

**Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei**

**A TEJZSÍR ZSÍRSAV-ÖSSZETÉTELÉNEK MEGVÁLTOZTATÁSA  
TAKARMÁNYOZÁSI MÓDSZEREKKEL**

Süli Ágnes

Témavezető: Dr. Béri Béla CSc.

*egyetemi docens*

Prof. Dr. Csapó János DSc.

*egyetemi professzor*



**DEBRECENI EGYETEM**  
**Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola**

Debrecen, 2018.

## 1. A doktori értekezés előzményei és célkitűzései

A tejtermelő szarvasmarha ágazat célja a minőségi tej- és tejtermék előállítás. A tejjel és tejtermékekkel fedezhető a legkönnyebben az ember állati fehérje-szükségletének jelentős része, és mindezek mellett KUKOVICS (2001) véleménye szerint a Földön fellelhető élelmiszerek közül a tej és termékei a leggazdagabbak bioaktív anyagokban. Hazánkban és számos más európai országban a kérődzők takarmánybázisának alapját a tartósított tömegtakarmányok (kukoricaszilázs, lucernaszenázs), valamint a különböző abrak takarmányok képezik. A monodietikus takarmányozás egyik következményeként azonban a tejelő tehenek tejzsírjának zsírsav-összetétele kedvezőtlenül alakulhat humán-egészségügyi szempontból (ELGERSMA et al., 2006), holott az egészségmegőrző táplálkozás előtérbe kerülésével a kedvezőbb zsírsav-összetételű tej és tejtermékek előállítására is nagyobb hangsúly helyeződött az elmúlt évtizedekben. Az életmód, a táplálkozás nemzetgazdasági szinten is fontos szerepet tölt be a lakosság egészségi állapotának megőrzésében, vagy javításában. A fogyasztói szokások megváltozásának ilyen iránya képezhet alapot a tömegtermelést kiváltó minőségi termelésnek, amelyben a fő cél olyan élelmiszerek, így tej- és tejtermékek előállítása, amely túlmutat a hagyományos értelemben vett táplálékon. Napjainkban ugyanis az élelmiszerek nem csak, mint tápanyagforrás jelennek meg a humán táplálkozásban hanem, mint egyfajta többlet funkcióval bíró, hozzáadott értékkel rendelkező termékek.

A rendelkezésre álló irodalmi adatokra alapozva a tejelő tehenek takarmányadagjában alkalmazott különböző zsírforrások- és készítmények (full fat magvak, növényi olajok, Csazappanok) a tejtermelés mellett a tej táplálóanyag tartalmára valamint a tejzsír zsírsav-összetételére is hatást gyakorolhatnak (SCHMIDT et al., 2000; FÉBEL és VÁRHEGYI, 2007). SCHMIDT et al., (2008) szerint a linol- és linolénsavban gazdag zsírkiegészítések esetén a takarmány és a tej zsírsavösszetétele közötti összefüggés korrelációs együtthatója ( $r$ ) 0,68 volt. Ez utóbbi eredmény azt bizonyítja, hogy a tej zsírsavösszetétele kérődzőkben is befolyásolható a takarmányozással. PERÉDI (2002) egyenesen lehetőségként értékeli az ilyen megnövelt n-3 zsírsav-tartalmú állati termékek előállítását, amelyek a hazai lakosság alacsony n-3 zsírsav-ellátottságában jelenthetnek megoldást. Az olajos magvak vagy azok melléktermékeinek felhasználását a gazdasági haszonállatok takarmányozásában számos kutatás perspektivikusnak találja (LIVINGSTONE et al., 2015; PETIT, 2002, 2003; MURPHY et al., 1995a,b).

Ilyen természetes alapanyagú zsírkiegészítés lehet az olajos magvak közül a full fat lenmag és repcemag, a melléktermékek közül pedig a hidegen sajtolt lenmag. A lenmag és a repcemag

nagy koncentrációban tartalmaznak olyan táplálkozásélettani szempontból fontos többszörösen telítetlen zsírsavakat, amelyek az emberi szervezet egészségének megtartásában kiemelt szereppel bírnak. A legeltetés, a zöldtakarmányok etetése, az okszerű tömegtakarmány és az abrak arány alkalmazása mellett az olajos magvak adagolása lehetővé teszi a kedvezőbb zsírsav-összetételű tejzsír előállítását, amely magasabb többszörösen telítetlen zsírsav koncentrációval és szűkebb n6/n3 aránnyal rendelkezik.

Célkitűzéseink között elsőként szerepelt olyan takarmány-kiegészítés keresése, amellyel kedvező irányban lehet befolyásolni a tejzsír zsírsav-összetételét, különös tekintettel annak n-3 zsírsavtartalmára. Fontosnak tartottuk továbbá az általunk választott természetes alapanyagú nagy n-3 zsírsavtartalmú takarmány-kiegészítés egyszerű alkalmazhatóságát nagyüzemi körülmények között termelő szarvasmarha telepeken.

Igyekeztünk feltárni, hogy intenzív tejhasznosítású szarvasmarha telepeken milyen eredmények érhetők el a tejzsír zsírsav-összetételének módosításában nagy n-3 zsírsav tartalommal rendelkező olajos magvak (full fat lenmag és full fat repcemag), valamint a lenmag olajgyártási melléktermékének (hidegen sajtolt lenmag) etetésével.

Elemeztük továbbá az egyes takarmány kiegészítések hatását a tej mennyiségére valamint a tejzsírtartalomra és tejfehérjetartalomra, amely paraméterek változása a folyamatos termelés mellett kiemelten fontosak.

Dolgozatomban az alábbi kérdésekre kerestük a válaszokat:

- Beilleszthető-e folyamatos termelési feltételek között, intenzíven tartott tejhasznosítású szarvasmarhák takarmányozásába a tejzsír zsírsav-összetételének befolyásolását szolgáló olajos magvak vagy azok feldolgozásából származó melléktermék?
- A Magyarországon rendelkezésre álló lehetséges takarmány kiegészítések közül, milyen természetes alapanyagú, nagy n-3 zsírsavtartalommal rendelkező takarmány kiegészítő bizonyul alkalmasnak a tejzsír zsírsav-összetételének hatékony módosítására?
- A takarmány kiegészítés adagolása hogyan, milyen mértékben fogja a legfontosabb termelési paramétereket (tejmennyiség, tej beltartalom) megváltoztatni?
- Hogyan változik a tejzsír telített és telítetlen zsírsav-összetétele az alkalmazott takarmány kiegészítés hatására?

- A tejzsír zsírsav-összetételén belül milyen eltérések figyelhetők meg az n6/n3 arány vonatkozásában, adott takarmány kiegészítés etetése mellett valamint ez az érték hogyan illeszkedik a humán táplálkozásban „ideálisnak” tartott n6/n3 arányhoz?
- A kiválasztott takarmány kiegészítések feldolgozott vagy nyers, feldolgozatlan (full fat) formában történő etetése hatékonyabb-e a tejzsír zsírsav-összetételének megváltoztatása szempontjából?
- A takarmány kiegészítés (olajmag, hidegen sajtolt lenmag) milyen adagban történő alkalmazásával érhető el érdemi módosulás a tejzsír zsírsav-összetételében?

Munkánkkal az olajos magvak alkalmazásának előnyeit, valamint azok etetésének gyakorlati alkalmazhatóságának lehetőségét kívántam bemutatni.

## **2. Anyag és módszer**

### **2.1. A vizsgálatok anyaga és módszere**

Célkitűzéseinknek megfelelően több intenzív tejhasznosítású szarvasmarha telep bevonásával történt a kísérletek megvalósítása. A holstein-fríz állományú tehenészet telepei Hajdú-Bihar megyében található. A kísérlet során minden esetben igazodtunk a telepi rendhez, amely elengedhetetlen feltétele a folyamatos termelésnek.

A három telepet a továbbiakban „A”, „B” és „C” jelöléssel különböztetem meg, ahol „A” telep a Biharnagybajomi Dózsa Agrár Zrt., „B” telep a Földes Rákóczi Mezőgazdasági Kft.-t és „C” telep a Szikgát-Tej Kft.-t jelöli.

### **2.2. A vizsgálat szervezése**

A kísérlet tervezésekor elsődleges szempontként jelent meg, hogy a tejzsír zsírsavösszetételének módosítására természetes eredetű, nagy telítetlen zsírsavtartalommal rendelkező, takarmány-kiegészítésként is egyszerűen felhasználható alapanyagot válasszunk. Fontos volt, hogy nagyobb tételben is könnyen hozzá lehessen jutni, valamint egyszerűen lehessen szállítani, tárolni és adagolni, hiszen nagyüzemi termelés során akartuk felhasználni. A kísérleti szempontokat és a nagyüzemi termelés adta lehetőségeket mérlegelve a rendelkezésre álló és lehetséges takarmány-kiegészítőként funkcionáló anyagok közül a nagy n-3 telítetlen zsírsavtartalommal rendelkező full fat lenmagot, továbbá annak ipari feldolgozásából származó hidegen sajtolt lenmagot, valamint a full fat repcemagot választottuk. A hidegen sajtolt lenmag takarmány kiegészítés etetését az A, B és C telepen végeztük, azonos dózisban adagolva a teljes takarmánykeverékben. A kísérletben minden telepen 20 holstein-fríz, többször ellett tehenet vontuk be, amelyek döntően a 2-4 laktációjukat teljesítették, és a laktáció második szakaszában voltak (átlagos tejtermelés  $30,06 \pm 2,87$  kg volt).

A full fat olajos magvak takarmány-kiegészítés etetése során full fat repcemagot és full fat lenmagot alkalmaztunk azonos dózisban etetve a teljes takarmánykeverék részeként. A kísérletet az A és B telepen folytattuk holstein-fríz állományú tehenekkel. A vizsgálatba mindkét telepen 12-12 egyed vett részt, döntően többször ellettek, a 2-4 laktációjukat teljesítették, és a laktáció második szakaszában voltak (átlagos tejtermelés  $28,40 \pm 4,95$  kg volt).

Az eltérő dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés kísérletben részt vevő A és B telepen termelő holstein-fríz tehenek (A telepen és B telepen 15-15 egyed) jellemzően nagy termelésű,

többször ellett tehenek voltak (a termelői csoport egyedei a kísérlet megkezdésekor átlagosan a laktáció  $185 \pm 63$  napján voltak), az átlagos tejtermelés  $37,95 \pm 7,14$  kg volt. A takarmánykiegészítés mind a két telep esetében a teljes takarmánykeverék részét képezte.

A full fat olajos magvak (full fat lenmag, full fat repcemag) és a hidegen sajtolt lenmag, valamint az etetett takarmányadagok szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost-, és nyershamu tartalmát a Magyar Takarmánykódexben (2004) (Magyar Szabvány) javasolt módszerekkel állapítottuk meg.

Az 1. táblázatban a takarmánykiegészítés adagjának ismertetése látható. Az etetett takarmánykiegészítések zsírsav-összetételét 2. és a 3. táblázatban mutatjuk be.

**1. táblázat: Az etetett takarmánykiegészítések ismertetése**

|                                           | <b>A telep</b> | <b>B telep</b> | <b>C telep</b> |
|-------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Hidegen sajtolt lenmag (kg / nap / egyed) | 2              | 2              | 2              |
| Full fat lenmag (kg / nap / egyed)        | 1              | -              | -              |
| Full fat repcemag (kg / nap / egyed)      | -              | 1              | -              |
| Full fat lenmag (kg / nap / egyed)        | 1,5            | 1              | -              |

**2. táblázat: A hidegen sajtolt lenmag táplálóanyagtartalma és zsírsav-összetétele**

| <b>Táplálóanyagtartalom (%)</b> | <b>Hidegen sajtolt lenmag</b> |
|---------------------------------|-------------------------------|
| szárazanyag tartalom            | 92,1                          |
| nyersfehérje                    | 32,0                          |
| nyerszsír                       | 9,9                           |
| nyersrost                       | 5,7                           |
| nyershamu                       | 10,9                          |
| <b>Zsírsavak (%)**</b>          |                               |
| laurinsav C12:0                 | 2,24 ± 0,50                   |
| mirisztinsav C14:0              | 0,05 ± 0,02                   |
| pentadekánsav C15:0             | 0,01 ± 0,01                   |
| palmitinsav C16:0               | 23,64 ± 0,80                  |
| margarinsav C17:0               | 0,04 ± 0,03                   |
| sztearinsav C18:0               | 12,76 ± 0,40                  |
| arachidinsav C20:0              | 0,8 ± 0,01                    |
| behénsav C22:0                  | 0,8 ± 0,03                    |
| lignocerinsav C24:0             | 0,04 ± 0,02                   |
| ΣSFA                            | 40,38 ± 1,20                  |
| palmitoleinsav C16:1            | 0,03 ± 0,02                   |
| olajsav C18:1                   | 15,65 ± 0,5                   |
| eikozénsav C20:1                | 0,16 ± 0,02                   |
| ΣMUFA                           | 15,84 ± 0,50                  |
| linolsav C18:2n6                | 10,80 ± 0,20                  |
| γ-linolénsav C18:3n6            | 19,96 ± 0,60                  |
| α-linolénsav C18:3n3            | 25,75 ± 1,20                  |
| eikozadiénsav C20:2             | 0,04 ± 0,01                   |
| eikozatriénsav C20:3n6          | 0,04 ± 0,01                   |
| arachidonsav C20:4n6            | 0,01 ± 0,02                   |
| eikozapentaénsav C20:5n3        | 0,05 ± 0,03                   |
| ΣPUFA                           | 56,65                         |
| Σn6                             | 30,81                         |
| Σn3                             | 25,80                         |

\*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

**3. táblázat: A full fat lenmag és a full fat repcemag táplálóanyagtartalma és zsírsav-összetétele**

| Táplálóanyagtartalom (%) | Full fat lenmag | Full fat repcemag |
|--------------------------|-----------------|-------------------|
| szárazanyag tartalom     | 93,6            | 92,8              |
| nyersfehérje             | 21,6            | 26,5              |
| nyerszsír                | 40,4            | 33,5              |
| nyersrost                | 5,9             | 5,9               |
| nyershamu                | 3,2             | 4,3               |
| <b>Zsírsavak (%)*</b>    |                 |                   |
| laurinsav C12:0          | -               | 0,02 ± 0,01       |
| mirisztinsav C14:0       | 0,07 ± 0,02     | 0,10 ± 0,0        |
| pentadekánsav C15:0      | 0,02 ± 0,01     | 0,04 ± 0,01       |
| palmitinsav C16:0        | 5,47 ± 0,07     | 5,18 ± 0,06       |
| palmitoleinsav C16:1     | 0,05 ± 0,02     | 0,22 ± 0,5        |
| margarinsav C17:0        | 0,08 ± 0,01     | 0,06 ± 0,02       |
| sztearinsav C18:0        | 3,01 ± 0,1      | 1,93 ± 0,1        |
| arachidinsav C20:0       | 0,12 ± 0,01     | 0,61 ± 0,08       |
| behénsav C22:0           | 0,12 ± 0,02     | 0,34 ± 0,03       |
| lignocerinsav C24:0      | 0,09 ± 0,02     | 0,21 ± 0,02       |
| ΣSFA                     | 9,03 ± 0,3      | 8,71 ± 0,8        |
| olajsav C18:1            | 18,53 ± 0,7     | 57,39 ± 1,8       |
| eikozénsav C20:1         | 0,16 ± 0,01     | 1,58 ± 0,08       |
| erukasav C22:1n9         | -               | 0,83 ± 0,07       |
| ΣMUFA                    | 18,69 ± 0,5     | 59,80 ± 1,8       |
| linolsav C18:2n6         | 14,96 ± 0,5     | 19,60 ± 0,9       |
| γ-linolénsav C18:3n6     | 0,21 ± 0,03     | 0,05 ± 0,01       |
| α-linolénsav C18:3n3     | 55,98 ± 1,5     | 8,06 ± 0,3        |
| eikozadiénsav C20:2      | 0,06 ± 0,03     | 0,10 ± 0,01       |
| eikozatriénsav C20:3n6   | 0,04 ± 0,01     | -                 |
| arachidonsav C20:4n6     | 0,02 ± 0,01     | 0,03 ± 0,01       |
| eikozapentaénsav C20:5n3 | 0,07 ± 0,01     | -                 |
| ΣPUFA                    | 71,34           | 27,84             |
| Σn6                      | 15,23           | 19,68             |
| Σn3                      | 56,05           | 8,06              |

\*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

- nem volt kimutatható

A tejmenyiség és a tej összetétel alakulásának változásáról az Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft. által havonta elvégzett próbafejések adataiból következtettünk.

A tejszír zsírsav-összetételének megállapítása céljából a hidegen sajtolt lenmag, valamint a full fat lenmag és a full fat repcemag etetésekor a kísérlet során két alkalommal, a takarmány-

kiegészítés etetésének kezdete előtt és a takarmány-kiegészítés etetésének végén vettünk tejmintát. Az eltérő dózisu full fat lenmag etetése során három alkalommal, a takarmány-kiegészítés etetésének kezdete előtt és a takarmány-kiegészítés etetésének közepén valamint a kísérleti szakasz végén vettünk tejmintát. A mintákat minden esetben a fejések menetéhez igazítottuk, és ugyanazon fejési időszakban vettük azokat. A tejmintákat hűtött körülmények között tároltuk, majd szállítottuk a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Kémiai Intézetébe a paraméterek meghatározása céljából.

### **2.3. Alkalmazott analitikai, kémiai módszerek**

A full fat olajos magvak (full fat lenmag, full fat repcemag) és a hidegen sajtolt lenmag, valamint az etetett takarmányadagok szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost-, és nyershamu tartalmát a Magyar Takarmánykódexben (2004) (Magyar Szabvány) javasolt módszerekkel állapítottuk meg.

A tejminták zsírsav analízisét a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Analitikai Laboratóriuma, valamint a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma MÉK Agrárműszerközpont laboratóriuma végezte el.

### **2.4. Az adatfeldolgozás menete, alkalmazott statisztikai módszerek**

A termelési paraméterek esetében az egyes szakaszokhoz tartozó próbafejések adatait vettük alapul. A próbafejések minden hónapban megtörténtek. A laktáció alatt megtermelt tejmenyiségi és tej összetétel adatokat a RISKÁ program segítségével gyűjtöttük össze.

A tejzsír zsírsav-összetételének vizsgálatakor az adott szakaszok alatt vett tejminták analitikai elemzéséből nyert adatokkal dolgoztunk.

A laktációs görbék becslése, valamint a tényleges laktációs görbe felrajzolása a próbafejések adataiból történt, amelyeket a RISKÁ program segítségével gyűjtöttünk. A laktációs görbét becsülő függvényt az alábbi Wood képlettel (WOOD, 1972) számoltuk ki, SZŰCS et al. (1982) munkája nyomán.

Az elemzésekhez SPSS for Windows 22.0 programot használtunk. A hidegen sajtolt lenmag és a full fat lenmag és repcemag etetésekor gyűjtött adatokat kétmintás t-próbával elemeztük, az eltérő dózisu full fat lenmag etetésekor kapottakat variancianalízis módszerével elemeztük. A homogenitást a Levene-tesztel vizsgáltuk. A csoportpárok összehasonlításakor heterogenitás esetén a Tamhane-tesztet, homogenitás esetén pedig az LSD-tesztet alkalmaztuk. A telep és a dózis hatás interakciójának vizsgálatakor egyváltozós, több tényezős variancia-analízis (Univariate) módszerével vizsgáltuk.

A vizsgálatok során a kapott eredményeket táblázatos, vagy grafikus formában szemléltettük. A grafikonokon a próbafejések és a 95%-os konfidencia intervallum értékeit ábrázoltuk. A szignifikáns különbségeket ( $P < 5\%$ ) különböző betűkkel jelöltük.

### **3. Eredmények**

#### **3.1. A tejmenyiség és a tej összetételének alakulása az etetett takarmány-kiegészítések hatására**

A kísérlet eredményeit összegezve megállapítottuk, hogy a hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés a tejmenyiség alakulására nem volt negatív hatással. A tejmenyiség a A telepen az etetés alatt, míg a C telepen az etetés után nőtt. A B telepen a tejmenyiség változását a kísérlet nem befolyásolta érdemben. A laktációs görbék normál lefutását a takarmány-kiegészítés érdemben nem módosította. A tejszírtartalom csökkenése a kísérlet alatt az A telepen volt megfigyelhető, a másik két telepen a tejsír% alakulására nem volt hatással a takarmány-kiegészítés. A tejfehérjetartalom a B telepen nőtt az etetés után, az A és a C telepen azonban a változás nem volt számottevő.

A full fat olajos mag takarmány-kiegészítések alkalmazáskor a tejmenyiség csökkent az etetés után az A telepen. A B telepen a tejmenyiségben változás nem volt tapasztalható. A tejsír% alakulását érdemben nem befolyásolta egyik takarmány-kiegészítés sem. A tejfehérje% csökkent az etetés alatt az A telepen, míg a B telepen a változás nem volt meghatározó. A laktációs görbék normál lefutására a takarmány-kiegészítés hatása nem volt jelentős.

Az eltérő dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés etetése után mind a két telepen csökkent a tejmenyiség. A tejszírtartalom nőtt az etetés után a B telep adatai alapján, míg az A telepen nem volt eltérés. A tejfehérje tartalom alakulását egy esetben sem befolyásolta az etetett takarmány-kiegészítés.

#### **3.2. A takarmány-kiegészítések hatása a tejsír zsírsav-összetételének alakulására**

Próbáltuk felmérni, hogy az általunk választott takarmány-kiegészítések az adott nagyüzemben termelő tehenek esetében milyen mértékben befolyásolták a tejsír telített zsírsavainak, valamint az egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírsavainak a változását. Ennek érdekében megvizsgáltuk és összevetettük a vizsgálatba vont egyedek tejsírjának zsírsav-összetételét az kísérlet előtti és a kísérlet utáni szakaszokban, valamint az eltérő dózisú full fat lenmag esetében a kísérlet előtti, a kísérlet alatti és a kísérlet utáni szakaszban.

### 3.2.1. A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés hatása a tejzsír zsírsav-összetételének alakulására

**4. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejzsír egyszereesen telítetlen zsírsav-összetételére (A telep)**

| Zsírsavak (%)*  | Kísérlet előtti szakasz | Kísérlet utáni szakasz | P   |
|-----------------|-------------------------|------------------------|-----|
| mirisztóleinsav | 0,79 ± 0,12             | 0,89 ± 0,17            | ns  |
| palmitóleinsav  | 1,28 ± 0,13             | 1,25 ± 0,19            | ns  |
| elaidinsav      | 2,88 ± 0,16             | 3,32 ± 0,12            | <5% |
| olajsav         | 24,45 ± 1,08            | 26,40 ± 0,62           | <5% |
| eikozénsav      | 0,05 ± 0,01             | 0,05 ± 0,00            | ns  |
| ΣMUFA           | 29,44 ± 10,43           | 31,92 ± 11,26          | <5% |

\*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

Áttekintve az egyszereesen telítetlen zsírsavak eredményeit (4. táblázat) a következő megállapításokat tettük. Az elaidinsav és az olajsav arányának növekedése a kísérleti szakaszban meghatározó volt a kísérlet előtti szakasz értékeivel összevetve. Az egyszereesen telítetlen zsírsavak összes aránya pozitív irányban módosult a két kísérleti szakasz összevetésekor.

A többszörösen telítetlen zsírsav-összetételre vonatkozó eredményeket a 5. táblázatban ábrázoltuk, ahol a takarmány-kiegészítés etetése előtti és az azt követő zsírsav-összetételre vonatkozó adatokat vetettük össze.

**5. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejzsír többszörösen telítetlen zsírsav-összetételére (A telep)**

| Zsírsavak (%)*     | Kísérlet előtti szakasz | Kísérlet utáni szakasz | P   |
|--------------------|-------------------------|------------------------|-----|
| linolsav           | 3,15 ± 0,17             | 3,50 ± 0,17            | <5% |
| konjugált linolsav | 0,53 ± 0,03             | 0,71 ± 0,06            | <5% |
| γ-linolénsav       | 0,5 ± 0,02              | 0,02 ± 0,01            | ns  |
| α-linolénsav       | 0,37 ± 0,04             | 0,51 ± 0,03            | <5% |
| eikozadiénsav      | 0,03 ± 0,01             | 0,03 ± 0,01            | ns  |
| eikozatriénsav     | 0,21 ± 0,02             | 0,16 ± 0,02            | <5% |
| arachidonsav       | 0,26 ± 0,02             | 0,23 ± 0,02            | <5% |
| eikozapentaénsav   | 0,03 ± 0,00             | 0,04 ± 0,00            | ns  |
| dokozapentaénsav   | 0,08 ± 0,01             | 0,07 ± 0,01            | ns  |
| ΣPUFA              | 4,72 ± 1,00             | 5,27 ± 1,12            | <5% |

\*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A többszörösen telítetlen zsírsavak többségénél pozitív változás volt megfigyelhető a kísérlet lefolytatását követően. A legnagyobb változást, több, mint másfélszeres növekedés, az α-linolénsav és a konjugált linolsav arányában volt tapasztalható a kísérleti utáni szakaszban. A linolsav koncentrációja szintén növekedett. Az α-linolénsav növekedését meghatározónak találtuk a tejzsír n6/n3 zsírsavarányának szűkítése szempontjából, a konjugált linolsav pedig, mint bioaktív anyag, számtalan előnyös tulajdonsággal bír a humán táplálkozásban. Az arachidonsav esetében kismértékű csökkenést tapasztaltunk. A többszörösen telítetlen zsírsavak összes aránya a tejzsírban növekedést mutatott a kísérleti előtti szakasszal történő összevetéskor.

A 6. táblázat a B telep tejmintáinak egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételét mutatja be a hidegen sajtolt lenmag kiegészítés alkalmazásakor és azt megelőzően.

**6. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejszír egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételére (B telep)**

| Zsírsavak (%)*  | Kísérleti előtti szakasz | Kísérlet utáni szakasz | P   |
|-----------------|--------------------------|------------------------|-----|
| mirisztoleinsav | 0,83 ± 0,09              | 1,00 ± 0,11            | <5% |
| palmitoleinsav  | 1,47 ± 0,13              | 1,44 ± 0,16            | ns  |
| elaidinsav      | 1,68 ± 0,16              | 4,24 ± 1,29            | <5% |
| olajsav         | 22,11 ± 1,24             | 21,74 ± 1,20           | ns  |
| eikozénsav      | 0,06 ± 0,01              | 0,05 ± 0,01            | ns  |
| ΣMUFA           | 32,63 ± 9,00             | 28,48 ± 9,11           | ns  |

\*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A hidegen sajtolt lenmag etetéssel az adott nagyüzem körülményei között a MUFA csoportba tartozó zsírsavak többségénél érdemi változást nem tudtunk elérni. Mindezek mellett az elaidinsav változásában bekövetkezett nagymértékű növekedés (több mint 2,5 szeres) valamint a mirisztoleinsav koncentrációjának pozitív változása szembetűnő volt. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak összes arányának változása a tejszírban nem volt szignifikáns.

A többszörösen telítetlen zsírsavak alakulásának adatait a hidegen sajtolt lenmag etetését követően és azt megelőzően a 7. táblázat közli.

**7. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejszír többszörösen telítetlen zsírsav-összetételére (B telep)**

| Zsírsavak (%)*     | Kísérleti előtti szakasz | Kísérlet utáni szakasz | P   |
|--------------------|--------------------------|------------------------|-----|
| linolsav           | 3,03 ± 0,24              | 3,49 ± 0,38            | ns  |
| konjugált linolsav | 0,31 ± 0,05              | 0,67 ± 0,12            | <5% |
| γ-linolénsav       | 0,06 ± 0,02              | 0,03 ± 0,01            | ns  |
| α-linolénsav       | 0,29 ± 0,03              | 0,58 ± 0,08            | <5% |
| eikozadiénsav      | 0,04 ± 0,02              | 0,03 ± 0,00            | ns  |
| eikozatriénsav     | 0,20 ± 0,03              | 0,17 ± 0,01            | ns  |
| arachidonsav       | 0,27 ± 0,03              | 0,23 ± 0,01            | ns  |
| eikozapentaénsav   | 0,03 ± 0,01              | 0,02 ± 0,01            | ns  |
| dokozapentaénsav   | 0,07 ± 0,02              | 0,07 ± 0,01            | ns  |
| ΣPUFA              | 4,30 ± 0,96              | 5,30 ± 1,11            | <5% |

\*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A többszörösen telítetlen zsírsavak tárgyalásakor a konjugált linolsav és az  $\alpha$ -linolénsav esetében növekedés volt tapasztalható. A többi többszörösen telítetlen zsírsav koncentrációjának változásában jelentős változást nem tudtunk kimutatni. A tejzsír többszörösen telítetlen zsírsavainak összes aránya ugyanakkor megnőtt a kísérleti utáni szakaszban kísérlet előtti adatokkal összehasonlítva.

A 8. táblázat az egyszeresen telítetlen zsírsav-összetétel változását mutatja be a hidegen sajtolt lenmag, mint takarmány kiegészítés alkalmazása esetén, a C telep vonatkozásában.

**8. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejzsír egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételére (C telep)**

| Zsírsavak (%)*  | Kísérlet előtti szakasz | Kísérlet utáni szakasz | P   |
|-----------------|-------------------------|------------------------|-----|
| mirisztóleinsav | 0,80 $\pm$ 0,13         | 0,69 $\pm$ 0,07        | ns  |
| palmitoleinsav  | 1,27 $\pm$ 0,14         | 1,14 $\pm$ 0,12        | ns  |
| elaidinsav      | 2,43 $\pm$ 0,13         | 2,86 $\pm$ 0,20        | <5% |
| olajsav         | 25,37 $\pm$ 1,60        | 25,84 $\pm$ 1,23       | ns  |
| eikozénsav      | 0,07 $\pm$ 0,00         | 0,06 $\pm$ 0,00        | ns  |
| $\Sigma$ MUFA   | 29,94 $\pm$ 10,87       | 30,59 $\pm$ 11,07      | ns  |

\*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

Az egyszeresen telítetlen zsírsavak alakulását áttekintve kijelenthető, hogy a hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés alkalmazásakor pozitív változás nem történt az egyszeresen telítetlen zsírsavak változásában, valamint azok összes arányának alakulásában, eltekintve az elaidinsav megnövekedett arányát a tejzsírban.

A 9. táblázat a C telep tejmintáinak többszörösen telítetlen zsírsav-összetételét elemzi a hidegen sajtolt lenmag kiegészítést magába foglaló kísérlet utáni, valamint a takarmány kiegészítés nélküli kísérlet előtti szakaszban.

**9. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejszír többszörösen telítetlen zsírsav-összetételére (C telep)**

| Zsírsavak (%)*     | Kísérlet előtti szakasz | Kísérlet utáni szakasz | P   |
|--------------------|-------------------------|------------------------|-----|
| linolsav           | 2,62 ± 0,25             | 2,81 ± 0,07            | ns  |
| konjugált linolsav | 0,46 ± 0,05             | 0,57 ± 0,05            | ns  |
| γ-linolénsav       | 0,03 ± 0,01             | 0,02 ± 0,01            | ns  |
| α-linolénsav       | 0,31 ± 0,02             | 0,42 ± 0,11            | ns  |
| eikozadiénsav      | 0,04 ± 0,02             | 0,03 ± 0,00            | ns  |
| eikozatriénsav     | 0,14 ± 0,01             | 0,15 ± 0,01            | ns  |
| arachidonsav       | 0,24 ± 0,02             | 0,23 ± 0,01            | ns  |
| eikozapentaénsav   | 0,03 ± 0,01             | 0,03 ± 0,01            | ns  |
| dokozapentaénsav   | 0,07 ± 0,02             | 0,06 ± 0,01            | ns  |
| ΣPUFA              | 3,93 ± 0,83             | 4,32 ± 0,89            | <5% |

\*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A többszörösen telítetlen zsírsavak arányának vizsgálatakor kijelenthető, hogy egy zsírsav esetében sem volt megfigyelhető érdemi pozitív változás. Mindezek mellett a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya a tejszírban megnőtt, amely szignifikáns is bizonyult.

A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés hatására mind a három telepen csökkent a tejszír palmitinsav koncentrációja. További csökkenés az A telepen a pentadekánsav és a margarinsav arányában volt, valamint a telített zsírsavak összes aránya is csökkent a tejszírban. A B telep eredményei több zsírsav arányában (undekánsav, tridekánsav, pentadekánsav) növekedést igazoltak. A C telepen a tridekánsav, a pentadekánsav és a margarinsav koncentrációja csökkent az etetés után. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak elemzése az eladinisav arányának növekedését igazolta mind a három telepnél. Továbbá az olajsav koncentrációja A telepnél, míg a mirisztoleinsav aránya a B telepnél nőtt. A többszörösen telítetlen zsírsavak közül az A és B telepnél egyaránt tapasztaltuk a konjugált linolsav és az α-linolénsav arányának növekedését az etetés után, valamint az A telep eredményei a linolsav koncentrációjának növekedését is igazolták. A C telepen jelentős változás a vizsgált többszörösen telítetlen zsírsavak arányában nem volt. Az n6/n3 zsírsav arányának alakulását nem befolyásolta az etetett takarmány-kiegészítés egy telepnél sem.

A szakirodalmi ajánlásokat és megfigyeléseket valamint adott nagyüzemi gazdasági szempontjait is szem előtt tartva tartottuk szükségesnek, hogy a lenmagolaj előállításából származó valamely mellékterméket is alkalmazzunk a tejelő tehenek takarmány kiegészítéseként.

### 3.2.2. A full fat olajos mag takarmány-kiegészítések hatása a tejzsír zsírsav-összetételének alakulására

Az egyszeresen telítetlen zsírsavak koncentrációjának alakulását a full fat lenmag takarmány-kiegészítés etetés vonatkozásában a 10. táblázat tekinti át.

**10. táblázat: Full fat lenmag etetés hatása a tejzsír egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételére (A telep)**

| Zsírsav         | Kísérlet előtti szakasz | Kísérleti szakasz | P   |
|-----------------|-------------------------|-------------------|-----|
| mirisztoleinsav | 0,90 ± 0,21             | 1,60 ± 0,24       | ns  |
| palmitoleinsav  | 1,71 ± 0,17             | 1,26 ± 0,19       | ns  |
| elaidinsav      | 2,19 ± 0,42             | 1,38 ± 0,46       | <5% |
| olajsav         | 22,65 ± 1,17            | 25,81 ± 1,61      | <5% |
| eikozénsav      | 0,05 ± 0,004            | 0,07 ± 0,02       | ns  |
| ΣMUFA           | 27, 51 ± 5,50           | 29,70 ± 5,94      | ns  |

\*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A C18:1 két izomer módosulata – az elaidinsav és az olajsav - esetében jelentős változás volt megfigyelhető a kísérlet utáni szakaszban, amely szignifikánsnak is bizonyult. Ugyanakkor az egyszeresen telítetlen zsírsavak összes aránya a tejzsírban nem változott érdemben a két vizsgált időszak összehasonlításakor.

A többszörösen telítetlen zsírsavak részarányának változását full fat lenmag takarmány-kiegészítés etetése előtt és azt követően a 11. táblázat ábrázolja.

**11. táblázat: Full fat lenmag etetés hatása a tejzsír többszörösen telítetlen zsírsav-összetételére (A telep)**

| Zsírsavak (%)*     | Kísérlet előtti szakasz | Kísérleti szakasz | P   |
|--------------------|-------------------------|-------------------|-----|
| linolsav           | 2,78 ± 0,24             | 2,57 ± 0,19       | ns  |
| konjugált linolsav | 0,52 ± 0,04             | 0,62 ± 0,05       | <5% |
| γ-linolénsav       | 0,02 ± 0,01             | 0,06 ± 0,07       | ns  |
| α-linolénsav       | 0,27 ± 0,03             | 0,60 ± 0,05       | <5% |
| eikozadiénsav      | 0,03 ± 0,01             | 0,04 ± 0,01       | <5% |
| eikozatriénsav     | 0,14 ± 0,02             | 0,14 ± 0,05       | ns  |
| arachidonsav       | 0,17 ± 0,02             | 0,18 ± 0,03       | ns  |
| dokozapentaénsav   | 0,01 ± 0,00             | 0,05 ± 0,03       | <5% |
| ΣPUFA              | 3,93 ± 0,94             | 4,27 ± 0,85       | ns  |

\*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A többszörösen telítetlen zsírsavak arányai változásának tárgyalásakor elmondható, hogy több zsírsav esetében statisztikailag is igazolható részarány növekedés volt megfigyelhető. A konjugált linolsav és az α-linolénsav arányában bekövetkezett növekedés jelentős volt a kísérletet követő szakaszban. További eltérést figyeltünk meg a takarmány-kiegészítés etetését követően a tejzsír eikozadiénsav és a dokozapentaénsav koncentrációjában, amely főként az optimális n6/n3 arány elérése érdekében tett törekvések tükrében fontos.

Az egyszeresen telítetlen zsírsav-összetétel alakulásáról a B telepen, az egész repcemag, mint takarmány kiegészítés alkalmazása során a következő megállapításokat tettük (12. táblázat).

**12. táblázat: Full fat repcemag etetés hatása a tejzsír egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételére (B telep)**

| Zsírsavak (%)*  | Kísérlet előtti szakasz | Kísérleti szakasz | P   |
|-----------------|-------------------------|-------------------|-----|
| mirisztóleinsav | 0,90 ± 0,13             | 0,98 ± 0,13       | ns  |
| palmitóleinsav  | 1,66 ± 0,20             | 1,80 ± 0,39       | ns  |
| elaidinsav      | 1,53 ± 0,26             | 1,40 ± 0,32       | ns  |
| olajsav         | 18,17 ± 1,06            | 19,56 ± 1,05      | <5% |
| eikozénsav      | 0,05 ± 0,004            | 0,07 ± 0,02       | ns  |
| ΣMUFA           | 22,31 ± 7,69            | 23,88 ± 8,39      | <5% |

\*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

Az egyszeresen telítetlen zsírsavak vonatkozásában az olajsav arányának esetében igazoltunk növekedést. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak összes részaránya nőtt a tejzsírban, amely szignifikáns volt.

A 13. táblázatban a többszörösen telítetlen zsírsav-összetétel eredményei tekinthetők át, a full fat repcemag takarmány-kiegészítés alkalmazását követően és azt megelőzően.

**13. táblázat: Full fat repcemag etetés hatása a tejzsír többszörösen telítetlen zsírsav-összetételére (B telep)**

| Zsírsavak (%)*     | Kísérlet előtti szakasz | Kísérleti szakasz | P  |
|--------------------|-------------------------|-------------------|----|
| linolsav           | 2,57 ± 1,11             | 2,60 ± 0,21       | ns |
| konjugált linolsav | 0,33 ± 0,01             | 0,49 ± 0,12       | ns |
| γ-linolénsav       | 0,03 ± 0,01             | 0,05 ± 0,04       | ns |
| α-linolénsav       | 0,39 ± 0,01             | 0,45 ± 0,09       | ns |
| eikozadiénsav      | 0,05 ± 0,01             | 0,04 ± 0,02       | ns |
| eikozatriénsav     | 0,16 ± 0,02             | 0,15 ± 0,02       | ns |
| arachidonsav       | 0,25 ± 0,03             | 0,24 ± 0,03       | ns |
| dokozapentaénsav   | 0,07 ± 0,01             | 0,06 ± 0,03       | ns |
| ΣPUFA              | 3,85 ± 0,85             | 3,95 ± 0,86       | ns |

\*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A többszörösen telítetlen zsírsavak arányában számottevő pozitív elmozdulás nem volt megfigyelhető, ahogy a többszörösen telítetlen zsírsavak összes arányának esetében sem a full fat repcemag kiegészítés során.

A full fat olajos magvak takarmány-kiegészítés etetés után a telített zsírsavak elemzésekor nagyobb számú zsírsav arányában tapasztaltunk csökkenést. Mindkét telepen csökkent a kaprilsav, a kaprinsav, a laurinsav és a mirisztinsav koncentrációja, valamint a tejzsír telített zsírsavainak összes aránya is redukálódott az etetés után. Továbbá az A telepen csökkent a palmitinsav és a margarinsav aránya is, ugyanakkor nőtt a sztearinsav és a behénsav koncentrációja a takarmány-kiegészítés etetése után. A B telep elemzése további csökkenést igazolt az undekánsav és a sztearinsav arányában is. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak vizsgálata az olajsav arányában növekedést igazolt mind a két telepnél a takarmány-kiegészítés etetés után, ugyanakkor az A telepen az elaidinsav koncentrációja csökkent. A többszörösen telítetlen zsírsavak elemzése az A telep eredményei alapján a konjugált linolsav, az α-linolénsav, az eikozadiénsav és a dokozapentaénsav arányában igazolt növekedést, míg a B telepen releváns változás nem történt a takarmány-kiegészítés etetése után. Az n6/n3 zsírsav arány változása nem volt meghatározó a kísérlet után egy telepnél sem.

### 3.2.3. Eltérő dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítések hatása a tejzsír zsírsav-összetételének alakulására

Az emelt dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés etetése egyes szakaszaiban tapasztalt egyszeresen telítetlen zsírsavakban bekövetkezett változásokat a 14. táblázatban tárgyaljuk.

**14. táblázat: Full fat lenmag etetés hatása a tejzsír egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételére**

| Zsírsavak (%)*  | Kísérlet előtti szakasz   | Kísérlet középső szakasza  | Kísérlet utáni szakasz     | P   |
|-----------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-----|
| mirisztóleinsav | 0,73 <sup>a</sup> ± 0,15  | 0,82 ± 0,15                | 0,99 <sup>b</sup> ± 0,22   | <5% |
| palmitóleinsav  | 1,40 ± 0,32               | 1,51 ± 0,25                | 1,57 ± 0,36                | ns  |
| heptadekénsav   | 0,18 ± 0,06               | 0,21 ± 0,06                | 0,21 ± 0,06                | ns  |
| elaidinsav      | 1,41 ± 0,48               | 1,60 ± 0,41                | 1,28 ± 0,35                | ns  |
| olajsav         | 20,77 <sup>a</sup> ± 2,76 | 27,08 <sup>b</sup> ± 3,37  | 25,50 <sup>b</sup> ± 2,91  | <5% |
| eikozénsav      | 0,04 <sup>a</sup> ± 0,01  | 0,05 <sup>b</sup> ± 0,01   | 0,05 ± 0,01                | <5% |
| ΣMUFA           | 24,53 <sup>a</sup> ± 8,19 | 31,28 <sup>b</sup> ± 10,73 | 29,61 <sup>b</sup> ± 10,13 | <5% |

\*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A vízszintes sorokon belül szereplő eltérő betűjelzésű átlagok szignifikánsan különböznek egymástól, P<5%

Az egyszeresen telítetlen zsírsavak változásának tárgyalásakor elmondható, hogy a mirisztóleinsav arányában bekövetkezett változások növekvő tendenciát figyeltünk meg a kísérleti szakaszok összehasonlításakor. Az olajsav esetében a kísérlet előtti és a kísérlet középső szakasza között erőteljes növekedés volt tapasztalható, amely kissé csökkent a kísérlet végére, míg az eikozénsav esetében a koncentráció növekedés a kísérlet előtti és a kísérlet középső szakaszának összevetésekor volt megfigyelhető. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak aránya a tejzsírban a kísérlet középső szakaszában mutatott jelentős növekedést, de a kísérlet végén tapasztalható csökkenése sem volt számottevő.

A többszörösen telítetlen zsírsavak alakulásáról elmondható (15. táblázat), hogy a zsírsavak többségénél statisztikailag is igazolható változásokat értünk el az emelt dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés etetésének adott szakaszaiban.

**15. táblázat: Full fat lenmag etetés hatása a tejzsír többszörösen telítetlen zsírsav-összetételére**

| Zsírsavak (%) <sup>*</sup> | Kísérlet előtti szakasz  | Kísérlet középső szakasza | Kísérlet utáni szakasz    | P   |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-----|
| linolsav                   | 2,70 ± 0,49              | 2,56 ± 0,43               | 2,43 ± 0,35               | ns  |
| konjugált linolsav         | 0,30 <sup>a</sup> ± 0,04 | 0,46 <sup>b</sup> ± 0,07  | 0,38 <sup>c</sup> ± 0,06  | <5% |
| γ-linolénsav               | 0,04 <sup>a</sup> ± 0,01 | 0,04 <sup>a</sup> ± 0,01  | 0,06 <sup>b</sup> ± 0,01  | <5% |
| α-linolénsav               | 0,34 <sup>a</sup> ± 0,05 | 0,60 <sup>b</sup> ± 0,01  | 0,42 <sup>c</sup> ± 0,06  | <5% |
| eikozadiénsav              | 0,02 ± 0,005             | 0,02 ± 0,01               | 0,02 ± 0,007              | ns  |
| eikozatriénsav             | 0,14 <sup>a</sup> ± 0,04 | 0,08 <sup>b</sup> ± 0,02  | 0,10 ± 0,05               | <5% |
| arachidonsav               | 0,20 <sup>a</sup> ± 0,04 | 0,16 <sup>b</sup> ± 0,02  | 0,16 <sup>b</sup> ± 0,02  | <5% |
| eikozapentaénsav           | 0,03 <sup>a</sup> ± 0,07 | 0,04 <sup>b</sup> ± 0,008 | 0,04 <sup>b</sup> ± 0,008 | <5% |
| dokozapentaénsav           | 0,07 <sup>a</sup> ± 0,01 | 0,07 ± 0,01               | 0,08 <sup>b</sup> ± 0,008 | <5% |
| ΣPUFA                      | 3,82 <sup>a</sup> ± 1,35 | 4,02 <sup>b</sup> ± 1,37  | 3,65 ± 1,26               | <5% |

<sup>\*</sup>zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A vízszintes sorokon belül szereplő eltérő betűjelzésű átlagok szignifikánsan különböznek egymástól, P<5%

A többszörösen telítetlen zsírsavak elemzése során a konjugált linolsav részarányának növekedése a kísérlet előtti és a kísérlet középső szakaszában tapasztaltuk, amely azonban a kísérlet végére kissé csökkent. A γ-linolénsav koncentráció növekedése a kísérlet előtti és a kísérlet utáni részében volt kifejezett. Az α-linolénsav részarányának növekedése főként a kísérlet előtti és a kísérlet középső szakaszának összevetésében volt jelentős, a kísérlet végére azonban kissé lecsökkent. Az eikozatriénsav koncentrációja a kísérlet előtti és a kísérlet középső szakaszában kissé lecsökkent. Az arachidonsav részaránya szintén csökkent a kísérlet végére, ugyanakkor az eikozapentaénsav és a dokozapentaénsav kismértékű növekedése a kísérlet előtti és a kísérlet szakaszok összevetésében statisztikailag is igazolható volt. A többszörösen telítetlen zsírsavak összesített arányában érdemi változást a kísérlet középső szakaszában értünk el.

A 16. táblázat a B telep egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételének alakulását mutatja a normál dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés alkalmazásakor.

**16. táblázat: Full fat lenmag etetés hatása  
a tejszír egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételére**

| Zsírsavak (%)*  | Kísérlet előtti szakasz   | Kísérlet középső szakasza | Kísérlet utáni szakasz    | P   |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----|
| mirisztoleinsav | 0,85 ± 0,27               | 0,88 ± 0,24               | 0,97 ± 0,33               | ns  |
| palmitoleinsav  | 1,78 ± 0,37               | 1,52 ± 0,38               | 1,82 ± 0,55               | ns  |
| heptadekénsav   | 0,20 <sup>a</sup> ± 0,05  | 0,16 <sup>b</sup> ± 0,02  | 0,15 <sup>b</sup> ± 0,03  | <5% |
| elaidinsav      | 2,39 <sup>a</sup> ± 0,96  | 1,57 <sup>b</sup> ± 0,23  | 1,40 <sup>b</sup> ± 0,28  | <5% |
| olajsav         | 21,33 <sup>a</sup> ± 3,36 | 24,71 <sup>b</sup> ± 2,96 | 22,51 ± 2,88              | <5% |
| eikozénsav      | 0,05 <sup>a</sup> ± 0,01  | 0,05 <sup>a</sup> ± 0,01  | 0,04 <sup>b</sup> ± 0,004 | <5% |
| ΣMUFA           | 26,60 ± 8,33              | 28,89 ± 9,77              | 26,75 ± 8,76              | ns  |

\*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A vízszintes sorokon belül szereplő eltérő betűjelzésű átlagok szignifikánsan különböznek egymástól, P<5%

Az egyszeresen telítetlen zsírsavak többségénél a változásokat statisztikailag is igazolni tudtuk. A kísérlet előtti és a kísérleti szakaszok összevetésében a heptadekénsav, mellett az elaidinsav és az eikozénsav arányának csökkenése volt megfigyelhető. Az olajsav esetében kísérlet előtti és a kísérlet középső szakaszának összehasonlításakor a növekedés számottevő volt. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak arányában igazolható változást nem volt megfigyelhető a kísérlet ideje alatt.

A többszörösen telítetlen zsírsavak alakulásának tárgyalásakor a normál dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés esetén (17. táblázat) több zsírsav arányának növekedését igazoltuk.

**17. táblázat: Full fat lenmag etetés hatása a tejzsír többszörösen telítetlen zsírsav-összetételére**

| Zsírsavak (%)*     | Kísérlet előtti szakasz   | Kísérlet középső szakasza | Kísérlet utáni szakasz    | P   |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----|
| linolsav           | 3,19 <sup>a</sup> ± 0,28  | 2,36 <sup>b</sup> ± 0,25  | 2,28 <sup>b</sup> ± 0,22  | <5% |
| konjugált linolsav | 0,45 ± 0,08               | 0,48 ± 0,06               | 0,45 ± 0,11               | ns  |
| γ-linolénsav       | 0,4 <sup>a</sup> ± 0,01   | 0,03 <sup>b</sup> ± 0,006 | 0,03 <sup>b</sup> ± 0,006 | <5% |
| α-linolénsav       | 0,23 <sup>a</sup> ± 0,02  | 0,58 <sup>b</sup> ± 0,07  | 0,59 <sup>b</sup> ± 0,11  | <5% |
| eikozadiénsav      | 0,02 ± 0,01               | 0,02 ± 0,01               | 0,03 ± 0,04               | ns  |
| eikozatriénsav     | 0,13 <sup>a</sup> ± 0,03  | 0,08 <sup>b</sup> ± 0,02  | 0,07 <sup>b</sup> ± 0,02  | <5% |
| arachidonsav       | 0,20 <sup>a</sup> ± 0,03  | 0,14 <sup>b</sup> ± 0,02  | 0,13 <sup>b</sup> ± 0,02  | <5% |
| eikozapentaénsav   | 0,01 <sup>a</sup> ± 0,005 | 0,03 <sup>b</sup> ± 0,01  | 0,03 <sup>b</sup> ± 0,01  | <5% |
| dokozapentaénsav   | 0,05 <sup>a</sup> ± 0,01  | 0,07 <sup>b</sup> ± 0,01  | 0,06 ± 0,01               | <5% |
| ΣPUFA              | 4,33 <sup>a</sup> ± 1,56  | 3,79 <sup>b</sup> ± 1,28  | 3,69 <sup>b</sup> ± 1,25  | <5% |

\*zsírsav-metilésztetek relatív tömegszázalékában

A vízszintes sorokon belül szereplő eltérő betűjelzésű átlagok szignifikánsan különböznek egymástól, P<5%

A többszörösen telítetlen zsírsavak tárgyalásakor elmondható, hogy a linolsav és a γ-linolénsav csökkenése a kísérlet előtti és a kísérlet középső szakaszának összehasonlításakor statisztikailag is igazolható volt. Az α-linolénsav arányában a növekedés kiemelkedő volt a kísérleti szakaszok összehasonlításakor. Az eikozatriénsav, az arachidonsav statisztikailag csökkenése mellett az eikozapentaénsav és a dokozapentaénsav kismértékű de szignifikáns növekedése volt megfigyelhető. A többszörösen telítetlen zsírsavak összes aránya a tejzsírban csökkenő tendenciát mutatott a kísérlet szakaszainak összevetésekor.

Az emelt és a normál dózisban alkalmazott full fat lenmag takarmány-kiegészítés a telített zsírsavak arányában az A telep eredményei alapján a csökkenést a laurinsav, a palmitinsav és a behénsav koncentrációjában igazolt, valamint a tejzsír telített zsírsavainak összes arányában, a tridekánsav arányában viszont növekedést volt tapasztalható. A B telepen a csökkenő tendencia a laurinsav, a tridekánsav, a pentadekánsav, a margarinsav, az arachidinsav, a heneikozánsav és a behénsav arányában volt alátámasztható az etetés után. A palmitinsav és a sztearinsav aránya ugyanakkor nőtt a B telepen. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak közül az olajsav aránya mint a két telepen nőtt. További növekedés az A telep eredményei alapján az eikozénsav

koncentrációjában, valamint az egyszerese telítetlen zsírsavak összes arányában történt, míg a B telepen csökkent az eikozénsav mellett az elaidinsav és a heptadekénsav aránya. A tejzsír többszörösen telítetlen zsírsavai közül az etetett takarmány-kiegészítéseket követően az  $\alpha$ -linolénsav, az eikozapentaténsav és a dokozapentaénsav arányban volt növekedés mindkét telepen. További pozitív változást az A telep eredményei a konjugált linolsav és a  $\gamma$ -linolénsav koncentrációban igazoltak, míg két zsírsav arányában (eikozatriénsav, arachidonsav) csökkenés volt. A B telepen a csökkenés a linolsav, a  $\gamma$ -linolénsav, az eikozatriénsav és az arachidonsav arányában volt az takarmány-kiegészítés etetés utána. Az A telepen a többszörösen telítetlen zsírsavak összes aránya nőtt az etetés alatt, míg a B telepen csökkent az etetés után. Az n6/n3 zsírsav arányának alakulására nem volt hatással az etetett takarmány-kiegészítés egy telepnél sem.

#### 4. Az értekezés új tudományos eredményei

1. Az n-3 zsírsavakban gazdag full fat lenmag, és a full fat repcemag naponta és állatonként 1-1,5 kg-os mennyiségben etetve nem csökkentette a tej zsírtartalmát.
2. A vizsgált telítetlen zsírsavforrások közül (hidegen sajtolt lenmag, full fat lenmag, full fat repcemag) full fat repcemag (1 kg/nap/tehén) etetése nem volt érdemleges hatással a tejzsír többszörösen telítetlen zsírsav-összetételére.
3. A full fat lenmag, mint természetes n-3 zsírsavforrás, növelte a humán-egészségügyi szempontból jelentős  $\alpha$ -linolénsav, eikozapentaénsav, dokozapentaénsav részarányát a magyarországi gyakorlatnak megfelelő takarmányozási eljárások mellett.
4. A hidegen sajtolt lenmag hatása kifejezettebb volt a tejzsír többszörösen telítetlen zsírsav-összetételnek összes arányára, mint a full fat lenmag és a full fat repcemag.
5. A magyarországi tejelő tehenészetekre jellemző tartósított tömegtakarmányok etetése mellett a kiegészítésként alkalmazott hidegen sajtolt lenmag (2 kg/nap/tehén), a full fat lenmag (1-1,5 kg/nap/tehén), és a full fat repcemag (1 kg/nap/tehén) etetése nem módosította a tejzsír n-6/n-3 zsírsav arányát.
6. A szív- és érrendszeri megbetegedésekkel bizonyíthatóan összefüggésben lévő palmitinsav arányának csökkenése mind a hidegen sajtolt lenmag, mind a full fat lenmag etetését követően jelentős volt.

## **5. Az eredmények gyakorlati hasznosíthatósága**

1. A kutatás során bebizonyosodott, hogy a hidegen sajtolt lenmag és a full fat olajsmagvak beilleszthetők a Magyarországon, iparszerű tartásban termelő, intenzíven tartott holstein-fríz állományok takarmányozási gyakorlatába anélkül, hogy a nagyüzemi termelési technológiát hátrányosan befolyásolná.
2. Az eredményeinkre alapozva kijelenthető, hogy a magyarországi tejelő tehenészetekre jellemző tartósított tömegtakarmányok etetése mellett a kiegészítésként alkalmazott full fat lenmag, mint természetes n-3 zsírsavforrás, növelte a humán-egészségügyi szempontból jelentős  $\alpha$ -linolénsav, eikozapentaénsav, dokozapentaénsav részarányát a tejzsírban.
3. Vizsgálatainkra alapozva állítható, hogy a kísérletbe vont telítetlen zsírsavforrások (hidegen sajtolt lenmag, full fat lenmag, full fat repcemag) a magyarországi gyakorlatnak megfelelő takarmányozási eljárások mellett alkalmasnak bizonyultak arra, hogy a szív- és érrendszeri megbetegedésekkel bizonyíthatóan összefüggésben lévő palmitinsav arányát csökkentsék a tejzsírban.
4. A kísérleti eredmények alapján elmondható, hogy a vizsgált telítetlen zsírsavforrások közül (hidegen sajtolt lenmag, full fat lenmag, full fat repcemag) a full fat repcemag (1 kg/nap/tehen) etetése a tejzsír többszörösen telítetlen zsírsav-összetételét érdemben nem befolyásolja.

## 6. Irodalomjegyzék

1. ELGERSMA, A. - TAMMINGA S. - ELLEN, G. (2006): Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science Technology* 131. 3-4. 207-225
2. FÉBEL, H. – VÁRHEGYI, I. (2007): A tejszír zsírsav-összetételének módosítása: lehetőségek, korlátok, táplálkozás-élettani szempontok. In: 326. Tudományos Kollokvium. Az MTA Élelmiszertudományi Komplex Bizottsága a Központi Élelmiszer-tudományi Kutatóintézet és a Magyar Élelmészisipari Tudományos Egyesület közös rendezésében. 2007. április 27. Budapest
3. KUKOVICS, S. (2001): A tej szerepe az emberi táplálkozásban. *Új Diéta*. 34.11.2-3
4. LIVINGSTONE, K.M. – HUMPHRIES, D.J. – KLIEM, K.E. – GIVENS, D.I. – REYNOLDS, C.K. (2015): Effects of forage type and extruded linseed supplementation on methane production and milk fatty acid composition of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 98. 6. 4000-4011
5. MURPHY, J.J. – CONOLLY, J.F. – MCNEIL, G.P. (1995a): Effects on milk fat composition and cow performance of feeding concentrates containing full fat rapeseed and maize distillers grains on grass-silage based diets. *Livestock Production Science*. 44. 1. 1-11
6. MURPHY, J.J. – CONOLLY, J.F. – MCNEIL, G.P. (1995b): Effects of performance and milk fat composition of feeding full fat soyabeans and rapeseeds to dairy cows at pasture. *Livestock Production Science*. 44. 1. 13-25
7. PERÉDI, J. (2002): A hazai lakosság alacsony n-3 zsírsavelátottságának javítási lehetőségei. *Olaj, Szappan, Kozmetika*. 51. 2. 45-49
8. PETIT, H.V. (2002): Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed whole flaxseed. *Journal of Dairy Science*. 85. 6. 1482-1490.
9. PETIT, H.V. (2003): Digestion, milk production, milk composition, and blood composition of dairy cows fed formaldehyde treated flaxseed or sunflower seed. *Journal of Dairy Science*. 86. 8. 2637-2646
10. SCHMIDT, J. – SIPŐCZ, P. – SIPŐCZ, J. (2000): Védett zsír hatása a bendőfermentációra és felhasználása a nagy tejtermelésű tehenek takarmányozásában. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 2. 49. 139-154
11. SCHMIDT, J. – PERÉDI, J. – TÓTH, T. – ZSÉDELY, E. (2008): A takarmányozás hatása az állati eredetű élelmiszerek összetételére és minőségére. In: *A jövő élelmiszerei és az egészség*. Szerk. NAGY, J., Debrecen. 197

12. SZŰCS, E. – MÓZSI, Z. – SZÖLLŐSI, I. – ÁCS, I. (1982): A laktációs görbe illesztése Wood-függvénnyel és a matematikai modell felhasználása a fejőstehenek tejtermelésének becslésében. Állattenyésztés és Takarmányozás. 31. 2. 115-122
13. WOOD, P.D.P. (1969): Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle. Animal Science. 11.3. 307-316

## 7. Megjelent saját tudományos közlemények



**DEBRECENI  
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM  
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400  
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/87/2018.PL  
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Süli Ágnes  
Neptun kód: MKRYJ4  
Doktori Iskola: Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola  
MTMT azonosító: 10029638

### A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

#### Magyar nyelvű könyvrészletek (1)

1. **Süli, Á.**: Erjedést segítő anyagok és erjedésdinamika I.

In: 50 év a mezőgazdaság szolgálatában Tanulmánykötet Professzor Szűcsné Dr. Péter Judit 70. születésnapja tiszteletére. Szerk.: Bodnár Károly és Horváth József, SZTE MGK, Hódmezővásárhely, 24-31, 2016. ISBN: 9789633064894

#### Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (5)

2. **Süli, Á.**, Béri, B., Csapó, J.: A takarmányozás hatása az állati termékekre, különös tekintettel a zsírsav-összetételére.  
*Állatteny. Takarm.* 64 (3), 164-177, 2015. ISSN: 0230-1814.
3. **Süli, Á.**, Béri, B., Csapó, J., Vargáné Visi, É., Borbélyné Varga, M.: Az olajos magvak felhasználásának lehetősége a tejelő tehenek takarmányozásában.  
*Agrártud. Közl.* 57, 67-74, 2014. ISSN: 1587-1282.
4. **Süli, Á.**, Béri, B., Csapó, J., Vargáné Visi, É.: A lenmag etetés hatása a tej zsírsavösszetételére.  
*Agrártud. Közl.* 51, 45-50, 2013. ISSN: 1587-1282.
5. **Süli, Á.**, Béri, B.: Funkcionális élelmiszer-előállítás lehetősége szarvasmarhával.  
*Economica.* 2 (1), 58-64, 2009. ISSN: 1585-6216.
6. **Süli, Á.**, Béri, B.: Hidegen sajtolt lenmag etetése szarvasmarhával.  
*Agrár- Vidékfejleszt. Szle.* 4 (2), 157-162, 2009. ISSN: 1788-5345.

#### Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

7. **Süli, Á.**, Garipoglu, A. V., Csapó, J., Béri, B., Vargáné Visi, É., Jónás, E.: Dietary manipulation to increase the concentration of n-3 fatty acids in milk fat.  
*Appl. Ecol. Environ. Res.* 16 (2), 1553-1562, 2018. ISSN: 1589-1623.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.15666/aer/1602\\_15531562](http://dx.doi.org/10.15666/aer/1602_15531562)  
IF: 0.681 (2016)





Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (3)

8. Béri, B., Vargáné Visi, É., Lóki, K., Csapóné Kiss, Z., **Süli, Á.**, Salamon, R. V., Csapó, J.: Analysis of the fatty acid pattern of milk from current and rare cattle breeds.  
*Acta Univ. Sapientiae, Alim.* 4, 28-43, 2011. ISSN: 1844-7449.
9. Csapó, J., Lóki, K., Béri, B., **Süli, Á.**, Vargáné Visi, É., Albert, C., Csapóné Kiss, Z.: Colostrum and milk of current and rare cattle breeds: protein content and amino acid composition.  
*Acta Univ. Sapientiae, Alim.* 4, 18-27, 2011. ISSN: 1844-7449.
10. Vargáné Visi, É., **Süli, Á.**, Béri, B., Csapóné Kiss, Z., Lóki, K., Salamon, R. V., Csapó, J.: Colostrum of current and rare cattle breeds: fatty acid pattern.  
*Acta Univ. Sapientiae, Alim.* 4, 5-17, 2011. ISSN: 1844-7449.

Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

11. **Süli, Á.**, Béri, B.: A takarmányozás hatása a tej zsírsavösszetételére.  
*Anim. Welf. Etol. Tartástechnol.* 5 (4), 255-262, 2009. ISSN: 1786-8440.

Idegen nyelvű konferencia közlemények (2)

12. **Süli, Á.**, Béri, B., Csapó, J., Berecz, E.: Oilseeds as a perspective in the nutrition on dairy farm.  
*Lucr. Ştiinţ. Zootech. Biotehnol.* 50 (2), 29-33, 2017. ISSN: 1841-9364.
13. Csapó, J., Béri, B., **Süli, Á.**, Vargáné Visi, É.: Colostrum and milk of different cattle breeds as amino acid source.  
*Acta Agric. Slov.* 100 (Suppl.), 327-331, 2012. ISSN: 1581-9175.

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 0,681**

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):  
0,681**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.



Debrecen, 2018.04.11.