J.–Visi V. É.–Kiss Cs. Zs.–Szakály S. (2001): Tej és tejtermékek konjugált linolsav tartalma I. A tej konjugált linolsav tartalmát befolyásoló tényezők (Irodalmi feldolgozás). *Acta Agraria Kaposváriensis*. 5. 4: 1–12.
- Csapó J.–Kiss Cs. É. (2002): Tej és tejtermékek a táplálkozásban. *Mezőgazda Kiadó*. Budapest.
- Chilliard, Y.–Martin, C.–Rouel, J.–Doreau, M. (2009): Milk fatty acids in dairy cows fed whole crude linseed, extruded linseed, or linseed oil, and their relationship with methane. *Journal of Dairy Science*. 10. 92: 5199–5211.
- Connor, W. E. (2000): Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition*. 1. 71: 1715–1755.
- Da Silva, D. C.–Santos, G. T.–Branco, A. F.–Damasceno, J. C.–Kazama, R.–Matsushita, M.–Horst, J. A.–Dos Santos, B. R.–Petit, H. V. (2007): Production performance and milk composition of dairy cows fed whole or ground flaxseed with or without monensin. *Journal of Dairy Science*. 90. 6: 2928–2936.
- Fuentes, M. C.–Calsamiglia, S.–Sánchez, C.–González, A.–Newbold, J. R.–Santos, J. E. P.–Rodríguez-Alcalá, L. M.–Foteche, J. (2008): Effect of extruded linseed on productive and reproductive performance of lactating dairy cows. *Livestock Science*. 113. 2–3: 144–154.
- Grummer, R. R. (1991): Effect of feed on the composition of milk fat. *Journal of Dairy Science*. 9. 74: 3244–3257.
- Gurr, M. I. (1992): Health and nutrition aspects of dairy products: an up-to-date report. *Food Australia*. 44: 421–425.
- Krauss, R. M.–Eckel, R. H.–Howard, B.–Appel, L. J.–Daniels, S. R.–Deckelbaum, R. J.–Erdman, J. W.–Kris-Etherton, P.–Goldberg, I. J.–Kotchen, T. A.–Lichtenstein, A. H.–Mitch, W. E.–Mullis, R.–Robinson, K.–Wylie-Rosett, J.–Jeor, S. St.–Suttie, J.–Tribble, D. L.–Bazzarre, T. L. (2000): *AHA Dietary Guidelines: Revision 2000: A statement for healthcare professionals from the nutrition committee of the American Heart Association*. *Circulation*. 18. 102: 2284–2299.
- Moallem, U. (2009): The effects of extruded flaxseed supplementation to high-yielding dairy cows on milk production and milk fatty acid composition. *Animal Feed Science and Technology*. 3–4. 152: 232–242.
- Parodi, W. P. (1997): Cow's milk fat components as potential anti-carcinogenic agents. *The Journal of Nutrition*. 127. 6: 1055–1060.
- Perédi J. (2002): A hazai lakosság alacsony n-3 zsírsavellátottságának javítási lehetőségei. *Olaj, Szappan, Kozmetika*. 51. 2: 45–49.
- Petit, H. V.–Dewhurst, R. J.–Scollan, N. D.–Proulx, J. G.–Khalid, M.–Haresign, W.–Twagiramungu, H.–Mann, G. E. (2002): Milk production and composition, ovarian function, and prostaglandin secretion of dairy cows fed omega-3 fats. *Journal of Dairy Science*. 4. 85: 889–899.
- Schmidt J. (2006): Takarmányozás és a tej minősége. *Állattenyésztés és Takarmányozás. Különszám*. 33–40.
- Singer, P. (1995): *Wass ind, wie wirken Omega-3-Fettsäuren? 44 Fragen, 44 Antworten*. Umschau Buchverlag. Frankfurt.
- Zajkás G.–Bíró L. (2008): Adatok az alfa-linolénsavról. *Magyar Táplálkozástudományi Társaság XXXIII. Vándorgyűlése*. 2008. október 2–4. Pécs.