

DOKTORI (Ph.D.) ÉRTEKEZÉS

Süli Ágnes

DEBRECEN

2018

DEBRECENI EGYETEM
ÁLLATTENYÉSZTÉSI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Prof. Dr. Komlósi István
egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezetők:

Dr. Béri Béla CSc
Prof. Dr. Csapó János DSc

A TEJZSÍR ZSÍRSAV-ÖSSZETÉTELÉNEK MEGVÁLTOZTATÁSA
TAKARMÁNYOZÁSI MÓDSZEREKKEL

Készítette:

Süli Ágnes
doktorjelölt

Debrecen
2018

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

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
az állattenyésztési tudományok tudományágában

Írta: **Süli Ágnes** okleveles agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskolája keretében

Témavezetők:

Dr. Béri Béla CSc
Prof. Dr. Csapó János DSc

A doktori szigorlati bizottság:

elnök: **Prof. Dr. Babinszky László PhD**
tagok: **Prof. Dr. Gundel János Professor emeritus**
Prof. Dr. Szabó Ferenc DSc

A doktori szigorlat időpontja: 2015. december 10.

Az értekezés bírálói:

Név	Tudományos fokozat	Aláírás
Dr. Szabó Ferenc	DSc	_____
Dr. Tóth Tamás	PhD	_____

A bírálóbizottság:

Név	Fokozat	Aláírás
elnök:		_____
tagok:		_____

titkár:		_____

Az értekezés védésének időpontja:

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	6
2. Témafelvetés és célkitűzések	8
3. Irodalmi áttekintés	10
3.1. Az élelmiszerek szerepe az egészségmegőrzésben	10
3.2. A lipidek szerepe a kérődzők takarmányozásában.....	15
3.3. A zsírsavak jellemzése	17
3.4. A tejzsír zsírsav-összetételét befolyásoló tényezők	22
3.5. A tejzsír zsírsav-összetételének változása különböző takarmány-kiegészítések hatására	31
3.6. Az olajos magvak alkalmazása a kérődzők takarmányozásban	34
4. Saját vizsgálatok	43
4.1. A vizsgálatok anyaga és módszere.....	43
4.1.1. A vizsgálat szervezése	44
4.1.2. Alkalmazott analitikai - kémiai módszerek	52
4.1.3. Az adatfeldolgozás menete, alkalmazott statisztikai módszerek.....	52
4.2. Vizsgálati eredmények és azok értékelése	54
4.2.1. A tejmenyiség és a tej összetételének alakulása az etetett takarmány-kiegészítések hatására	54
4.2.1.1. A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés etetésének hatása a tejmenyiség és a tej összetételének alakulására	54
4.2.1.2. A full fat olajos mag takarmány-kiegészítések etetésének hatása a tejmenyiség és a tej összetételének alakulására	62
4.2.1.3. Az eltérő dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítések hatása a tejmenyiség és a tej összetételének alakulására	68
4.2.2. A takarmány-kiegészítések hatása a tejzsír zsírsav-összetételének alakulására	73
4.2.2.1. A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés hatása a tejzsír zsírsav-összetételének alakulására	73

4.2.2.2. A full fat olajos mag takarmány-kiegészítések hatása a tejsír zsírsav-összetételének alakulására	86
4.2.2.3. Az eltérő dózisú a full fat lenmag takarmány-kiegészítések hatása tejsír zsírsav-összetételének alakulására	94
5. Következtetések.....	109
6. Új tudományos eredmények	113
7. Az eredmények gyakorlati hasznosíthatósága.....	114
8. Összefoglalás	115
9. Summary.....	120
10. Irodalomjegyzék	125
Megjelent saját tudományos közlemények	143
Mellékletek	145
Köszönetnyilvánítás.....	153

1. Bevezetés

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. Bár jelentős ezen termékek telített zsírsav-tartalma, ugyanakkor számos olyan egyéb komponenst is tartalmaznak, amelyek vitathatatlanul pozitív humán-egészségügyi hatással rendelkeznek. Mindezekből következik, hogy a tejelő szarvasmarhatartás és -tenyésztés egyik legfontosabb feladata a lakosság tejfogyasztásának kielégítése. A tejhasznosítású állományok legnagyobb részét holstein-fríz vérségű egyedek teszik ki, amelyek tenyésztésének elsődleges szempontja a nagy mennyiségű fogyasztói tej előállítása. A tejtermelő tehenészetekben a legnagyobb költségtételként a takarmányozás szerepel. A tejtermelő tehenek genetikai képességének kibontakoztatásához és a folyamatosan magas szinten tartott tejtermelés eléréséhez a szakszerű táplálóanyag-, és energiaellátáson át vezet az út. A nagyüzemi tejelő tehenéltartásban – technológiai, gépesítési szempontokat figyelembe véve – egy időben kevés takarmányféleségeket használnak. Hazánkban és számos más európai országban a kérődzők takarmánybázisának alapját a tartósított tömegtakarmányok (kukoricaszilázs, lucernaszenázs), valamint a különböző abrak takarmányok képezik. A gyakorlatban általánosan elterjedt monodietikus, jellemzően silókukorica szilázsra alapozott, takarmányozási módszer teljesen biztosítja a nagyüzemi körülmények között termelő, intenzíven tejhasznosítású tehenek táplálóanyag- és energia szükségletét. Mindezek mellett a monodietikus takarmányozás egyik következményeként 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 ipari és gazdasági fejlődése jelentős életmódváltozással járt (munkaidő csökkenése, fizikai aktivitás csökkenése), amely részben előnyös az ember számára, ugyanakkor számos hátrányos következménnyel is jár, így ANTAL (2007) véleménye szerint a civilizációs betegségek kialakulásának nagyobb kockázata. Ezen betegségek közé sorolható a túlsúly, az elhízás, amelyek hosszú távon további krónikus betegségek

kialakulásához vezetnek, úgymint szív- és érrendszeri megbetegedések, daganatos elváltozások, cukorbetegség vagy ezek szövődményei (BÍRÓ, 2008). A közös pont ezekben a betegségekben, hogy kivétel nélkül kapcsolatba hozhatók a táplálkozással. 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, Ca-szappanok) a tejtermelés mellett a tej táplálóanyag tartalmára, valamint a tejszír zsírsav-összetételére is hatást gyakorolhatnak (SCHMIDT et al., 2000; FÉBEL és VÁRHEGYI, 2007). 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.

2. Témafelvetés és célkitűzések

Vizsgálatainkat az egészségtudatos fogyasztói magatartás megjelenése, valamint annak lehetősége motiválta, hogy egy tömegtermeléssel előállított alapélelmiszert, mint a tej, takarmányozással módosítsunk, igazodva a megváltozott fogyasztói trendekhez. A szakirodalomban található etetési kísérletek, szinte kivétel nélkül, mesterségesen kialakított körülmények között, ideális feltételek mellett történtek, kis létszámú állatállománnyal. Intenzíven tartott tejhasznosítású szarvasmarhákkal, folyamatos termelés mellett még nem vizsgálták a tejsír zsírsav-összetételének módosítási lehetőségét. Ezért fontos szempontként jelent meg kutatásunkban az, hogy minden etetési kísérletünk nagyüzemi körülmények között történjen.

A kísérleteink során elsősorban olyan természetes alapanyagú, nagy n-3 zsírsavtartalommal rendelkező takarmány-kiegészítésekben gondolkodtunk, amelyek egyrészt könnyen beilleszthetők az intenzív tejhasznosítású nagyüzemek takarmányozási gyakorlatba, másrészt a nyerstej tejsírjának zsírsav-összetételét kedvezően befolyásolja úgy, hogy a tejmenyiség és a tejalkotók alakulása se térjen el nagyobb mértékben az elvárhatótól. A természetes alapanyagú zsírkiegészítések közül a tejsír zsírsav-összetételének pozitív irányú befolyásolására alkalmasak lehetnek a full fat olajos magvak, így a lenmag, illetve a repcemag, valamint a full fat lenmag feldolgozásából származó melléktermék. A lenmag és a repcemag nagy koncentrációban tartalmazzak olyan táplálkozásélettani szempontból fontos többszörösen telítetlen zsírsavakat, amelyek az emberi szervezet egészségének megtartásában kiemelt szereppel bírnak. A hidegen sajtolt lenmag, bár kisebb mennyiségben tartalmazza említett többszörösen telítetlen zsírsavakat, mégis pozitívan befolyásolhatja a tejsír zsírsav-összetételét.

Igyekeztünk tehát feltárni, hogy intenzív tejhasznosítású szarvasmarha telepeken milyen eredmények érhetők el a tejsír 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 tejsírtartalomra és tejfehérjetartalomra, amely paraméterek változása a folyamatos termelés mellett kiemelten fontosak.

Vizsgálataink során arra kerestük a választ, hogy:

- Beilleszthetők-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 összetétel) 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 etetése gyakorlati alkalmazhatóságának lehetőségét kívántuk bemutatni.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Az élelmiszerek szerepe az egészségmegőrzésben

Napjainkban növekvő figyelem irányul az élelmiszerek, közöttük a húsok és húskészítmények, a tej és tejtermékek táplálkozásbiológiai értékére. A húsminőséggel, valamint a tej és tejtermékekkel szemben támasztott fogyasztói igények az egészségtudatos magatartás kialakulásával átalakultak. Az egészségmegőrző táplálkozás az érdeklődés középpontjába került, és ennek folyamata SZAKÁLY et al. (2008) szerint Magyarországon is egyre inkább érzékelhetővé vált. Az élelmiszerek táplálkozásbiológiai értékére, a zsírtartalomra, a zsírsav-összetételre, a koleszterintartalomra, a vitamin- és ásványi anyag tartalomra, valamint a bioaktív anyagok mennyiségére és minőségére is nagyobb hangsúly helyeződött. SIMOPOULUS (1991, 2002a, b, 2008) humán-egészségügyi kutatásai szerint az utóbbi évtizedekben vezető helyet elfoglaló betegségek, úgy mint a szív- és érrendszeri, vagy a daganatos betegségek kórokai összefüggést mutatnak az emberi táplálkozással. SZENTE és SZAKÁLY (2005) szintén rámutatnak arra, hogy a humán egészségügyi kutatások eredményei szerint az utóbbi évtizedekben vezető helyet elfoglaló betegségek kórokai összefüggést mutatnak az emberi táplálkozással. BÍRÓ (2004) meggyőződése, hogy a betegségek több, mint 25-75%-a optimális táplálékfelvétellel megelőzhető lenne. SZAKÁLY (2006) már szűkíti a táplálkozást érintő anomáliák körét, és nagyobb problémaként azonosítja a magyar lakosság nem megfelelő szinten történő fogyasztását makro- és mikroelemekből, valamint egyes zsírsav csoportokból.

A különböző táplálkozásbiológiai előnyökkel rendelkező táplálóanyagok kutatása a zsírok sokoldalú - az emberi táplálkozásban betöltött - szerepére is kiterjed. Az állati termékek telített és telítetlen zsírsav-tartalmának, azok egymáshoz való arányának, valamint az emberi szervezetben betöltött szerepének vizsgálata is előtérbe került. BURR et al. (1932) majd nyolcvan évvel ezelőtt megállapították, hogy a zsírok, így bizonyos zsírsavak is, esszenciális összetevői az étrendnek. ANTAL és GAÁL (1998) szintén kiemelte, hogy a többszörösen telítetlen zsírsavbevitel mind a minőség, mind a mennyiség szempontjából a tudományos érdeklődés középpontjába került. Táplálkozás-élettani szempontból a linolsav és az α -linolénsav, illetve származékaik, az arachidonsav, az eikozapentaénsav és a dokozaheksaénsav jelentős. A linolsav (n-6) és az α -linolénsav (n-3) esszenciális, illetve félig esszenciális zsírsavaknak minősülnek, amelyekhez az

élelmiszerekkel, valamint a takarmányokkal kell mind az embernek, mind a gazdasági haszonállatoknak hozzájutni. A szervezetben ezek a zsírsavak alakulhatnak át deszaturációval és elongációval további, ugyancsak fontos, többszörösen telítetlen zsírsavvá (SIMOPOULUS, 2011). ZAJKÁS és BÍRÓ (2008), az α -linolénsav népegészségügyi jelentőségének kutatásában kiemelkedőnek ítélte meg az α -linolénsav szerepét a szív-, és érrendszeri megbetegedések megelőzésében.

A többszörösen telítetlen zsírsavak hatása a különböző élő szervezetek élettani folyamataiban rendkívül összetett, így közvetlenül befolyásolják a zsíranyagcserét, beépülnek a sejtmembránok foszfolipidjeibe fenntartva azok funkcióját, valamint hormonszerű eikozanoidok prekursorai (MATA et al., 1992; ANTAL és GAÁL, 1998; BARNA, 2006). CHAN et al. (1991) a linolsav kutatása során bizonyította annak hatását a szérum koleszterin- és LDL-szint csökkenésében. ANTAL és GAÁL (1998) és WAHRBURG (2004) az epidermális vízáteresztő képesség szabályozásában mutatták ki a linolsav fontos szerepét. ANTAL és GAÁL (1998) hangsúlyozzák az arachidonsav elengedhetetlen szerepét a sejtmembránok foszfolipidjeinek felépítése és funkciójuk fenntartása mellett, a magzati és posztnatális kor agy és retina fejlődésében. Az esszenciális, hosszú szénláncú n-3 zsírsavak közül BURR (1932) kiemelten kezeli az α -linolénsavat (ALA) valamint a metabolizmusa során keletkező eikozapentaénsavat (EPA) és dokozaheksaénsavat (DHA), amelyek feltétlenül szükségesek a normális növekedéshez és az egészséges életműködéshez. A hosszú szénláncú telítetlen zsírsavak jótékony hatásai közül a legismertebb a szív- és érrendszerre gyakorolt hatás, amelyet a 70-es években figyeltek meg elsőként DYERBERG et al. (1975) a grönlandi eszkimók tanulmányozásakor. Gyakorlatilag ismeretlen volt körükben a kardiovaszkuláris megbetegedések kialakulása, amelynek fő oka az eszkimók étrendjének alapját jelentő tengeri élőlények voltak, amelyek nagy mennyiségben tartalmaztak n-3 zsírsavakat.

Az utóbbi évtizedekben számos kutatási terület foglalkozott a többszörösen telítetlen zsírsavak különböző életfolyamatokban betöltött szerepével, hatásmechanizmusával, és több tudományos eredményt publikáltak az egészségmegőrzés kapcsán is. Minden a táplálkozáshoz, az egészséges életmódhoz köthető tudományos vagy ismeretterjesztő publikáció ebben a témakörben elősegítette az n-3 zsírsavakkal dúsított élelmiszeripari termékek vagy táplálék kiegészítők megjelenését a piacon. A betegségmegelőzés témakörben az n-3 zsírsavakhoz köthető kutatások közül az elsők között DYERBERG et al. (1978) valamint DYERBERG és BANG (1979) emelték ki a szívinfarktus megelőzésében az EPA fontosságát. További kutatások megerősítették az esszenciális n-

3 zsírsavak szerepét a szív-, és érrendszeri megbetegedések, az ischaemiás szívbetegségek megelőzésében és kezelésében egyaránt (GOODNIGHT et al., 1982; BURR et al., 1989; DELORGERIL et al. 1994; KANG és LEAF, 1996; CHADDHA és EAGLE, 2015). SIMOPOULUS (1988, 1991) kutatásaiban kiemelten foglalkozott többek között az esszenciális n-3 zsírsavak szervezetben betöltött szerepével, hangsúlyozva azok fontosságát a normális növekedés és fejlődés folyamatában. CONNOR et al. (1992) és CONNOR (2000) a retina és az agy megfelelő fejlődésének nélkülözhetetlen elemeként azonosítja az n-3 zsírsavakat. Számos szerző hivatkozik kedvező hatásukra az autoimmun megbetegedések (HARBIGE, 1998; SIMOPOULUS, 2002b), a Chron-betegség (CALDER, 2006), különböző daganatos elváltozások, magas vérnyomás (MORTENSEN et al., 1983; KRIS-ETHERTON et al., 2002) és reumás megbetegedések (KREMER, 2000) kapcsán. Napjainkban a bevitt zsírsavak mennyiségén túl, fontos szempontként jelenik meg az egyes zsírsavak aránya is, különös tekintettel az n-6/n-3 zsírsav arányra. Az ideális zsírsav-összetétel jelentősége kiemelt szerepet játszik a humán táplálkozásban is. HORNYÁK et al. (2005) meglátása szerint az esszenciális zsírsavakat tartalmazó élelmiszerek mellett az ideális zsírsav-összetételhez leginkább közelítő értékkel rendelkező élelmiszeripari termékek élvezhetnek jelentős figyelmet a tudatos fogyasztói társadalomban. A megváltozott táplálkozási szokások miatt kialakult bőséges linolsavbevitel nem csak erősen módosította az ideálisnak tekintett zsírsav arányt a táplálkozásban, hanem igazoltan rontotta az emberi szervezetben az α -linolénsav további hosszú szénláncú zsírsavakká való alakulásának a lehetőségét is. Az n-6 és az n-3 zsírsavak fogyasztására világszerte számos ajánlás található, amelyek szerint mindkettőből összesen 6, maximum 8 energia% (BÍRÓ és LINDNER, 1995) az optimális. Az n-3 zsírsavak közül az alfa-linolénsavból minimum 0,2 energia%, optimálisan naponta 0,9-1,0 g, a hosszabb szénláncú n-3 zsírsavakból (EPA, DHA) pedig még naponta 0,3-0,4 g szükséges SINGER (1995) kutatásai alapján. Más megközelítésben, az n-3 és n-6 zsírsavak hatásaiból következően a humán zsírsavszükségletre vonatkozó ajánlás ZAJKÁS (2004) szerint akkor jó, ha az n-6 zsírsavak a teljes zsírsav felvételnek 10-15%-át, n-3 zsírsavak, pedig 2-3%-át teszik ki. Az említett ajánlás a PUFA zsírsavak közül az élelmiszerekben előforduló linolsav és α -linolénsav arányát akkor tekinti optimálisnak, ha az a 3-5:1 között van. Az elmúlt évtizedekben lassan átalakuló zsírsavbeviteli szokások, így a megemelkedett n-6 zsírsavak felvétele, jellemzően a nyugati típusú társadalmakban volt megfigyelhető. A linolsavban gazdag növényi olajok használatának elterjedésekor, az említett tendencia Magyarországon is érzékelhető volt, amelyet az

országos táplálkozási vizsgálatok eredményei is megerősítettek. A Harmadik Országos Táplálkozási Vizsgálatban az ideális arányhoz képest a férfiak és a nők táplálkozásban 30:1, illetve 28:1 volt az n-6:n-3 zsírsavak aránya (BÍRÓ et al., 2007). A Magyar Élelmiszer-biztonsági Hivatal 2009-ben országos reprezentatív táplálkozási felmérést végzett, amelyet összekapcsoltak a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) által évente végzett Háztartás-statisztikai felméréssel. Az adatokból világosan kitűnik, hogy a jellemzően állati eredetű forrásból származó napi átlagos zsírbevitel 84-124 gramm közötti volt minden korosztályt és nemet tekintve. Ez az érték azonban jelentősen túllépi a zsírral bevitt energia 30%-át. A zsírsavak összetétele viszonylag kedvező tendenciát mutat, mivel a telített zsírsavak (SFA: 11,1 energia%), az egyszeresen telítetlen (MUFA: 11,8 energia%) és a többszörösen telítetlen (PUFA: 9,4 energia%) zsírsavak aránya az összes energia-bevitelhez képest elfogadhatóan alakult, és így a PUFA/SFA arány 0,9 lett (a javasolt 1-hez képest). Ugyanakkor a szerzők felhívják a figyelmet, hogy van még mit alakítani a zsír- és az olajfogyasztási szokásokon, mivel az n-6/n-3 zsírsavak aránya (27,7–30,1) továbbra is jelentősen túllépi az ajánlott (5-10) értéket (SZEITZ-SZABÓ et al., 2009). A 2014-ben végzett Országos Táplálkozás és Tápláltsági Állapot Vizsgálat (OTÁP) adatai alapján érdemi változás nem történt 2009 és 2014 között a magyar lakosság energia- és makrotápanyag-bevitelében (KÖZPONTI STATISZTIKAI HIVATAL: EURÓPAI LAKOSSÁGI EGÉSZSÉGFELMÉRÉS, 2014). KRAUSS et al. (2000) munkájában ismertetett amerikai táplálkozási ajánlás – a halolaj kardioprotektív hatása miatt – hetente két alkalommal hal-, elsősorban zsíros tengeri hal fogyasztását javasolja. Magyarországon azonban a zsíros tengeri hal közel sem olyan elterjedt élelmiszer, mint a tej. A tejzsír ugyanakkor, több mint kétszáz különböző zsírsavat, közöttük többszörösen telítetlen zsírsavakat is tartalmaz (ORDONICS és SZABÓ, 2008). A magyarországi tej- és tejtermékfogyasztás más nemzetekkel szembeni alacsony szintje ellenére is jelentős mértékben hozzájárul a zsírsavak természetes beviteléhez. PERÉDI (2002) meglátása, hogy a hazai lakosság alacsony n-3 zsírsav-ellátottság egyik javítási lehetősége a speciális takarmányozási módszerek által növelt n-3 zsírsav-tartalmú állati termékek előállítása.

A hazai táplálkozás jellemzéseként többen kiemelték a magyar népesség egészségi állapotának számottevő romlását az utolsó három évtizedben. Az egészségtelen életmód, a kiegyensúlyozatlan táplálkozás, az élvezeti szerek mértéktelen fogyasztása jelentős szerepet játszhatnak a lakosság élettartamának csökkenésében. A táplálkozás minősége

lényeges szerepet játszik az egészség megőrzésben, az életminőség javításában, amely hatás az alapvető élelmiszerek esetében még hangsúlyosabb lehet. Mindezek mellett a tej- és tejtermékek fogyasztása messze elmarad az étlettanilag javasolható optimális mennyiségtől, amely részben a vásárlók hiányos és esetenként mesterségesen eltorzított táplálkozási ismereteinek tudható be.

3.2. A lipidek szerepe a kérődzők takarmányozásában

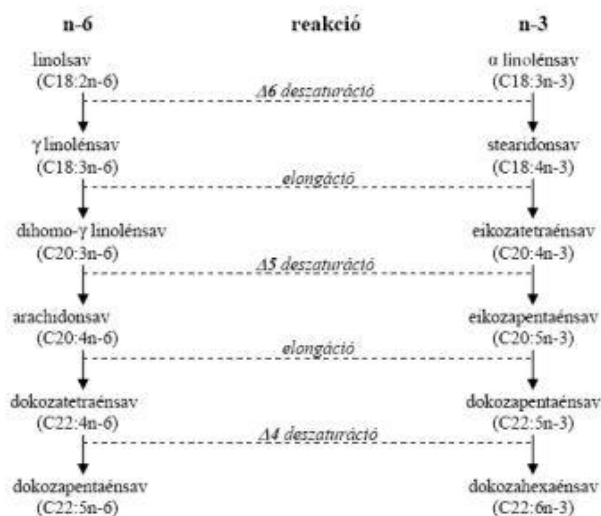
A lipidek életfontosságú szerves vegyületek, különböző felépítéssel és funkcióval rendelkező molekulák, amelyek közös tulajdonsága, hogy apoláros oldószerekben jól oldódnak. A klasszikus kémiai csoportosításban két csoportra oszthatók, az elszappanosítható lipidekre (lúggal főzve több komponensre hidrolizálnak) és az el nem szappanosítható lipidekre (lúg hatására nem hidrolizálnak). Mivel szerkezetüket tekintve egymástól eltérő vegyületcsoportokról beszélhetünk, az élőlények szervezetében betöltött szerepük alapján is történhet az osztályozásuk. A zsírok funkciója nélkülözhetetlen az állati szervezet működésében, fontos a szerepük az energiaszolgáltatás, de részt vesznek a sejtmembránok, szövetek, egyes hormonok és az epesavak felépítésében, közeget biztosítanak a zsírolható vitaminok felszívódásához, raktározásához és nem utolsósorban hő- és mechanikai védelmet biztosítanak. A neutrális zsírok vagy trigliceridek a táplálék alkotóelemei, a glicerinnek három molekula zsírsavval képzett észterei. A köznapiban vett zsírok, többségükben glicerin-zsírsav észterek, táplálkozási jelentősége - az energiatartalom mellett - az esszenciális zsírsav- és zsírolható vitamin tartalmukban van. A kérődzők takarmányozásában az energiaforgalomban betöltött szerepüket tekinti a szakirodalom elsődlegesnek. A nemesítő munka következményeként a gazdasági haszonállataink genetikai képességének fejlődésével, a termelési szint növekedése maga után vonta az energiaszükséglet emelkedését, amely igényt bizonyos esetekben a takarmány zsírral történő kiegészítése útján lehet csak fedezni. A kérődzők energia ellátásában való fontos szerepük a magas (38,5-39,7 MJ/kg), átlagosan a többi táplálékanyaghoz viszonyítva kétszeres, energiatartalmukra vezethető vissza (JENKINS és PALMQUIST, 1984). Energiatartalmuk mellett a magas látszólagos emészthetőségük (80%), az emésztésük során fellépő kisebb hőveszteség is indokolja alkalmazásukat a takarmányozás gyakorlatában. BALDWIN et al. (1980) szerint kis terimével rendelkeznek, így helyigényüknél fogva nem korlátozzák a takarmányfelvételt, amely különösen a laktáció elején fontos. BRYDL et al. (2003), valamint HARVATINE és ALLEN (2005) ugyanakkor azt hangsúlyozzák, hogy az alkalmazott takarmányadag energiatartalmának növelése ne vonja maga után a szárazanyag-tartalom jelentős emelkedését és a bendőacidózis kialakulásának nagyobb kockázatát. CSAPÓ és CSAPÓNÉ (2007) felhívják a figyelmet, hogy a kérődzők gyomra és bélcsatornája, valamint a belső anyagforgalmuk is alapvetően a sok nyersrostot tartalmazó növényi táplálékok hasznosítására és az azokból képződő illózsírsavak értékesítésére adaptálódott. A magas telítetlen zsírsav-tartalommal rendelkező zsiradékok nagyobb mennyiségű

felhasználása a kérődző állatok takarmányozásában nem lehetséges, mert az ilyen zsírok olvadáspontja általában 45 °C alatt van. A magas telítetlen zsírsav-tartalmú zsírok az emésztőtraktusban folyékony formában vannak jelen, mivel az állat maghőmérséklete 38-39 °C körül ingadozik. A folyékony olajok bendőbeli jelenléte nem kívánatos, mivel a mikroorganizmusok telítési mechanizmusa károsodik. Ebben az esetben romlik a nyersrost bendőbeli lebontása, szűkül a bendőfolyadék ecetsav-propionsav aránya, csökken a tej zsír- és fehérjetartalma, valamint romlik a takarmányfogyasztás (FÉBEL et al., 2004). A bendőben történő mikrobiális fermentáció negatív befolyásolása nélkül az alkalmazott takarmányadag teljes zsírtartalma (takarmány nyerszsír-tartalma és az alkalmazott zsírkiegészítés együttvéve) akkor veszélytelen, ha arányuk a teljes takarmány szárazanyag-százalékában nem nagyobb 5-6%-nál (VÁRHEGYI J.-né és VÁRHEGYI, 1992). SCHMIDT et al. (1993) szerint a takarmány szárazanyagra vetített nyerszsír tartalma általában 2,8-3,5% körül alakul átlagosan, amely 4-5%-ig növelhető a bendőfermentáció jelentősebb zavarása nélkül. Ennél nagyobb mennyiségben alkalmazva azonban zavarja a bendőben zajló mikrobiális fermentációt (HAGEMEISTER és KAUFMAN, 1979).

A zsírkiegészítések említett hátrányai megelőzhetők vagy jelentősen mérsékelhetők mesterségesen, fizikai vagy kémiai eljárással előállított zsírkészítmények vagy olajos magvak (napraforgó, gyapot, szója, repcemag, lenmag) esetleg ezek pogácsáinak alkalmazásával. A felsorolt tények figyelembe vétele a gyakorlati takarmányozásban alkalmazható megoldások körét nagymértékben leszűkíti. A nemzetközi és a hazai gyakorlat ugyanakkor számtalan, különböző telítettségű és eredetű bendővédett zsírkiegészítőt alkalmaz energia kiegészítésként, vagy a zsírsav-összetétel módosítása céljából az intenzíven tejelő szarvasmarhák takarmányozásában.

3.3. A zsírsavak jellemzése

A zsírokat alkotó zsírsavláncok hossza és telítettségi állapota alapvetően meghatározza a trigliceridek fizikai tulajdonságát. A zsírsavak csoportosítása történhet a zsírsavlánc hossza (hosszú, közepes és rövid szénláncú zsírsavak), a szénatomok közötti kettős kötések száma (telített, telítetlen), és helye (n-3, n-6, n-9), valamint a kettős kötés konfigurációja (cisz-, transz) alapján. A természetben előforduló zsírsavak rendszerint páros szénatomot tartalmaznak, ahol a szénatomszám C14-22 között változik, de a kérődzők tejében megtalálhatók a rövidebb szénláncú C4-10 zsírsavakból álló zsírok is, amelyek a kérődzők tőgyében a páros szénatomszámú illózsírsavakból, az ecetsavból és a β -hidroxivajsavból képződnek. Az állati szervezetben legnagyobb mennyiségben jelen levő zsírsav a palmitinsav (C16) és a sztearinsav (C18). A telített zsírsavakban (SFA) a szénatomok a láncban egyszeres kötéssel kapcsolódnak egymáshoz, valamennyi kötés telített. A telítetlen zsírsavak a természetes zsíradékokban egy, két vagy több kettőt kötést tartalmaznak, így megkülönböztetünk egyszeresen (MUFA) és többszörösen (PUFA) telítetlen zsírsavakat. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak közül kiemelt figyelmet érdemel az olajsav, illetve a palmitoleinsav. A többszörösen telítetlen zsírsavak esetében attól függően, hogy a metilcsoport felől számítva hányadik szénatomon kezdődik az első kettős kötés, n-9-, n-6-, és n-3 zsírsavcsaládokat különíthetünk el. A telítetlen zsírsavak, az energiaszükséglet fedezésében és a test felépítésében szerepet játszó telített zsírsavakkal szemben specifikus feladatokat is ellátnak a közbülső anyagforgalomban, így elősegítik egyéb zsírsavak felszívódását, és beépülését, valamint alapját képezik további többszörösen telítetlen zsírsavak szintézisének. A telítetlen zsírsavak rendkívül fontosak, amikor a számtalan, különböző zsírforrás alkalmazásáról tárgyalunk a gazdasági haszonállatok takarmányozásában (HRDINKA et al., 1996). GURR (1992) kijelentette, hogy a többszörösen telítetlen zsírsavak (linolsav, linolénsav) esszenciálisak nemcsak az emberek, hanem a gazdasági haszonállatok számára is, WHITEHEAD (1984) véleménye szerint hiányuk metabolikus rendellenességekhez vezethet. Mind a linolsav, mind a linolénsav metabolizmusa során deszaturációval és lánchosszabbítással, enzimatis úton, a deszaturáz enzimrendszer és transzferázok révén több kettős kötést tartalmazó többszörösen telítetlen zsírsavak keletkeznek (SIMOPOULUS, 1991). A két zsírsav metabolizmusában közös enzimek szerepelnek, így esetenként kompetíció alakulhat ki a szubsztrátok között, amely meghatározza a képződő zsírsavak mennyiségét is (1. ábra).



1. ábra: A linolsav és az α -linolénsav metabolizmusának lépései
(SIMOPOULUS, 1991)

A szintézist befolyásoló takarmányozási és táplálkozási faktorok közül maguk a zsírsavak a legfontosabbak. A linolsavnak az α -linolénsavhoz viszonyított túl nagy mennyisége gátolhatja az EPA és a DHA kialakulását, és viszont, az α -linolénsav ugyanígy hatással lehet a linolsav származékainak képződésére, ezért is kritikus jelentőségű a táplálékkal felvett n-6-os és n-3-as zsírsavak aránya a humán táplálkozásban (BEZARD et al., 1994). Az emberben is működik az átalakító enzimrendszer, azonban hatásfoka meglehetősen alacsony, férfiakban mindösszesen körülbelül 0%-ra BURDGE és WOOTTON (2002) és 4%-ra becsült EMKEN et al. (1994) eredményei alapján, nőkben BURDGE (2004) valamelyest hatékonyabbnak találta.

A linolsavak egy részében a kettős kötések konjugáltak, ezeket nevezzük konjugált linolsavaknak (KLS). A konjugált linolsav szerkezeti és geometriai linolsav-izomer gyűjtőnévként használják minden olyan linolsav molekulára, amely a linolsavval szemben nem izolált, hanem konjugált helyzetben tartalmaznak két kettős kötést. A konjugált linolsav a természetben a többszörösen telítetlen zsírsavak biológiai hidrogénezése során keletkezik. A természetben a leggyakrabban előforduló konjugált linolsav izomer a cisz-9, transz-11 C18:2, amely a linolsav biológiai hidrogénezésének első lépésében keletkezik. Ez a bakteriális enzimtevékenység főként a kérődző állatok bendőjében zajlik. A konjugált linolsav keletkezésének két fő folyamata ismert, miszerint intermediereként keletkezik a bendőben a linol- illetve a linolénsavból biohidrogénezés során. A tőgyben is kimutatható, ahol a Δ -9 desaturáz aktivitásnak köszönhetően a

vakcénsavból c-9, t-11 KLS szintetizálódhat (GRIINARI és BAUMAN, 1999). A legjelentősebb konjugált linolsav forrásként ezek alapján a kérődzők termékei, így a tej- és tejtermékek, valamint a hús, tekinthetők. A tejzsír összes KLS tartalmának több mint 80%-át a c-9,t-11 KLS teszi ki, és ugyanez az arány figyelhető meg a tejtermékek lipid frakciójában, a kérődzők húsának intramusculáris és bőr alatti zsírjában is (PARODI, 1977). A természetben a kettős kötés a telítetlen zsírsavakban általában cisz-konfigurációjú, ahol a térbeli elhelyezkedés ezzel ellentétes azokat egységesen transz-zsírsavaknak nevezik. LOCK és BAUMAN (2004) szerint leggyakoribb transz-zsírsavak mind a humán, mind a haszonállatok táplálkozásában az egy kettős kötéssel rendelkező C18 szénatomból álló zsírsavak. A transz-zsírsavak és a konjugált linolsav különböző izomerjeinek jelenléte a tej- és tejtermékekben, a takarmányból származó többszörösen telítetlen zsírsavak biohidrogénezésének egyértelmű következménye (HARFOOT és HAZLEWOOD, 1997).

Mivel az állatok a növényekkel szemben nem képesek *de novo* az n-6 és n-3 zsírsavak szintézisére, ezért ezen zsírsavak elsődleges forrásai a növények, amelyek képesek arra, hogy a zsírsavlánc n-9 szénatomjai és a metil terminális végek közötti kötések deszaturálják (DEMANDRE et al., 1986). A növény eredetű zsírokban előforduló telítetlen zsírsavak közül a legnagyobb arányban az olajsav, a linolsav, a linolénsav fordul elő. A természetes körülmények között tartott kérődzők is találkoznak eltérő eredetű zsírokkal és olajokkal, amelyek a táplálékforrásuk részét képező különböző növényfajok leveleiben és magjaiban megtalálhatók. A fiatal levelek szárazanyagának mintegy 10%-át teszik ki a telítetlen zsírsavakban (linolsav, linolénsav) gazdag lipidek (McDONALD et al., 1980), amelyek aránya fokozatosan csökken a növény fenológiai szakaszainak előrehaladtával, és változik azok zsírsavaránya is (OKSANEN és THAFVELINEN, 1965). A gabonafélék 1,5-2,0%, a kukorica és a zab 4,0-4,5% nyerszsírt tartalmaznak szárazanyagra vonatkoztatva, ezzel szemben az olajos magvak (napraforgó, repce, len) szárazanyagát körülbelül 30-40%-os nyerszsírtartalom jellemzi. A növényi magvak zsírsavkészletének legnagyobb hányadát általában a linolsav teszi ki (GURR, 1984). A linolsav jellemző természetes forrásai a különböző olajos magvak, és az azokból nyert növényi olajok, mint a napraforgó-, kukorica-, szója-, és repceolaj. A repcemag (*Brassica napus* L.) az erukasav és a mustárolaj glikozid tartalma miatt a múltban kevésbé volt elterjedt a gazdasági haszonállatok takarmányozásában. A nemesítési munkával előállított duplanullás fajták már alacsonyabb erukasav és glikozid tartalommal rendelkeznek, így előnyösebb alkalmazásuk is. A 00-ás hibridek extrahált darája mellett

a teljes olajtartalmú repcemag (full fat repce) is alkalmasnak minősül takarmányozási célra. A full fat repcemagra jellemző alacsony telített zsírsav-tartalom, átlagosan 6-7%, főként palmitinsav és sztearinsav alkotókkal (BOCIANOWSKI et al., 2012). A telítetlen zsírsav-tartalma ezzel szemben viszonylag magas, átlagosan 92%, amely főként olajsavból (56%), valamint linolsavból (26%) és linolénsavból (10%) áll (GUNSTONE és HARWOOD, 2007). Az állati eredetű termékek jellemzően kisebb mennyiségben tartalmazzák a linolsavat és egyéb n-6 zsírsavakat.

A növényi kloroplasztisz membrán igen gazdag α -linolénsavban, azonban mivel zsírtartalma alacsony, ezért összmennyiségük is korlátozott (KINSELLA, 1991). CARTER (1993) véleménye szerint az olajos magvak közül a lenmag (*Linum Usitatissimum* L.) a legfontosabb növényi eredetű forrása az n-3 többszörösen telítetlen zsírsavaknak. A lenmag olajtartalma a termesztés feltételeitől függően 40% körüli értéken mozog, az európai területeken 56-71% a 18:3 n-3 zsírsavak aránya, a fennmaradó zsírsavtartalom főként 18:2 (12-18%) és 18:1 (10-22%) zsírsavakból tevődik össze (DEUTSCHE GESELLSCHAFT für FETTWISSENSCHAFT, 2011). OOMAH és MAZZA (1998) összefoglaló munkájában a full-fat lenmag átlagosan 5% palmitinsavat (16:0), 3% sztearinsavat (18:0), 13-25% olajsavat (18:1n-9), 15% linolsavat (18:2n-6) és 46-64% α -linolénsavat (ALA; 18:3n-3) tartalmaz. Az olajlen hidegen sajtolt olajgyártásakor készült préselvény vagy pellet olajtartalma körülbelül 1/3-a a mag eredeti olajtartalmának. Általánosságban elmondható, hogy az állati eredetű termékek kisebb mennyiségben tartalmazzák α -linolénsavat, mint linolsavat, ez alól kivételt képeznek a tengeri halak, valamint néhány édesvízi halfaj (KINKELA és BEZARD, 1993; KYLE, 2001), amelyek tulajdonképpen egyik leggazdagabb természetes forrásai az n-3 többszörösen telítetlen zsírsavaknak. A halak egy részének táplálékául szolgáló fotoszintetizáló mikroalgák zsírsav átalakító képessége egészen rendkívüli, lipidjeikben képesek nagy arányban felhalmozni az EPA-t és a DHA-t (KYLE, 2001). Ezek a zsírsavak, a természetes táplálékláncból adódóan dúsulhatnak fel a tengeri halak szervezetében.

A tejzsír zsírsav-összetétele jelentősen eltérhet a takarmány zsírjának zsírsav-összetételétől. A takarmány összetétele, a bendőfermentáción keresztül a képződött zsírsavak mennyisége és egymáshoz viszonyított aránya alapján, jelentős befolyással van a tej képződésére és összetételére. A tejzsír 65-70%-a a mirigyhámsejtekben illózsírsavakból képződik. Itt képződnek a rövid és a közepes hosszúságú zsírsavak a vajsavtól a palmitinsavig, mert a lánchosszabbításhoz szükséges enzimek hiányoznak a

tejmirigy mirigyhámsejtjeiből. A tejben lévő hosszú szénláncú zsírsavak (C16-C18) egy része közvetlenül a táplálékból származik, ami zsírcseppecskék formájában felszívódva a nyirokáram útján jut közvetlenül a tőgybe. A hosszú szénláncú zsírsavak másik része a zsírszövetben és a májban szintetizált zsírból származik, amelyek részben szabad zsírsav, részben neutrális zsír formájában jutnak a tőgybe (CSAPÓ és CSAPÓNÉ, 2007). A kérődzők bendőjében végbemenő mikrobás fermentáció, melynek során a takarmánnyal a bendőbe jutott zsírok egyrészt a mikroorganizmusok termelte, másrészt a lipolitikus enzimek hatására részben hidrolizálódnak, majd a bendőmikrobák a takarmánnyal felvett telítetlen zsírsavak egy részét hidrogénezés útján telítik, amelynek során főként palmitinsav és sztearinsav keletkezik. GRUMMER (1991) szerint a tehéntej zsírja kb. 70% telített (SFA), 25% egyszeresen telítetlen és 5% többszörösen telítetlen zsírsavakat tartalmaz. MANSBRIDGE és BLAKE (1997) a tejzsír főbb zsírsavaiként a mirisztinsavat, a palmitinsavat és a sztearinsavat jelöli meg, amely telített zsírsavak mintegy 75%-ban vesznek részt a tejzsír zsírsav-összetételének kialakításában. További 21%-ban előforduló egyszeresen telítetlen zsírsavak közül az olajsavat emelik ki. CSAPÓ et al. (2001) felhívják a figyelmet, hogy a tejzsírt nemrég még egyértelműen egészségre károsnak tartották, annak magas telített zsírsavtartalma miatt. Ugyanakkor CSAPÓ és CSAPÓNÉ (2002) véleménye szerint a tejzsír viszonylag nagy rövid szénláncú zsírsavtartalma (1. táblázat) a tejzsír egyik legfontosabb jellegzetessége.

1. táblázat: A tejzsír főbb zsírsavai (CSAPÓ és CSAPÓNÉ, 2002)

Zsírsav		Átlag (%)	Szélsőértékek (%)
vajsav	C4	3,6	2,5 - 6,2
kapronsav	C6	2,3	1,4 - 3,8
kaprilsav	C8	1,3	0,5 - 1,9
kaprinsav	C10	2,7	1,9 - 4,0
laurinsav	C12	3,3	1,9 - 4,7
mirisztinsav	C14	10,7	7,8 - 14,0
mirisztolajsav	C14:1	1,4	0,3 - 2,6
pentadekánsav	C15	1,2	0,4 - 2,3
palmitinsav	C16	27,6	22,0 - 41,9
palmitolajsav	C16:1	2,6	0,9 - 4,6
margarinsav	C17	0,9	0,4 - 1,6
sztearinsav	C18	10,1	6,2 - 13,6
olajsav	C18:1	26	19,7 - 34,0
linolsav	C18:2	2,5	0,8 - 5,2
linolénsav	C18:3	1,4	0,3 - 2,9

A tejsír zsírsav-összetételét a szénlánc hosszúsága alapján CSAPÓ és CSAPÓNÉ (2002) rövid szénláncú zsírsavakra (4-8 szénatomszám között), közepes szénláncú zsírsavakra (8-14 szénatomszám között) és hosszú szénláncú zsírsavakra (14 szénatomszám felett) osztja fel. A tejsír aránylag kis mennyiségben tartalmaz többszörösen telítetlen zsírsavakat, így például α -linolénsavat is. MANSBRIDGE és BLAKE (1997) mintegy 4 g/100 g tejsír mennyiségben határozza meg a többszörösen telítetlen zsírsavak átlagos mennyiségét, főként a linolsav (C18:2) és a linolénsav (C18:3) tartalom tekintetében. SCHMIDT (2006) szerint, a tejsír zsírsav-összetételét a takarmányozás alapjaiban határozza meg, ugyanis a közepes (C12-16) illetve a hosszú szénláncú zsírsavak (>C16) egy része közvetlenül a takarmányból származik. A zöldtakarmányokban csak cisz formában fordulnak elő telítetlen zsírsavak, így a takarmány linolsav tartalma is 70-90%-ban biológiailag hidrogéneződik a bendőben. A tejsír 2,5% elaidinsavat (transz-oktadecénsav) tartalmaz, amely összességében a C18:1 telítetlen zsírsavak mennyiségének 10%-át teszi ki. A többi C18:1 izomer mennyisége kisebb, mint 1%.

A takarmányozás változatos hatást gyakorol az állati eredetű élelmiszerek összetételére, így azok táplálkozási értékére. Tekintve, hogy a tejsír zsírsav-összetétele széles tartományban változhat, így a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége és az α -linolénsav tartalom is nagymértékben ingadozhat a takarmányozástól függően.

3.4. A tejsír zsírsav-összetételét befolyásoló tényezők

A nagyszámú irodalom, amely tárgyalja a tej zsírtartalmának, illetve zsírsavprofiljának változásait az egyedi eltérések mellett a fejési körülményeket, a genetikai tényezőket (fajta), a laktációs stádiumot, az évszakhatást és nem utolsó sorban a takarmányozást jelöli meg, mint fő befolyásoló tényezőket.

Számos szerző számol be arról, hogy a faj és a fajta jelleg milyen eltéréseket okozhat a tejsír zsírsav-összetételében. SALAMON et al., (2005) kutatása a szarvasmarha és a kecske tejsírjának zsírsav-összetételében mutatkozó eltérések vizsgálatát célozta. A két faj között jelentős eltéréseket fedeztek fel, nevezetesen az egyszeresen telítetlen zsírsavak aránya a tehéntejben, a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya, így a konjugált linolsav és az α -linolénsav, pedig a kecsketejben mutatott magasabb értéket. PAJOR et al., (2009) kutatása a Magyarországon elterjedt kecske és szarvasmarha fajták tejének ásványi- és zsírsav-összetétel vizsgálatára irányult, az általánosan elfogadott takarmányozási feltételek mellett. A vizsgálatban szereplő kecske (alpesi, magyar nemesített fehér

kecske) és szarvasmarha (holstein-fríz, magyartarka szarvasmarha) fajták között jelentős különbséget nem tudtak kimutatni. BULU et al. (2015) a fajtajelleg hatását vizsgálták a tejzsír paraméterek változásának tükrében. Holstein-fríz, szimentáli és brown swiss fajták (105 egyed) tejének zsírsav-összetételét vizsgálva a következő megállapításokat tették. A telített zsírsavak koncentrációja a brown swiss fajták esetében magasabb volt (70,19%), mint a szimentáli (66,28%) és a holstein-fríz (67,37%) esetében. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak aránya 28,53% volt a brown swiss és 29,61% volt a holstein-fríz egyedek esetében. A legnagyobb különbséget a fajták között a többszörösen telítetlen zsírsavak vizsgálatánál találták, a szimentáli (2,74%) és a brown swiss (3,21%) között. A konjugált linolsav esetében a szimentáli egyedek vizsgálatakor magasabb koncentrációt (0,30%) határoztak meg, mint a holstein-fríz (0,28%) és a brown swiss (0,24%) egyedeknél. Véleményük szerint adataik igazolják a szignifikáns különbséget a tejzsír összetevők esetében a fajtákra nézve. MORALES et al. (2000) holstein-fríz és jersey egyedek tejének vizsgálata során azt találták, hogy a rövid- és közepes szénláncú zsírsavak (C4:0-tól C14:0-ig) és a sztearinsav (C18:0) koncentrációja magasabb volt a jersey egyedek tejzsírjában. CARROLL et al. (2006) holstein-fríz, jersey és brown swiss fajták egyedeinek megnövekedett zsírkiegészítésre adott válaszát és a fajták közötti jellegzetességeket vizsgálták. Hasonlóan MORALES et al. (2000) vizsgálataihoz ebben az esetben is a rövid- és közepes szénláncú zsírsavak legmagasabb koncentrációját a jersey egyedeknél mérték, szemben a brown swiss és a holstein-fríz egyedekkel. A brown swiss tejzsír zsírsav-összetétele ebben a kísérletben is felülmúlta a másik két fajta értékeit, a hosszú szénláncú zsírsavak tekintetében. WHITE et al. (2001) holstein-fríz és jersey egyedek tejének vizsgálatában a fajtahatás mellett a takarmányra adott tejzsír zsírsav-összetételben bekövetkezett változásokat is elemezték. A holstein-fríz egyedek tejzsírjában nagyobb koncentrációban volt jelen a palmitoleinsav és az olajsav, valamint a konjugált linolsav. Ugyanakkor a jersey egyedek tejzsírja magasabb kaprilsav, kaprinsav, laurinsav és mirisztinsav tartalommal rendelkezett. FERLAY et al. (2010) vizsgálatukban kukoricaszilázs extrudált lenmaggal történő kiegészítését elemezték holstein-fríz és montbéliarde fajták esetében. A vizsgálatok alatt a holstein-fríz egyedek esetében magasabb tej kg, tejzsír kg és tejfehérje kg termelés mellett, magasabb linolénsav koncentrációt is mértek. A két fajta összevetésében a holstein-fríz alacsonyabb olajsav és konjugált linolsav tartalmat, valamint magasabb linolsav koncentrációt produkált, mint a montbéliarde. PALMQUIST et al. (1993) véleménye szerint a tejzsírtartalomra történő genetikai szelekció a tejzsír rövid szénláncú zsírsavainak

növekedéséhez és a hosszú szénláncú zsírsavainak csökkenéséhez vezetett. SANTILLO et al. (2016) az olasz szimentáli fajtára jellemző tejzsír zsírsav-összetevőinek változását dokumentálta a takarmány full fat lenmag kiegészítés hatására.

Az egyedi különбözöség szintén befolyásolja a tejzsír zsírsav-összetételét. SAMKOVÁ et al. (2012) összefoglaló munkájukban elsődleges faktorként az egyedi különбözöséget és a laktációs állapotot jelölik meg, amelyek hatást gyakorolnak a tejzsír zsírsav-összetételére. A genetikai tényezőket, mint a fajta, valamint a laktáció számának hatása, kisebb jelentőségűnek találják. KELSEY et al. (2003) kutatásai többek között a holstein-fríz és brown swiss fajták egyes egyedeinek tejzsír-sav-összetétel alakulásának vizsgálatára irányult, azonos takarmányozási feltételek között. Eredményeik alapján a vizsgált fajták közötti egyedi különбségekre vezették vissza a tejzsír konjugált linolsav tartalmában mért eltéréseket. Véleményük szerint a laktáció száma és a laktációs állapot kevésbé befolyásolta az egyedi értékek variabilitását. A konjugált linolsav koncentráció alakulását lényegében függetlenek tekintették a tejhozam, a tejzsír % és a tejzsír kg értékeitől. ELGERSMA et al. (2004) kísérletükben a vizsgálatba vont egyedek tejének összetételét, valamint a tejzsír zsírsav-összetételét értékelték egy takarmányváltás tükrében. A kísérlet elején, a legelőfü etetés alatt a konjugált linolsav átlagértékek 14-36 g/kg között mozogtak, míg két héttel a takarmányváltást követően, a szilázs etetésekor, lecsökkent 4,0-5,8 g/kg mennyiségre. A konjugált linolsav koncentrációjában mért eltérések az egyedek között is nagy változatosságot mutattak, ugyanakkor a szerzők szerint egyértelműen megfigyelhető volt, minden egyed esetében a takarmányváltásra adott válaszok hasonló mintázata. A további eltérések a tejzsír zsírsav-összetételében a mirisztinsav (89 g/kg vs 117 g/kg), és a palmitinsav (226 g/kg vs 348 g/kg) esetében növekvő tendenciát mutattak, a sztearinsav (110 g/kg vs 88g/kg) koncentrációjában viszont csökkenés volt igazolható. A telítetlen zsírsavak közül az egyszeresen telítetlen olajsav (238 g/kg vs 170 g/kg) szintén csökkenő tendenciát mutatott a takarmányváltást követően. Az időben egymásra épülő kísérletükben a tejminták gyűjtésének meghatározott időpontja (a takarmányváltás 0., 2., 6. és 14. napja) azt a célt szolgálta, hogy pontosan megállapítsák, hogy a takarmányváltást követően mikor figyelhető meg a legerőteljesebb változás a tej összetételében, valamint a tejzsír zsírsav-összetételében, amely a takarmányváltást követő 2. nap volt.

Köztudott, hogy a tejtermelés tekintetében jelentős különбség figyelhető meg az első laktációs és a már több laktációt teljesítő tehenek között. A kor, mint befolyásoló tényező a tejtermelés mellett a tejzsír zsírsav-összetételének alakulását is módosítja. A

rendelkezésre álló adatok alapján úgy tűnik, az első laktációt teljesítő egyedek magasabb telítetlen zsírsavtartalommal és alacsonyabb telített zsírsavtartalommal rendelkező tejet termelnek, szemben a több laktációs egyedekkel. THOMSON et al. (2000) vizsgálatában az első ellést követően a vizsgált egyedek tejzsírjában az olajsav, valamint az összes egyszeresen telítetlen zsírsavak aránya magasabb értéket mutatott, mint a több laktációt teljesítő egyedek esetében. Hasonló összevetésben CRANINX et al. (2008) szignifikánsan alacsonyabb palmitinsav, valamint magasabb sztearinsav, olajsav és konjugált linolsav koncentrációt mértek az elsőborjas egyedeknél szemben a többször ellettekkel. SOYEURT et al. (2008) holstein-fríz első laktációs tehenek esetében szintén tapasztalta a laktáció első szakaszában az alacsonyabb telített zsírsavtartalmat. BRADFORD és ALLEN (2004) a tejzsírsav-összetevők közötti különbséget az egyszer ellett és a többször ellett egyedek esetében visszavezeti a laktáció alatti egyedi különbségekre a tejtermelés és a tejzsírtartalom változása kapcsán. MILLER et al. (2006) ugyanakkor a laktáció első harmadában a tügymirigyben lezajló alacsonyabb hatásfokú zsírsav szintézissel magyarázza a különbséget, az első laktációt és a több laktációt teljesítő egyedek összevetésénél. Véleménye szerint a laktáció korai szakaszában levő többször ellett tehenek zsírsav szintézisének hatásfoka hasonló, mint a laktáció végén lévő elsőborjas teheneké.

Jelentős változások figyelhetők meg a tejzsír zsírsav-összetételében a laktáció folyamata során is. A kolosztrum még több, rövid szénláncú és kevesebb közepes szénatomszámú zsírsavat tartalmaz. A C18-as szénatomszámú csoportba tartozó zsírsavak is nagyobb mennyiségben vannak jelen, mint az érett tejben. SCHMIDT és ZSÉDELY (2011) takarmányozási szempontból különítve el a laktációs szakaszokat, rövidebb időtartamokban határozza meg azokat, így az első szakasz a laktáció 11-13. hetéig tart. A laktáció második szakaszán 11-13. héttől a 24-28 hétig tartó időszakot jelöli, majd a laktáció harmadik szakasza a 24-28. héttől a tehen szárazra állításáig tart. A laktáció haladtával a rövid szénláncú zsírsavak mennyisége csökkenni kezd, majd a laktáció első harmada után a közepes szénláncú zsírsavak koncentrációja is csökken. Ugyanakkor a hosszú szénláncú zsírsavak, így a sztearinsav, az olajsav és a linolsav mennyisége nő, a linolénsav mennyisége fokozatosan csökken a laktáció alatt (CSAPÓ és CSAPÓNÉ, 2002). BERNAL-SANTOS et al., (2003) és SECCHIARI et al. (2003) leírják, hogy a legszembetűnőbb változásokat a tejzsírsav összetevők arányában a laktáció elején (8 héten belül) tapasztalták. A zsírforrás függvényében (de novo szintézis során keletkezett vagy a takarmánnyal bevitt zsírsavak) a tejzsír összetétele a laktáció alatt különböző

mintázatot követ. A laktáció előrehaladtával a rövid- és közepes szénláncú zsírsavak aránya - amelyek jellemzően de novo szintézissel keletkeznek - nő, míg a hosszú szénláncú zsírsavak aránya - amelyek a takarmányból származnak - csökken (PALMQUIST et al., 1993; KGWATALALA et al., 2009). A C16:0 zsírsav esetében, ahol a zsírsavnak csak az egyik fele származik a de novo szintézisből, a koncentráció hasonlóan alakul a teljes egészében csak de novo szintézisből származó zsírsavak koncentrációjához. A laktáció kezdetén a C16:0 legalacsonyabb, míg a C18:1 a legmagasabb értéket mutatja (SECCHIARI et al., 2003). Ezt a negatív energia egyensúly okozza a tejelő teheneknél, mivel megnövekedett a hosszú szénláncú zsírsavak mobilizációja a zsírtartalékokból. FEARON et al. (2004) szerint a laktáció későbbi szakaszában termelt tejzsír nagyobb mennyiségben tartalmazott egyszeresen telítetlen zsírsavakat, mint a laktáció középső szakaszában. KGWATALALA et al. (2009) azt tapasztalták, hogy a laktáció korai szakaszában az egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírsavak, kiemelve az olajsav, a vakcénsav és a linolsav koncentrációját, magasabb értéket mutattak, míg a telített zsírsavak (kaprinsav, laurinsav, mirisztinsav, palmitinsav) alacsonyabb arányban voltak jelen, mint a laktáció későbbi szakaszában.

Az évszakhatás, a jellemző regionális termesztési feltételek meglétével, a termesztett takarmánynövényeken és a legeltetésen keresztül fejti ki hatását a tej összetételére, így annak zsírsav-összetételére is. Számos irodalmi forrás foglalkozik a legeltetés vagy a zöldtakarmány etetés és a tejzsír MUFA- és PUFA tartalom pozitív összefüggéseinek elemzésével (WHITE et al., 2001; ELGERSMA et al., 2006). A legeltetés a tejzsír zsírsav-összetételére gyakorolt kedvező hatása főként annak köszönhető, hogy a legelőn található fűfélék igen gazdag forrásai az α -linolénsavnak. Így amikor az állatok a legelőn vannak, vagy amikor zöldtakarmánnyal történik a takarmányozásuk, a termelt tejzsír zsírsav-összetétele kedvezőbben alakulhat (HAGEMEISTER és VOIGT, 2001). A legeltetés csökkenti a laurinsav-, mirisztinsav-, valamint a palmitinsav-tartalmat, és növeli a sztearinsav-, továbbá az olajsavtartalmat. A linolsav mennyisége kismértékben változik, az arachidonsav arányát pedig igen nehéz befolyásolni. A téli szilázsetetés növeli a telítetlen zsírsavak arányát a tejben. A nyári takarmányozási viszonyok között az összes C18-as szénatomszámú zsírsavak, különösen az olajsav, nagyobb mennyiségben vannak jelen, mint a téli hónapokban. Minimális a különbség a linolsav tartalomban, de a linolénsav mennyisége a nyári időszakban megduplázódik. A palmitinsav aránya a tejben nagyobb mértékben csökken a nyári időszakban, mint télen. HECK et al. (2009) Hollandiából származó elegytej minták esetében szintén megállapították a szezonális

eltérést a tejsírtartalomban és a zsírsav-összetételben egyaránt. Vizsgálataik alapján a tejsírtartalmat télen találtak a legnagyobbnak (4,57%), míg nyáron a legalacsonyabbnak (4,10%). A telített zsírsavak aránya a tejsírtartalomban ugyanakkor tavasszal volt a legalacsonyabb szinten, ősszel pedig a legmagasabb értéket mutatta. Ezzel szemben BISIG et al. (2008), akik szintén a tejsír zsírsav-összetételének évszakonkénti változását vizsgálták, kutatásukkal igazolták a nyáron vett tejminták alacsonyabb telített zsírsav-összetételét, amely eredményt SALAMON et al. (2005) a különböző fajtájú tehenekkel végzett kísérletében szintén igazolták. Mindkét kutatócsoport hasonló eredményről számolt be, mely szerint a többszörösen telítetlen zsírsavakon belül az α -linolénsav és a KLS tartalom maximális szintje a nyári időszakban volt megfigyelhető. LOCK és GARNSWORTHY (2003) kutatásában az évszak a takarmányadag összetételének változásán keresztül fejtette ki szezonális hatását a tejsír konjugált linolsav tartalmára. A téli időszakban etetett TMR-t (kukorica- és fűszilázs, sörgyári- és egyéb gabona, szója és tejelótáp keveréke) a nyári időszakban friss fű etetése váltotta. A konjugált linolsav tartalom a májusi, júniusi és júliusi hónapokban (átlagosan 1,5 g/100 g tejsír) szignifikánsan magasabb volt, mint az összes többi hónapban. A nyári időszak alatt termelt tejsír szignifikánsan több rövid szénláncú zsírsavakat tartalmazott a közepes szénláncú zsírsavak koncentrációjának a rovására, amely a szerzők véleménye szerint jelzésértékű, miszerint a friss fűvel bevitt tápanyag megváltoztathatja a zsírsavak de novo szintézisét a tőgy mirigyhámsejtjeiben. WHITE et al. (2001) a legelő és a kukorica- és lucerna szilázs (TMR) alapú takarmányozás összevetésekor a legelőn tartott állatok tejében magasabb konjugált linolsav koncentrációt tapasztaltak. Továbbá elemezték, hogy amíg a legelőn tartott állatok tejsírjának konjugált linolsav tartalma viszonylag állandó értékeket (0,64 - 0,69 %), addig az istállóban tartott állatok konjugált linolsav koncentrációja jóval nagyobb szélső értékeket (0,31 - 0,48%) mutatott. A szerzők továbbá megállapították, hogy a legeltetett állatok teje szignifikánsan nagyobb mennyiségben tartalmazta a C10:0, C12:0, 14:0, C14:1, C16:1, C18:2 és C18:3 zsírsavakat is, szemben a TMR-t fogyasztó állatok tejével. HURTAUD et al. (2014) kutatása azt célozta, hogy elemezzék három különböző takarmányozási metódusból származó tejminták zsírsav-összetételét. A legeltetés mellett kialakítottak egy lenmag kiegészítés nélküli és egy lenmaggal kiegészített kukorica szilázsra alapozott takarmányozási csoportot is. Mind a három takarmányozási megoldás esetében az adatgyűjtés egy teljes éven át tartott. A kutatásuk egyik fő megállapítása felhívta a figyelmet, hogy a legeltetett és a lenmag kiegészítés nélküli kukorica szilázs takarmányt kapott egyedek tejsírjának zsírsav-

összetétele nagyobb eltéréseket mutatott és kevésbé volt kiegyenlített az egész év során, mint a lenmaggal kiegészített kukorica szilázsra alapozott tehenek tejzsírjának zsírsav-összetétele.

GUNDEL (2006) azon a véleményen van, hogy a takarmányozásnak kiemelkedő szerep jut, mint a termelési feltételek közül annak, amelyiknek legnagyobb hatása lehet a genetikailag rögzített képességek kihasználására, illetve a termelési lánc bármely lépcsőfoka igényeinek kielégítésére. A takarmány zsírjának a tejzsír zsírsav-összetételére gyakorolt hatása azon alapszik, hogy a takarmány zsírsavainak egy része a nyirokáram útján, a máj megkerülésével, közvetlenül jut el a tüdő mirigyhámsejtjeibe és vesz részt a tejzsír szintézisében. PALMQUIST és JENKINS (1980) szerint a tejzsír felépítéséhez felhasznált hosszú szénláncú zsírsavak akár 90%-a is származhat közvetlenül a takarmányból, és csak 10%-ot tesz ki az endogén eredetűek aránya. A tej zsírtartalmát a takarmányozáson belül a takarmány szénhidrát-összetétele és strukturális nyersrost tartalma alapjaiban befolyásolja, amelyekből a bendőmikrobák rövid szénláncú zsírsavakat (ecetsav, propionsav, vajsav) állítanak elő. A tejzsír szintézis legfontosabb alapanyaga a bendőfermentáció során keletkező illózsírsavak közül az ecetsav, ezért minden tényező, ami befolyással bír az ecetsavra, hatással lehet a tej zsírtartalmára is (CSAPÓ és CSAPÓ, 2002). Ugyanakkor az előgyomrokon túljutott zsírt a kérődzők még a monogasztrikus állatoknál is hatékonyabban emésztik (SCHMIDT et al., 1993). PALMQUIST és BEAULIEU (1993) szerint a szálas- és abraktakarmányok zsírtartalmának és zsírsav-összetételének van a legnagyobb hatása a tejlipidek zsírsav-összetételére. Azonban a különböző - a gyakorlatban is alkalmazott - mesterségesen előállított vagy természetes alapanyagú zsírkiegészítések tejzsír zsírsav-összetételre gyakorolt hatása sem vitatható. Tejelő tehenekkel elvégzett számos takarmányozási kísérlet gyakran ellentmondásos eredménye a bendőben zajló mikrobás folyamatokra vezethető vissza. GRUMMER (1991) szerint a bendőben inert módon viselkedő zsírkiegészítések (C18 zsírsavakban gazdag zsírkiegészítők), amelyek zsírsav-összetétele a bendőben csak kis mértékben változik, alkalmasak a tejzsír zsírsav-összetételének módosítására. Hazai vonatkozásban SCHMIDT et al. (1993) fejlesztettek ki burkolással előállított védett zsírkészítményt. A szerzők egy növényolajipari mellékterméket – a hidegszűrési maradékot – glutáraldehiddel kezelt sertésvérrel burkolták be. Az ily módon előállított védett zsírkészítmény etetésekor figyelték meg, hogy a telítetlen zsírsavak aránya a tejzsírban 29,43%-ról 36,97%-ra növekedett. Az abszolút növekedés a legkifejezettebb az olajsav esetében volt (több mint 8%-os), relatív értelemben azonban

a linolénsav mennyisége növekedett a legnagyobb mértékben (57,5%). Mindezek mellett a linolsav tartalom is nőtt (24,7%) a tejzsír zsírsav-összetételében a kontroll egyedek eredményeihez viszonyítva. TÓTH et al. (2011) a halolaj alapú védett zsírkészítmény bendőbeli lebomlásának elemzése mellett a tehenek tejtermelésére és a tej összetételére gyakorolt hatását is vizsgálták. Az üzemi kísérletben kapott eredmények szerint az etetett n-3 zsírkészítmények 3,66%-ról 3,79%-ra növelték a tej többszörösen telítetlen zsírsavtartalmát. Ezen belül a tej konjugált linolsav (KLS), alfa-linolénsav, eikozapentaénsav, dokozadiénsav és dokozapentaénsav tartalmának növekedését igazolták statisztikailag. Továbbá az n-3 zsírsavak részarányának növekedése szűkítette az n6/n3 zsírsavak arányát a tejzsírban. VÁRHEGYI et al. (2007) kimutatták, hogy a kukoricacsíra-pogácsa etetése napi 2 kg-os mennyiségben csökkentette ugyan a tej zsírtartalmát, de növelte a tejzsír konjugált linolsav tartalmát. VISZKET et al. (2011) Nyugat-Magyarország nyers tejmintáinak zsírsav-összetételét elemezték két éven át. Megállapították, hogy az évszakonkénti eltérő takarmányozásnak köszönhetően erőteljes az évszak, valamint a legeltetés hatása a tej zsírsav-összetevőkre gyakorolt tényezők között. Eredményeik megerősítették korábbi megállapításukat (VISZKET et al., 2010) miszerint a hazai szarvasmarha telepek által termelt tej, a tartósított tömegtakarmányokra alapozott takarmányozásnak köszönhetően, kedvezőtlenebb zsírsav-összetétellel rendelkezik, mint amit az irodalmi adatok az európai nyerstej mintákra és a legeltetett kérődző állatokra vonatkozóan közölnek (PRECHT és MOLKENTIN, 2000). A szerzők javasolják, a tartósított takarmányok etetésének gazdasági előnyei mellett olyan takarmányozási eljárások alkalmazását a gyakorlatban, amellyel javítani lehet a hazai tejek PUFA tartalmát, különös tekintettel az n-3 zsírsavakra és a konjugált linolsavakra vonatkozóan. 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 a kérődzőkben is befolyásolható a takarmányozással.

A tej zsírtartalmát, valamint annak zsírsav-összetételét sok, egymással is összefüggésben levő tényező befolyásolja, amelyeket nem lehet figyelmen kívül hagyni a tejzsír zsírsav-összetételének módosítására irányuló törekvések esetében. Ugyanakkor a faj, a fajtajelleg, az egyedi különbségek, a kor vagy a laktációs állapot közel sem képes akkora változást előidézni a tejzsír zsírsav-összetételében, amekkorára a takarmányozás - a takarmány alapanyagok minősége, takarmány-kiegészítések alkalmazása - képes

önmagában. A takarmányok minősége alapjaiban határozza meg, a gazdasági állatok termelésének színvonala mellett, az előállított állati termék minőségét.

3.5. A tejzsír zsírsav-összetételének változása különböző takarmány- kiegészítések hatására

Különböző védett zsírforrások és készítmények felhasználása a tejzsír zsírsav-összetételének módosítására a gyakorlatban igen elterjedt. A mesterségesen előállított védett zsírforrásokat burkolással, hidrogénezéssel, zsírsavamid vagy Ca-szappan kialakításával hozzák létre. A burkolással előállított zsírokat olyan anyaggal burkolják be, amely a bendőre jellemző pH-érték mellett nem bomlik le, így a bendőmikrobák nem tudják hidrolizálni a zsírt, illetve hidrogénezni. A védett zsírkészítményeknek ezen formáját az 1970-es években már sikerrel alkalmazták a tejzsír linolsav tartalmának növelésére (ASTRUP és KREKLIN, 1979; ASTRUP et al., 1979).

A hidrogénezett zsírkészítmények, hidrogénnel mesterségesen telített zsírok, amelyek így magasabb olvadásponttal rendelkeznek. A magas olvadáspont akadályozza meg, hogy a bendőben felolvadva károsan befolyásolja annak működését. A hidrogénezés következtében a zsírok csak kis mennyiségben tartalmaznak telítetlen zsírsavakat, így kedvezőtlen hatással vannak a tejzsír zsírsav-összetételére, mivel az egyébként is magas telített zsírsav-tartalmát tovább növelik. Ennek ellenére széles körben elterjedt alkalmazásuk a gyakorlati takarmányozásban, a Ca-szappanok mellett.

Zsírsavamidok előállítása során a növényi- vagy állati eredetű olajokat megfelelő körülmények között, katalizátor jelenlétében, amin vegyületekkel reagáltatják. Ennek eredményeként az olajok zsírsavai és az aminanyagok között amidkötés alakul ki, amelyet a bendőmikrobák enzimeji csak kismértékben képesek bontani. KEPLER et al. (1971) szerint a bendőbeli hidrogénezés fontos feltétele a zsírsavak karboxilcsoportja, amely hiányzik a zsírsavamidok esetében. A módszer előnye, hogy telítetlen zsírsavakban gazdag védett zsír is előállítható ilyen módszerrel. JONES et al. (1998) a halolaj etanolaminos kezelését követően, azt védett zsírkiegészítésként feleltetve az állatokkal, a tejzsír transz-zsírsav tartalmának csökkenését figyelték meg. Hazánkban FÉBEL et al. (2002) különböző védett növényi zsírok és készítmények előállításával kísérleteztek, annak bendőbeli stabilitásának és posztruminális emészthetőségének vizsgálatával.

A zsírok Ca-szappanná történő alakítása technikailag egyszerűen kivitelezhető, és a kiegészítésül szánt zsírok zsírsav-összetételét sem befolyásolja kedvezőtlenül. Védettségük alapja, hogy a zsírsavak karboxil csoportját lekötik. A Ca-szappanok a bendő enyhén savas közegében csak kismértékben disszociálnak, de a pH érték csökkenésével nő a disszociáció mértéke (SUKHIJA és PALMQUIST, 1990). Az

oltógyomorban és a vékonybél kezdeti szakaszában – ahol a pH érték jóval alacsonyabb, mint a bendőben – a hidrolízisüket követően felszívódhatnak. A kérődzők takarmányozásában elsősorban az energiaszükséglet fedezésére alkalmazzák, de nagyobb telítetlen zsírsavhányad esetén a termelt tejzsír zsírsav-összetételének módosítására is felhasználhatók. SCHMIDT et al. (2000) kísérlettel igazolták a Ca-szappan, mint takarmány-kiegészítés eredményes hatását. Az etetést követően, a palmitoleinsav kivételével, a tejzsír valamennyi zsírsavában szignifikáns változást tudtak bizonyítani. A telített zsírsavtartalom, a sztearinsav kivételével csökkent, a telítetlen zsírsavak aránya azonban jelentősen megnőtt a védett zsír kiegészítés hatására. RIBÁCS és SCHMIDT (2006) vizsgálatukban a Ca-szappan alkalmazásakor a kísérleti tejminták esetében nagyobb (több mint négyszeres) konjugált linolsav tartalmat mértek a kontroll tejhez viszonyítva. Az olajsav (17,08% és 22,57%) és a linolénsav (0,37% és 0,83%) mennyisége szintén nőtt a kísérlet során a kontroll adataihoz hasonlítva. ALLRED et al. (2006) mind a rövid (C6:0 – C12:0), mind a közepes (C14:0, C15:0, C17:1) szénláncú zsírsavak csökkenését igazolták, egyidejűleg a hosszú szénláncú zsírsavak (C18:1c9, C22:4, C22:5, C22:6) növekedésével. A szerzők a konjugált linolsav esetében az 5% extrudált szója + 2,7% Ca-szappan, illetve a 0,75% szójaolaj + 2,7% Ca-szappan etetésekor tapasztaltak nagyobb mennyiséget, szemben a kontroll csoport eredményeivel (1,44; 1,82; 0,61 g/100g zsírsav). Az n-3 zsírsavak összes mennyiségének elemzésekor a kontroll eredmények átlagban alacsonyabb értéket mutattak, mint a Ca-szappan kiegészítést kapott kísérleti (0,62; 0,69; 0,69; 0,67 g/100g zsírsav) egyedek adatai. CASTANEDA-GUTIÉRREZ et al. (2007) az EPA és a DHA felhasználását célozták bendővédett takarmány-kiegészítésként. A tejzsír zsírsav-összetételre gyakorolt előnyös hatásuk mellett a kérődzők reprodukciós folyamataiban betöltött fontos szerepükre is felhívták a figyelmet. A takarmány-kiegészítésként adagolt különböző dózisú halolajból előállított Ca-szappan hatására minden kísérleti egyed esetében nőtt az EPA és a DHA koncentrációja a tejzsírban. THEURER et al. (2009) kísérletükben napi 450 g mennyiségben etetett nagy telítetlen zsírsav-tartalmú Ca-szappan megnövelte a termelt tej linolsav és konjugált linolsav tartalmát, miközben a palmitinsav koncentráció csökkent. A tej zsír- és fehérjetartalmában érdemi eltéréseket nem tudtak igazolni. A magas telítetlen zsírsav tartalommal rendelkező növényi olajok takarmány-kiegészítésként történő alkalmazása is elterjedt, számos irodalmi forrás áll rendelkezésre a témában. MURPHY et al. (2008) 255 g/nap mennyiségű napraforgóolaj kiegészítést alkalmaztak tejelő tehenek takarmányozásában, melynek hatására a tejtermelés

növekedését, továbbá a tejzsír- és fehérjekoncentráció csökkenését tapasztalták. Kísérletükben csökkent a tejben C6:0, C8:0, C10:0, C12:0 és a C16:0 zsírsav-tartalom, ugyanakkor nőtt a C18:0; t9-C18:1; t11-C18:1; c9,t11-C18:2 és a C18:3 zsírsavak koncentrációja. FLOWERS et al. (2008) vizsgálatában a 170; 340; 510 g/nap mennyiségű lenolaj kiegészítés nem volt hatással a tejtermelésre, ugyanakkor a tejzsír, - és a fehérje %, továbbá a tejzsír konjugált linolsav koncentrációja nőtt az alkalmazott takarmány-kiegészítés hatására, szemben a kontroll csoport eredményeivel (1,12; 1,18; 1,39; 1,65 g/100 g zsírsav). LOOR et al. (2005) az etetett szárazanyag 3%-ának megfelelő mennyiségű lenolaj kiegészítéskor szintén a tej KLS koncentrációjának növekedését tapasztalták. BU et al. (2007) 4% szójaolajjal, 4% lenmagolajjal és 2-2%-os szója és lenolaj keverékkel végzett összehasonlítást tejelő tehenek takarmányozásában. Vizsgálatukban bizonyították, hogy minden egyes alkalmazott olajforrás esetén az egyedek tejzsírjának rövid- és közepes szénláncú zsírsavai (C10:0, C12:0, C14:0, C16:0) csökkentek. Nevezett zsírsavak koncentrációjában bekövetkezett változás tendenciájában igazodott az alkalmazott takarmány-kiegészítés dózisához, valamint az olajkeverék esetében annak zsírsav-összetételéhez. A sztearinsav, az olajsav és a konjugált linosav tartalom növekedett a tejzsírban a kísérleti egyedek esetében, ugyanakkor ezeknél a zsírsavaknál a változás nagysága nem feltétlen igazodott a kiegészítésként adott olaj típusához. A konjugált linolsav koncentráció növekedése a szójaolaj-kiegészítés esetén volt a legkifejezettebb (275%), míg a lenmagolaj esetében kevésbé erőteljes (150%). Az α -linolénsavban bekövetkezett pozitív változás ugyanakkor az elvárásainak megfelelően, a lenmagolaj adagolás esetén volt a leghangsúlyosabb. PI et al. (2016) rendhagyó módon a len olaja mellett a kaucsukfa magjának olaját használta fel, hogy befolyásolja a tejelő tehenek tejzsírjának α -linolénsav tartalmát. Kísérletükben a takarmányokat 4-4% lenmag- vagy kaucsukfamag olajával, illetve a két olaj keverékével egészítették ki. Mindhárom kiegészítés esetében a kísérleti tejzsírban magasabb α -linolénsav koncentrációt igazoltak szemben a kontrol egyedek eredményeivel. A lenmagolaj etetésének hatása azonban kifejezettebb volt a tejzsír α -linolénsav tartalmának változásában, mint a kaucsukfa magból kinyert olaj vagy a kettő keverékének esetében (70,3%, 31,0% és 33,4%). A konjugált linolsav koncentrációjában hasonló tendencia volt megfigyelhető, a növekedés a lenmagolaj kiegészítést követően volt hangsúlyos (492%). REGO és mtsai (2009) kísérletükben repce-, napraforgómag- és lenolajat alkalmaztak a takarmány-kiegészítéseként. Az olajok 0,5 kg-os dózisú takarmány kiegészítőként való alkalmazása sem a termelt tej mennyiségében, sem a termelt fehérje mennyiségében és

tartalmában nem okozott változást. A repceolaj és a napraforgómag olaj csökkentette a tejzsír mennyiségét és változtatott annak zsírsav-összetételén, ezzel szemben a lenmagolaj érdemi változást nem eredményezett egyik paraméterben sem. Mindhárom kiegészítés hozzájárult az alacsonyabb rövid-, és közepes szénláncú zsírsav arányhoz. HASSANAT et al. (2016) a lenmagolaj tejzsír zsírsav-összetételre gyakorolt hatását vizsgálva kijelentették, hogy tekintet nélkül az eltérő összetételű takarmányadagra a lenolaj kiegészítés minden esetben csökkentette a <16 szénatomszámú zsírsavak de novo szintézisét, valamint megnövelte a C18:3 zsírsavak közül a c9c12c15 izomer arányát.

A nagy energiakoncentrációjú zsírok eredeti állapotukban nagyobb mennyiségben nem etethetők a kérődzőkkel, mert filmszerű réteget képezve a takarmány részecskéken megakadályozzák azok mikroba bontását a bendőben. Ugyanakkor említett káros hatásuk mellett vitathatlan kiemelkedő szerepük a kérődzők takarmányozásában, amelynek köszönhetően rendkívül változatos megoldások alakultak ki az alkalmazásukból kifolyó hátrányok kiküszöbölésére. A rendelkezésre álló irodalmi adatok szerint a tejelő tehenek takarmányadagjában alkalmazott eltérő védettségű zsírforrások- és készítmények (Ca-szappanok, növényi olajok) nemcsak a tehenek tejtermelését, hanem a tej táplálóanyag tartalmát, illetve a tejzsír zsírsav-összetételét is befolyásolják. Mindezek mellett egyik említett zsírkiegészítés sem rendelkezik olyan széles spektrumú, természetes többszörösen telítetlen zsírsav-összetétellel, mint az olajos magvak, különösen azok teljes olaj tartalommal bíró full fat formája.

3.6. Az olajos magvak alkalmazása a kérődzők takarmányozásban

Az olajmagok elsődleges felhasználási területe az élelmiszeripar (étolaj és margarin előállítás), de az utóbbi évtizedekben a tudomány más területén is előtérbe kerültek, mint megújuló energiaforrás alapanyagok (ökodizel). A gazdasági haszonállatok takarmányozásában történő felhasználását számos kutatási eredmény perspektivikusnak találja. Hazánkban és számos európai országban a kérődzők takarmánybázisának alapját képezik a tartósított tömegtakarmányok (kukoricaszilázs, lucernaszenázs) és a különböző abrakfélék. A monodiétára alapozott takarmányozás egyrészt elengedhetetlen a tejhasznosítású intenzív szarvasmarha telepek folyamatos minőségi termék előállításának fenntartásához, másrészt nem feltétlen befolyásolja kedvezően az előállított nyerstej zsírjának zsírsav-összetételét. Ugyanakkor köztudott, hogy a takarmányokban jelen levő telítetlen zsírsavak fő fiziológiai hatása, hogy a bendőben folyékony állapotban vannak jelen, így a bendőben található takarmány részecskéket vékony, filmszerű anyaggal

vonják be, megakadályozva ezzel a rost fermentálódását (WACHIRA et al., 2000). Az olajos magvak (szója, napraforgó, repce, len) BENITEZ (1988) véleménye szerint azonban bizonyos fokig védett zsíroknak tekinthetők, mivel azok olajtartalma csak lassan, a növényi sejtfalak lebomlásának ütemében válnak szabaddá a sejtekből. Védettségük ugyan elmarad a mesterségesen előállított, jó minőségű védett zsíroktól, mégis kevésbé zavarják a bendőfermentációt, mint a kezeletlen növényi olajok. Általánosan elfogadott zsír kiegészítésnek tekintik az olajosmagvak, illetve ezek jelentős olajtartalommal rendelkező melléktermékeinek etetését is. STEELE et al. (1971) kutatásukban kifejtették, hogy különböző zsírsav-összetétellel rendelkező, magas olajtartalmú magok alkalmazása, mint takarmány-kiegészítés, a tejzsír zsírsav-összetételének alakulásában ugyan eltérő eredményekhez vezetett, azonban azok használata alternatívát jelenthet a bendőbeli hidrogénezési folyamat kivédésére. Véleményük szerint ezért is lehet indokoltabb különböző olajos magvak takarmány-kiegészítésként történő alkalmazása, szemben azok olajainak felhasználásával. MELE (2011) szerint viszont a lenmag kiegészítés bármilyen formája (akár olaj, akár mag), beillesztve a takarmányozási technológiába hatékonyan módosíthatja a szarvasmarha- és a kiskérődzők tejzsírjának zsírsav-összetételét. FÉBEL és VÁRHEGYI (2007) saját kísérletekre és irodalmi adatokra hivatkozva jelentik ki, hogy a legeltetés, zöldtakarmányok etetése, megfelelő tömegtakarmány és abrak arányú fejadag alkalmazása mellett olajos magvak adagolásával lehetővé válik egy kedvezőbb zsírsav-összetételű tej előállítása.

Számos kutatás találta perspektivikusnak különböző olajos mag feldolgozásából származó melléktermékek alkalmazását a kérődzők takarmányozásában. LIVINGSTONE et al. (2015) munkájukban az extrudált lenmag takarmány-kiegészítésként történő felhasználását elemezték, két eltérő alaptakarmány (fű- és kukorica szilázs) etetése mellett. Eredményeik alapján a kukoricaszilázs etetése esetében az összes telített zsírsavtartalom alacsonyabb volt, mint a fűszilázs esetében (65,4 vs 68,4 g/100 g zsírsav). Hasonló tendenciát figyeltek meg az extrudált lenmag kiegészítés esetében is, szemben a takarmány-kiegészítést nem kapott egyedek eredményeivel (65,2 vs 68,6 g/100 g zsírsav). Ugyanakkor a tejzsír transz-zsírsav tartalma a kukorica szilázs esetében nagyobb mértékű növekedést mutatott, mint a fűszilázs (7,0 vs 5,4 g/100 g zsírsav) vagy az extrudált lenmag kiegészítés etetésekor (6,8 vs 5,6 g/100 g zsírsav). Az n-3 zsírsavak mennyisége jelentősen megnövekedett a lenmag etetésének hatására (0,8 vs 1,2 g/100 g zsírsav) szemben a kontroll egyedek eredményeivel, azonban az n-6 zsírsavak a kukoricaszilázs etetésekor nagyobb arányban voltak jelen a tejzsírban, mint a fűszilázs

adagolásakor (2,5 vs 2,1 g/100 g zsírsav). LERCH et al. (2015) kísérletükben extrudált lenmag és hidegen sajtolt, valamint egész, kezeletlen repcemag kiegészítés hatását vizsgálták tejhasznosítású teheneknél két egymást követő laktáció alatt. Megfigyeléseik szerint mind a feldolgozott, mind az egész olajos magvak etetését követően nőtt az n-3 zsírsavak aránya szemben a kontroll egyedek adataival (0,98; 0,82; 1,0 vs 0,76 g/100 g zsírsav). Az n-3 zsírsavakon belül a tejszír α -linolénsav tartalma az extrudált lenmag kiegészítés esetén növekedett a legnagyobb mértékben a kontroll egyedek eredményéhez viszonyítva (0,76 vs 0,52 g/100 g zsírsav). AKRAIM et al., (2007) kísérletükben két különböző formában (feldolgozott és full-fat) etetett lenmag hatását vizsgálták a tejszír összetevőkre. Mindkét forma esetében eredményesen csökkent a tej telített zsírsav-összetevőinek koncentrációja és háromszorosára nőtt a telítetlen zsírsavak aránya a kontroll egyedekhez képest. A szerzők véleménye szerint a takarmány lenmag kiegészítése jelentős mértékben javíthatja az α -linolénsav és a konjugált linolsav arányát a tejben, ugyanakkor a feldolgozás, mint az extrudálás tovább növelheti a bendőbeli biohidrogénezés köztes termékeinek koncentrációját a tejszírban. FUENTES et al., (2008) extrudált lenmag kiegészítés hatását vizsgálták a tejelő tehenek produktív teljesítményére. A takarmány extrudált lenmag kiegészítése csökkentette a tej rövid és közepes szénláncú zsírsavainak mennyiségét, és növelte a hosszú szénláncú, egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírsavak arányát. A lenmag etetés eredményeként növekedett a tej n-3 és konjugált linolsav koncentrációja, valamint szűkült az n-6/n-3 zsírsavarány is. CHILLIARD et al. (2009) három különböző fizikai formában (egész, nyers lenmag, extrudált lenmag és lenmagolaj) rendelkezésre álló olajos mag kiegészítést alkalmazott, hogy tanulmányozza annak hatását a tej termelésére. A szerzők véleménye szerint a kontroll csoporttal való összevetésben a feldolgozatlan, egész lenmag viszonylag kevés zsírsav-összetevőre gyakorolt hatást. A kaprilsav és a palmitinsav esetében csökkenést, míg a sztearinsav és olajsav vonatkozásában növekedést jegyeztek fel. A lenmagolaj az egész lenmaggal ellentétben azonban szinte minden tejszír-sav-összetevőre kifejtette a hatását. Kiemelték a palmitinsav csökkenése mellett, a sztearinsav, a C16:1t11, a C18:1 összes cisz és transz izomerjét (kivételezve a transz 11 C18:1), és a linolsav nem konjugált transz formájának növekedését. Az extrudált lenmag hatását a szerzők a nyers, egész lenmag etetése során megfigyelt változásokhoz tartották hasonlóknak, ugyanakkor ennél a formánál tudták egyedül statisztikailag igazolni a margarinsav, az α -linolénsav, a konjugált linolsav, és az olajsav tartalom növekedését. GOMEZ-CORTES et al. (2009) kísérleti eredményében beszámol, hogy tejelő juhok étrendjét kiegészítve 12% extrudált

lenmaggal, sikeresen megnövelte a tejzsírtartalom t-11 C18:1 és a c-9,t-11 konjugált linolsav izomer koncentrációját, egyenként 272%-kal és 219%-kal. OBA et al. (2009) úgy gondolták, hogy feldolgozatlan, egész lenmag célravezetőbb az α -linolénsav koncentrációjának növelésére, mint a feldolgozott, roppantott lenmag. A szerzők véleménye, hogy az a külső héj, amivel az egész, még sértetlen lenmag rendelkezik, részleges védelmet biztosít az α -linolénsavnak a bendőben történő mikrobiális metabolizmus ellen. Ezt bizonyíthatja a tény, hogy kísérletükben a vakcénsav koncentrációja, azaz a bendőben folyó biohidrogénezés köztes terméke, a feldolgozott lenmagot fogyasztó tehenek esetében magasabb volt, mint a feldolgozatlan lenmagos csoportnál. Ebből azt a következtetést vonták le a szerzők, hogy a telítetlen zsírsavak a feldolgozott lenmagos csoportba tartozó tehenek bendőjében, nagyobb mértékben biohidrogéneződtek, mint az egész, nyers lenmagos csoportnál. Továbbá statisztikailag igazolták, hogy mind a feldolgozott, roppantott lenmag, mind a feldolgozatlan, nyers lenmag háromszorosára növelte a tejzsír α -linolénsav koncentrációját. MOALLEM (2009) kísérletének az volt a célja, hogy meghatározza az extrudált lenmag kiegészítés hatását a nagy teljesítményű holstein-fríz tehenek tejtermelésére és azok tejzsír összetevőire. A takarmány-kiegészítés hatására a tejhozam 2,7%-kal volt magasabb a kísérleti csoportnál a kontroll csoport adataival szemben. A tejzsír % a kísérleti csoportnál alacsonyabb volt, ugyanakkor az összes tejzsír termelésre nem gyakorolt hatást az extrudált lenmag. Átlagban az n-3 zsírsav koncentráció mintegy 2,8%-kal volt nagyobb, és szűkült az n-6/n-3 arány az extrudált lenmagot fogyasztó tehenek esetében. A préselt lenmag a kontroll csoport eredményeivel szemben a tejzsír egyszeresen telítetlen zsírsavainak arányát 10%-kal, a többszörösen telítetlen zsírsavainak arányát közel 12%-kal növelte meg. HURTAUD et al. (2010) az extrudált lenmag etetett mennyiségének növelésével próbálták befolyásolni a tej és a vaj zsírsav-összetételét és annak organoleptikus tulajdonságait. Az extrudált lenmag mennyiségének növelésével egyenes arányban nőtt a tej telítetlen zsírsavainak, és transz-zsírsavainak aránya a tejben, valamint csökkent a tej zsírtartalma. Ugyanakkor a lenmag kiegészítés nem gyakorolt szignifikáns hatást sem a vaj színére, sem érzékszervi tulajdonságaira. ZACHUT et al. (2010) n-3 zsírsavakban gazdag, extrudált lenmagot etetettek holstein-fríz tehenekkel, a laktációra való felkészítés időszakában és a laktáció kezdetekor. Az extrudált lenmag kiegészítést minden nap, a laktáció első 100 napjáig etették, egy kg-os adagokban. Az eredmények alapján kijelentették, hogy az extrudált lenmag etetése, a laktációra való felkészülés ideje alatt, nagyobb arányú szárazanyag bevitelt eredményezett, valamint a tejtermelés

növekedését, és a tejzsír tartalom csökkenését vonta maga után. A tejtermelés 6,4%-kal volt magasabb, a zsírtartalom 0,4%-kal volt alacsonyabb a kísérleti csoport teheneinek eredményei alapján. Összevetve a kontroll és a kísérleti csoport adatait, a kísérleti csoport egyedeinek vérplazmájában és zsírszövetében nagyobb arányban volt jelen az α -linolénsav. Az n-3 zsírsavak aránya a tejzsírban 3,7-szeresen magasabb volt az extrudált lenmagot fogyasztó teheneknél. Az n-6:n-3 arány a kísérleti csoport esetében jelentősen szűkült, a kontroll csoport eredményeihez képest. A szerzők megállapították továbbá azt is, hogy a C18:3n-3 zsírsavak koncentrációjának növekedése nagyobb az alacsonyabb tejzsír%-kal rendelkező egyedeknél.

A full-fat lenmag alkalmazásának lehetőségét a kérődzők takarmányozásában több szerző is megvalósíthatónak találta. DA SILVA et al. (2007) a feldolgozott lenmaggal szemben az egész lenmag felhasználását hatékonyabbnak ítélték a tejelő tehének takarmányozásában, mivel az nagyobb mértékben csökkentette a közepes hosszúságú szénláncú és a telített zsírsavak arányát, valamint növelte a hosszú szénláncú telítetlen zsírsavak koncentrációját a tejzsírban. PETIT (2002) kísérletében egész lenmag hatását vizsgálta tejtermelő tehének termelési paramétereire, valamint a tej- és vér összetevőinek változására. Vizsgálatában választ kapott arra kérdése, hogy az egész lenmag, mint zsírforrás helyettesítheti-e a mikronizált szója és megalac takarmány-kiegészítést, minden olyan káros következmény nélkül, amely nem megfelelően befolyásolná a tejtermelésének és beltartalmi mutatóinak alakulását. A lenmagos takarmány-kiegészítést kapott egyedek több tejet termeltek, emellett megnövekedett tejfehérje százalék is. A tejzsír n6/n3 arányának szűkülését szintén a lenmag kiegészítés következményeként jellemezték. PETIT (2003) további kísérletében megalac mellett formaldehiddel kezelt egész lenmag, halolaj és formaldehiddel kezelt egész lenmag 50:50 arányú keveréke, valamint a duodenumban injektált lenmagolaj hatását elemezték holstein-fríz tehének tejtermelésére. A tejzsír zsírsav-összetételében az alfa-linolénsav koncentrációban megfigyelhető legfigyelemreméltóbb változás, a szerzők véleménye szerint, a duodenumba közvetlenül jutatott lenmagolaj esetében volt. Ez azt demonstrálja, hogy megfelelő védelemmel ellátva a lenmagot elérhető a tej n-3 zsírsav tartalmának hatékony növelése. A halolaj és formaldehiddel kezelt egész lenmag 50:50 arányú keveréke szintén hatékonyan növelte a tejzsír n-3 zsírsav koncentrációját, valamint ennél a kiegészítésnél figyelték meg az tejzsír EPA koncentrációjának növekedését. A lenmag formaldehiddel történő kezelése nem váltotta be a hozzá fűzött reményeket, a lenmag bendőben történő biohidrogénezésének folyamatát, a tejzsír n-3 tartalmának eredményei alapján, nem

sikerült mérsékelni. PETIT et al., (2004) megalac, az egész lenmag és az egész napraforgómag kiegészítés tejösszetevőkre gyakorolt hatását elemezték. Az n-3 zsírsavak legmagasabb koncentrációját ebben az esetben is a lenmag kiegészítést kapott egyedeknél figyelték meg (0,55; 1,12; 0,5%), ahogy a legszűkebb n6/n3 arányt is (6,8; 2,8; 9,9). A linolsav tartalomban bekövetkezett jelentősebb változás a napraforgó mag etetését követően igazolták a szerzők. CAROPRESE et al. (2009, 2010) nemcsak a zsírsav-összetétel változását vizsgálták, hanem az állatok immunválaszát is magas hőmérsékleti körülmények között. A többszörösen telítetlen zsírsavakat egész lenmag- és halolajkapszula formában adagolták a takarmányhoz. Vizsgálatuk eredményeként kijelentették, hogy a takarmány kiegészítők által tartalmazott n-3 telítetlen zsírsavak pozitívan befolyásolta nemcsak a tej összetételét és táplálkozási tulajdonságait, hanem a tehenek immunválasz készségét is, a vizsgált hőmérsékleti körülmények között. PETIT et al. (2015) az egész lenmag hatását vizsgálták a laktáció első felét teljesítő egyedeknél. Vizsgálataik szerint a rövid- és közepes szénláncú zsírsavak mennyisége csökkent, ahogy emelték a lenmag adagját a kísérletben résztvevő egyedek takarmányadagjában. A sztearinsav, az olajsav, az elaidinsav, a konjugált linolsav, az α -linolénsav-, és arachidinsav koncentrációja nőtt a lenmag etetés hatására. A szerzők véleménye szerint ugyanakkor az előre megtervezett 50 g/kg DM lenmag kiegészítés felett etetett mennyiség már negatív befolyással volt mind a termelt tej mennyiségére, mind a tejsír zsírsav-összetételére.

A full-fat repcemag alkalmazásának gyakorlati tapasztalatait a kérődzők takarmányozásában számos kutatás eredményesnek ítélte. LAWLESS et al. (1998) a full fat egész szója és full fat roppantott repcemag, mint takarmány-kiegészítés hatását vizsgálták a tejsír zsírsav-összetételére, különös tekintettel a konjugált linolsav koncentrációjának változására. Meglátásuk, hogy a repceolaj viszonylag magas linolénsav tartalommal, ugyanakkor alacsony linolsav tartalommal rendelkezik a szójával történő összevetésben. Azonban a repceolaj kiegészítést követően a vizsgálatba vont egyedek tejsírjában linolénsav tartalma alacsonyabbnak bizonyult a szója kiegészítést kapott tehenek értékeihez viszonyítva (0,57 és 1,03 g/100 g). Véleményük szerint ez a linolénsav nagymértékű bendőbeli biohidrogénezésére utal, amely közvetve hozzájárult a tejsír konjugált linolsav koncentrációjának nagymértékű növekedéséhez. A tejsír konjugált linolsav koncentrációjának alakulása igazolta feltételezésüket (2,23 és 2,49 g/100 g). MURPHY et al. (1990) a feldolgozott repcemag és a full fat repcemag takarmány-kiegészítést követően a tejtermelésben, a tej összetételében és tejsír zsírsav-

összetételében bekövetkezett változásokat elemezték. A tejtermelés és a szárazanyag-felvétel is szignifikánsan nagyobb volt a full fat repcemagot fogyasztó egyedek esetében. A tejszír zsírsav-összetételében bekövetkezett csökkenés jellemzően a C8:0 – C16:0 telített zsírsavak esetében volt statisztikailag is igazolható, amíg a C18:0, C18:1 és C18:2 zsírsavak növekedést mutattak. A tejszír zsírsav-összetételében bekövetkezett változások hasonló tendenciát mutattak a két eltérő feldolgozottságú takarmány-kiegészítés esetében, azonban a változás nagysága erőteljesebb volt a full fat takarmánykiegészítés esetén. MURPHY et al. (1995b) kísérletükben a full fat repcemag eltérő dózisban (275 g/kg és 550 g/kg) történő etetésének hatását vizsgálták legelőn tartott, kislétszámú állatállományon. Mindkét dózis esetén tejszír százalék csökkenése mellett a tejtermelés valamint a tejfehérje százalék növekedését igazolták a kísérlet időtartama alatt. A tejszír zsírsav-összetételének változásában a rövid- és közepes szénláncú zsírsavak mellett a C18:3 zsírsav csökkenését tapasztalták a kontroll egyedek értékeivel összevetve. A telítetlen zsírsavak vonatkozásában kiemelték a nagymértékű C18:1 zsírsav-tartalom növekedését a kontroll csoporttal történő összehasonlításban. Hasonló összevetésben fűszilázstra alapozott takarmányozás mellett vizsgálták a full fat repcemag különböző dózisa (80, 140 és 200 g/kg) mellett a Magyarországon is gyakran alkalmazott kukoricatörköly hatását (MURPHY et al., 1995a). Szemben az előző kísérletek eredményeivel, ennél a kísérletnél a szerzők nem tapasztaltak statisztikailag is igazolható változást a tejtermelés- és összetétel tekintetében. A tejszírsav-összetételben megjelenő változásokat a szerzők a nagy dózisú full fat repcemag adagolása esetén ítélték jelentősnek, a C6:0, C8:0, C14:0 és C14:1 zsírsavak alacsonyabb koncentrációja mellett. További csökkenést figyeltek meg a C10:0 és a C12:0 zsírsavak esetében a közepes adagú repcemag (140 g/kg) és a kontroll csoport esetében. A nagy és közepes dózisú repcemag kiegészítés esetén további megfigyelésként a kapronsav csökkenő tendenciáját és az olajsav megnövekedett mennyiségét bizonyították. GIVENS et al. (2009) kísérletükben a vizsgálatba vont tejelő tehenek kukoricaszilázs etetésére alapozott étrendjébe illesztettek feldolgozott repcemagot, repceolajat és egész repceből származtatott zsírkiegészítést. Szerzőtársaival úgy gondolták, hogy az egész olajmagok esetében a magot körülvevő maghéj védő tulajdonságain keresztül lehetséges, hogy az ép vagy bizonyos mértékig a feldolgozott olajmagvak az étrendben a telítetlen zsírsavak bendőbeli biohidrogénezésének mértékét csökkenthetik, összehasonlítva a növény olajokkal. A tejszír zsírsav-összetételében bekövetkezett változások mértéke kísérletükben véleményük szerint egyértelműen a repce fizikai formájától függött.

PALMQUIST et al. (1993) a takarmányozást ugyanolyan fontos tényezőként jelöli meg, mint az állati faktorként nevesített genetikai oldalt vagy laktációs állapotot a tejszírsav-összetétel tárgyalásakor. Véleménye szerint a takarmányban levő zsír mennyisége és annak zsírsav-összetétele nagyobb mértékben befolyásolja a tejsír zsírsav-összetételét, mint bármely más takarmánykomponens. SCHMIDT (1999) szerint az állatok termelésének színvonalát, a termékek minőségét az örökletes alap mellett legnagyobb mértékben a takarmányozás határozza meg.

A szakirodalmi forrásokat összesítve elmondható, hogy jelentős számú tanulmány foglalkozik az állati termékek zsírsav-összetételének módosításával. A kérdőzők esetében ugyan a takarmánnyal bejutatott zsírsavak átalakulnak, viszont egyedülállóan - a kérődzők biokémiai folyamatainak köszönhetően - olyan bioaktív anyagok is képződnek, amelyek egyértelműen pozitív hatást gyakorolnak az emberi szervezetre. Az irodalmi adatokat elemezve, több szerző hatékonyabbnak ítélte az olajos magvak feldolgozásából származó melléktermékek, vagy egyenesen maguknak az olajoknak a felhasználását a tejsír zsírsav-összetételének módosítására. Ugyanakkor adott kísérletek eredményeiben tapasztalták ezen feldolgozott termékek negatív következményeit, amelyek befolyásolták a bendő biohidrogénezési folyamatát, és így a keletkezett termékek zsírsav-összetételének kevésbé előnyös változását. A full fat olajos magvak takarmány-kiegészítésként való alkalmazását több szerző is perspektivikusnak találta, hivatkozva arra, hogy az egész olajmagok esetében a magot körülvevő maghép tulajdonképpen egy természetes buroknak tekinthető. Ezért a sértetlen maghéjjal rendelkező olajmagvak, amelyek magas többszörösen telítetlen zsírsavtartalommal rendelkeznek, megkerülve a bendő biohidrogénezési folyamatát, eredményesebbek lehetnek a tejsír zsírsav-összetételének módosításában.

Az állati termékek táplálkozásbiológiai szerepének hangsúlyozása mellett, azok minősége és összetétele folyamatos kutatást és fejlesztést igényel modern korunk fogyasztóinak megfelelően. Az utóbbi évtizedek tudatos fogyasztói magatartás kialakulásának és a fogyasztók tájékozottságának eredményeképpen az élelmiszerekkel, így a tejjel és tejtermékekkel szemben támasztott fogyasztói igények is átalakultak. A természetes eredetű táplálékforrások közül a tej bizonyítottan kedvező élettani hatásai folytán az egyik legfontosabb az emberi szervezet egyensúlyának fenntartása szempontjából, ugyanakkor a nagy mennyiségű telített zsírsav-tartalma hátrányként jelenik meg a modern táplálkozási elvárások ismeretében. Az előtérbe került full fat

olajos magvak, azok melléktermékeinek vagy olajainak felhasználása, mint elsőrendű többszörösen telítetlen (linolsav, α -linolénsav) zsírsavforrás takarmányokban történő alkalmazása egy lehetséges alternatívát jelent a bendőbeli hidrogénezési folyamattól való védelemben. Minél nagyobb fokú ez a védelem - azaz a full fat olajos magvak alkalmazása szemben azok olajainak felhasználásával - annál eredményesebb lehet a tej zsírsav-összetételére irányuló módosítás.

4. Saját vizsgálatok

4.1. A vizsgálatok anyaga és módszere

Célkitűzéseinknek megfelelően több intenzív tejhasznosítású szarvasmarha telep bevonásával történt a kísérletek megvalósítása. A kísérlet során minden esetben igazodtunk a telepi rendhez, amely elengedhetetlen feltétele a folyamatos termelésnek.

Biharnagybajomi Dózsa Agrár Zrt.

A Biharnagybajomi Dózsa Agrár Zrt. Biharnagybajom község külterületén, Hajdú-Bihar megyében helyezkedik el.

A négy termelőistállóban elhelyezett nyolc termelő csoporttal folyik a tejtermelés. A fejés 32 állásos DeLaval karusszel fejőházban, napi három alkalommal történik. A tehenek termelés szerinti csoportosítását az Alpro telepírányítási programból a napi tejmenyiség alapján végzik, a csoportosítások során az eltelt tejelő napok számát is figyelembe veszik. A takarmánybázis a kukoricaszilázs, a lucerna- vagy fűszénáz, lucerna- vagy réti széna, olaszperje valamint a kukorica- vagy sörtörköly biztosítja. Az abraktakarmány mennyisége és összetétele függ az állat tejtermelésének színvonalától. A tehenek takarmányozását napi két alkalommal végzik.

Földes Rákóczi Mezőgazdasági Kft.

A Földes Rákóczi Mezőgazdasági Kft. Földes nagyközség külterületén Hajdú-Bihar megyében helyezkedik el. A telepen négy termelőistállóban öt termelő csoporttal termelnek. 28 állásos DeLaval körforgós fejőházban a tehenek fejése napi két alkalommal történik. A tehenek termelés szerinti csoportosítását az Alpro telepírányítási programból a napi tej mennyiség alapján végzik.

A takarmánybázis a kukoricaszilázs, a lucerna- vagy olasz perje szenázs, esetenként gabonaszilázs, nedves répaszelet szilázs, lucerna- vagy réti széna, valamint sörtörköly biztosítja. Az abraktakarmány mennyisége és összetétele függ az állat tejtermelésének színvonalától. A tehenek takarmányozását napi két alkalommal végzik.

Szigát-Tej Kft.

Szigát Debrecen központjától 5 km-re található. Két termelő istállóban négy termelő csoporttal termelnek. A fejőház 16 állásos Gascoigne Melotte karusszel típusú. A tehenek fejése napi két alkalommal történik. A tehenek termelés szerinti csoportosítását az

GM3000 telepirányítási programból a napi tej mennyiség alapján végzik, a csoportosítások során az eltelt tejelő napok számát is figyelembe veszik.

A takarmánybázis alapját csemege kukoricaszilázs és fővetésű kukoricaszilázs, valamint fűszénázs, vagy gabonaszilázs biztosítja. Az abraktakarmány mennyisége és összetétele függ az állat tejtermelésének színvonalától. A tehenek takarmányozását napi két alkalommal végzik.

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

4.1.1. A vizsgálat szervezése

A kísérlet tervezésekor elsődleges szempontként jelent meg, hogy a tejzsír zsírsav-összetételének 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 takarmány-kiegészítőként felhasználható 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). Az A és B telep esetében a nagytejű termelői csoport (30 kg feletti átlag tejtermelés), a C telep esetében 30 kg alatti átlagos tejtermelési csoport képezte a vizsgálatba vont egyedeket.

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 ± 63 napján voltak), az átlagos tejtermelés $37,95 \pm 7,14$ kg volt. A takarmány-kiegészítés mind a két telep esetében a teljes takarmánykeverék részét képezte.

Minden takarmány-kiegészítés esetében minden vizsgálatba vont telepnél a kísérlet során az általunk választott takarmány-kiegészítést egy termelői csoportnak adagoltuk ki a telepen dolgozó szakemberek segítségével.

A 2. táblázatban a takarmány-kiegészítés adagjának ismertetése látható.

2. táblázat: Az etetett takarmány-kiegészítések ismertetése

Takarmány-kiegészítés	A telep	B telep	C telep
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	-

A hidegen sajtolt lenmag, full fat olajosmagvak (full fat lenmag, full fat repcemag), valamint az eltérő dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés zsírsav-összetételét 3. és a 4. táblázatban mutatjuk be (takarmány kiegészítésenként 5db minta átlagadata alapján). A kísérlet során etetett hidegen sajtolt lenmag és full fat olajos magvak kémiai összetétele és számított táplálóanyag-tartalma, valamint az etetett takarmányadagok és azok számított táplálóanyag-tartalma a 36.-43. táblázatban található, amelyeket a mellékletben helyeztem el.

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

Táplálóanyagtartalom (%)	Hidegen sajtolt lenmag
szárazanyag tartalom	92,1
nyersfehérje	32,0
nyerszsír	9,9
nyersrost	5,7
nyersshamu	10,9
Zsírsavak (%)**	
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-metilésztetek relatív tömegszázalékában

4. 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
Zsírsavak (%)*		
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

Az etetett takarmányadagok zsírjának zsírsav-összetételét a 5., a 6. és a 7. táblázat szemlélteti.

5. táblázat: A hidegen sajtolt lenmagot tartalmazó takarmányadag zsírjának zsírsav-összetétele

Zsírsavak (%)*	Hidegen sajtolt lenmag (A telep)		Hidegen sajtolt lenmag (B telep)		Hidegen sajtolt lenmag (C telep)	
	Kísérlet előtti szakasz	Kísérleti szakasz	Kísérlet előtti szakasz	Kísérleti szakasz	Kísérlet előtti szakasz	Kísérleti szakasz
laurinsav 12:0	0,46	0,37	0,45	0,27	0,50	0,26
mirisztinsav 14:0	0,98	0,89	1,37	0,72	1,08	0,95
pentadekánsav 15:0	0,20	0,15	0,19	0,11	0,25	0,19
palmitinsav 16:0	29,98	23,52	36,08	24,62	30,87	25,02
margarinsav 17:0	0,89	0,59	1,07	0,52	0,72	0,57
sztearinsav 18:0	3,89	2,90	3,89	2,75	3,43	3,63
arachidinsav 20:0	0,40	0,46	0,31	0,49	0,46	0,39
behénsav 22:0	0,46	0,41	0,43	0,33	0,56	0,39
lignocerin-sav 24:0	0,30	0,29	0,26	0,25	0,38	0,32
ΣSFA	37,56	29,58	44,05	30,06	38,25	31,72
palmitoleinsav 16:1	0,20	0,19	0,24	0,16	0,16	0,20
olajsav 18:1	22,81	20,28	22,27	23,32	23,09	23,15
eikozénsav 20:1	-	0,02	-	0,10	0,02	0,05
ΣMUFA	23,01	20,49	22,51	23,58	23,27	23,40
linolsav 18:2n6	30,46	26,31	28,29	26,45	30,09	27,03
α-linolénsav 18:3n3	3,03	4,73	2,07	4,23	3,61	3,91
γ-linolénsav 18:3n6	-	0,15	-	0,01	0,01	0,02
ΣPUFA	33,49	31,19	30,36	30,69	33,71	30,96

* zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

- nem volt kimutatható

A kísérleti szakaszban etetett takarmányadag nagyobb telítetlen zsírsav-összetétellel rendelkezik. A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés esetén a takarmányadag több α-linolénsavat tartalmazott.

6. táblázat: A full fat lenmagot és a full fat repcemagot tartalmazó takarmányadag zsírjának zsírsav-összetétele

Zsírsavak (%)*	Full fat lenmag (A telep)		Full fat repcemag (B telep)	
	Kísérlet előtti szakasz	Kísérleti szakasz	Kísérlet előtti szakasz	Kísérleti szakasz
laurinsav 12:0	0,56	0,57	0,44	0,27
mirisztinsav 14:0	0,61	0,64	1,27	0,72
pentadekánsav 15:0	0,10	0,15	0,15	0,11
palmitinsav 16:0	22,7	20,52	34,85	24,63
margarinsav 17:0	0,59	0,54	0,94	0,52
sztearinsav 18:0	8,31	7,60	3,25	2,75
arachidinsav 20:0	0,55	0,46	0,33	0,49
behénsav 22:0	0,36	0,41	0,32	0,33
lignocerinsav 24:0	0,35	0,35	0,27	0,26
ΣSFA	34,13	31,24	41,82	30,08
palmitoleinsav 16:1	0,15	0,15	0,16	0,20
olajsav 18:1	20,81	19,28	21,79	35,26
eikozénsav 20:1	0,26	0,35	0,21	0,60
ΣMUFA	21,22	19,78	22,16	36,06
linolsav 18:2n6	38,46	27,31	31,22	26,45
α-linolénsav 18:3n3	3,76	18,86	2,02	4,23
γ-linolénsav 18:3n6	0,06	0,15	-	0,04
eikozénsav 20:1	0,26	0,35	0,21	0,60
ΣPUFA	42,54	46,67	33,45	31,32

* zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

- nem volt kimutatható

A kísérleti szakaszban etetett takarmányadag több telítetlen zsírsavat tartalmazott. A full fat lenmag takarmány-kiegészítés esetén a takarmányadag nagyobb mennyiségű α-linolénsavat, míg a full fat repcemag esetében az α-linolénsav mellett nagyobb mennyiségű olajsavat is tartalmazott.

7. táblázat: Eltérő dózisú full fat lenmagot tartalmazó takarmányadag zsírjának zsírsav-összetétele

Zsírsavak (%)*	Normál dózisú full fat lenmag (A telep)		Emelt dózisú full fat lenmag (B telep)	
	Kísérlet előtti szakasz	Kísérleti szakasz	Kísérlet előtti szakasz	Kísérleti szakasz
laurinsav 12:0	0,45	0,25	0,56	0,55
mirisztinsav 14:0	0,47	0,33	0,51	0,39
pentadekánsav 15:0	0,12	0,05	0,10	0,07
palmitinsav 16:0	25,12	18,10	24,4	20,07
margarinsav 17:0	0,24	0,12	0,19	0,17
sztearinsav 18:0	13,25	6,19	14,7	6,50
arachidinsav 20:0	0,56	1,66	0,48	0,88
behénsav 22:0	0,32	0,60	0,50	0,28
lignocerinsav 24:0	0,70	0,60	0,37	0,28
ΣSFA	41,23	27,9	41,81	29,19
palmitoleinsav 16:1	0,11	0,18	0,09	0,16
olajsav 18:1n9	24,8	22,16	21,20	20,30
eikozénsav 20:1	0,19	0,55	0,15	0,32
ΣMUFA	25,10	22,89	21,44	20,78
linolsav 18:2n6	40,50	36,30	37,60	33,7
α-linolénsav 18:3n3	2,07	7,12	2,12	19,21
γ-linolénsav 18:3n6	0,03	0,10	0,05	0,18
ΣPUFA	42,60	43,52	39,77	53,09

* zsírsav-metilésztetek relatív tömegszázalékában

A kísérleti szakaszban etetett takarmányadag nagyobb mennyiségben tartalmazott telítetlen zsírsavakat. A két eltérő dózisban szereplő takarmány-kiegészítés az α-linolénsav tartalomban különbözött jelentősen, míg a kisebb dózis esetén kisebb, addig a nagyobb dózis esetén nagyobb α-linolénsav tartalom jellemezte a takarmányadagot.

A kísérletek beállításakor a takarmány-kiegészítések hatásának vizsgálatát a tej mennyiségi és összetétel alakulásának változására is kiterjesztettük. Az elemzéshez szükséges adatokat (termelt tej kg, tejzsír %- és fehérje %) az Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft. által havonta elvégzett próbafejések biztosították. A hidegen sajtolt, a full fat olajos magvak és az eltérő dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítések etetése során a tej mennyiség és összetétel vizsgálatára vonatkozóan két vizsgálati szakaszt határoztunk meg, egy kísérleti előtti és egy kísérlet utáni szakaszt. A kísérletek előtti és utáni szakaszok felállítását azért tartottuk szükségesnek, hogy

teljesebb képet kapjunk a takarmány-kiegészítés etetése előtti és az azt követő időszak termelésének esetleges változásáról.

A tejsír zsírsav-összetételének megállapítása céljából a hidegen sajtolt lenmag, valamint a full fat olajos magvak (full fat lenmag, full fat repcemag) etetésekor két vizsgálati szakaszt határoztunk meg egy kísérlet előtti szakaszt és egy kísérleti utáni szakaszt. Ennek megfelelően a tejsír zsírsav-összetételének megállapítása céljából a hidegen sajtolt lenmag, valamint a full fat olajos magvak etetésekor a kísérlet során két alkalommal, a takarmány-kiegészítés etetésének kezdete előtt és a takarmány-kiegészítés etetésének végén vettünk tejmintát. Az egyedi tejmintavételt 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. A kísérleti szakasz megkezdése előtt minden takarmány-kiegészítésnél két hetes előtetési időszakot határoztunk meg. Az előtetést követő kísérleti szakasz mind a hidegen sajtolt lenmag, mind a full fat olajos mag kiegészítések esetében négy hét volt. A kísérletek előtti és utáni szakaszok felállítását azért tartottuk szükségesnek, hogy teljesebb képet kapjunk a takarmány-kiegészítés etetése előtti és az azt követő időszak termelésének paramétereiről, valamint a tejsír zsírsav-összetételének változásáról.

Az eltérő dózisu full fat lenmag etetése során három vizsgálati szakaszt irányoztunk elő, egy kísérlet előtti szakaszt, egy kísérleti szakaszt és egy kísérlet utáni szakaszt. A kísérleti során felállított szakaszokhoz igazodva három alkalommal, a takarmány-kiegészítés etetésének kezdete előtt és a takarmány-kiegészítés etetésének második hetében, valamint a kísérleti szakasz végén vettünk tejmintát. Az egyedi tejmintavételt 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. A kísérleti szakasz megkezdése előtt minden takarmány-kiegészítésnél két hetes előtetési időszakot határoztunk meg. Az előtetést követő kísérleti szakasz, mind a két telep esetében, négy hét volt. A kísérletek szakaszok meghatározását azért tartottuk szükségesnek, hogy a rendelkezésre álló adatok alapján még részletesebb képet kapjunk a takarmány-kiegészítés etetése előtti, közbeni és az azt követő időszakban megtermelt tej tejsírjának zsírsav-összetétel alakulásáról.

4.1.2. 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 full fat olajos magvak és a hidegen sajtolt lenmag, valamint az etetett takarmányadagok zsírsav analízisét a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Analitikai Laboratóriuma, valamint a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma MÉK Agrárműszerközpont laboratóriuma végezte el.

A tejminták zsírsav analízisét a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Analitikai Laboratóriuma, valamint a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma MÉK Agrárműszerközpont laboratóriuma végezte el Chrompack CP 9000 gázkromatográfval.

A tejminták zsírsavösszetételének meghatározásakor a mintaelőkészítés során elsőként előkészítettük a tejmintákat bór-trifluoridos átészterezéshez, majd következett a hidrolízis és az észterképzés művelete.

A gázkromatográfiás analízis körülményei

Kolonna: 100 m x 0,25 mm kvarc kapilláris, *CS-Sil 88 (FAME)* állófázis

Detektor: FID 270°C

Injektor: splitter 270°C

Vivőgáz: hélium, 235 kPa

Hőmérséklet-program: kolonna 140°C, 10 percig; 10°C/perc emelés 235°C-ig, izoterm 26 percig

Injektált oldat térfogata: 0,5-2 µl

4.1.3. 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 tej mennyiségi és összetétel adatait a RISK program segítségével gyűjtöttük össze.

A tejszír 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 RISK A program segítségével gyűjtöttünk. A laktációs görbét becslő függvényt az alábbi Wood képlettel (WOOD, 1969) számoltuk ki, SZÚCS et al. (1982) munkája nyomán.

$$y = ax^b e^{-cx}$$

x_i = az elléstől eltelt idő napokban (az ellés napja a 0. nap)

y_i = az aznap mért tejmenyiség

a, b, c = a függvény paraméterei

a = a laktáció első szakasza

b = a laktáció középső szakasza

c = a laktáció utolsó szakasza

r^2 = a determinációs együttható

$\hat{y}$ = a laktáció x , napján a képlet alapján becsült tejmenyiség

$\hat{s}$ = a laktáció x . napjáig termelt összes tejmenyiség becsült értéke

Az elemzésekhez SPSS for Windows 22.0 programot használtunk. A normalitás vizsgálata esetén a kiugró értékeket kizártam, amennyiben az szakmailag indokolható volt.

A hidegen sajtolt lenmag és a full fat olajos magvak 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. Az adatok feldolgozásához szükséges biometria számításokat és jelöléseket (SVÁB, 1981) és HUZSVAI, (2004-2010) által megfogalmazottak figyelembevételével alkalmaztuk. A telep és a dózis hatás interakciójának vizsgálatokor 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. A grafikonok formai kialakítását képszerkesztő program segítségével végeztük.

4.2. Vizsgálati eredmények és azok értékelése

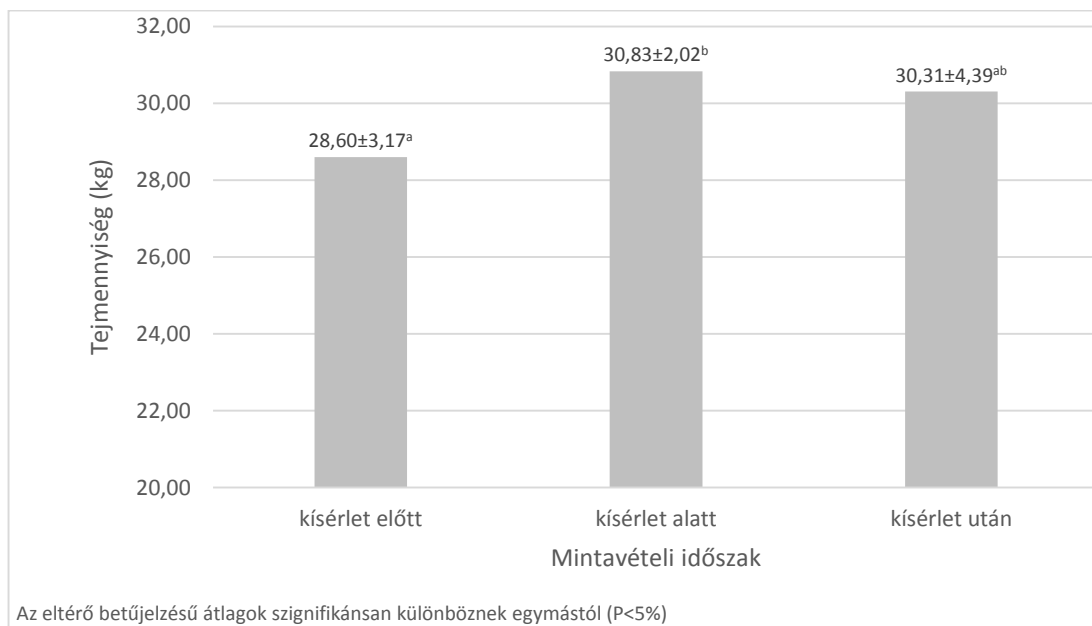
4.2.1. A tejmenyiség és a tej összetételének alakulása az etetett takarmány-kiegészítések hatására

Annak eldöntésére, hogy az általunk választott takarmány-kiegészítések milyen mértékben befolyásolták a termelést, megvizsgáltuk és összevetettük a legfontosabbnak tartott paramétereket az etetés előtt, az etetés ideje alatt és azt követően is.

4.2.1.1. A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés etetésének hatása a tejmenyiség és a tej összetételének alakulására

A hidegen sajtolt lenmag kiegészítés etetése során elsőként arra kerestük a választ, hogy milyen különbségek figyelhetők meg a termelt tej mennyiségében valamint a zsír- és fehérje tartalmában.

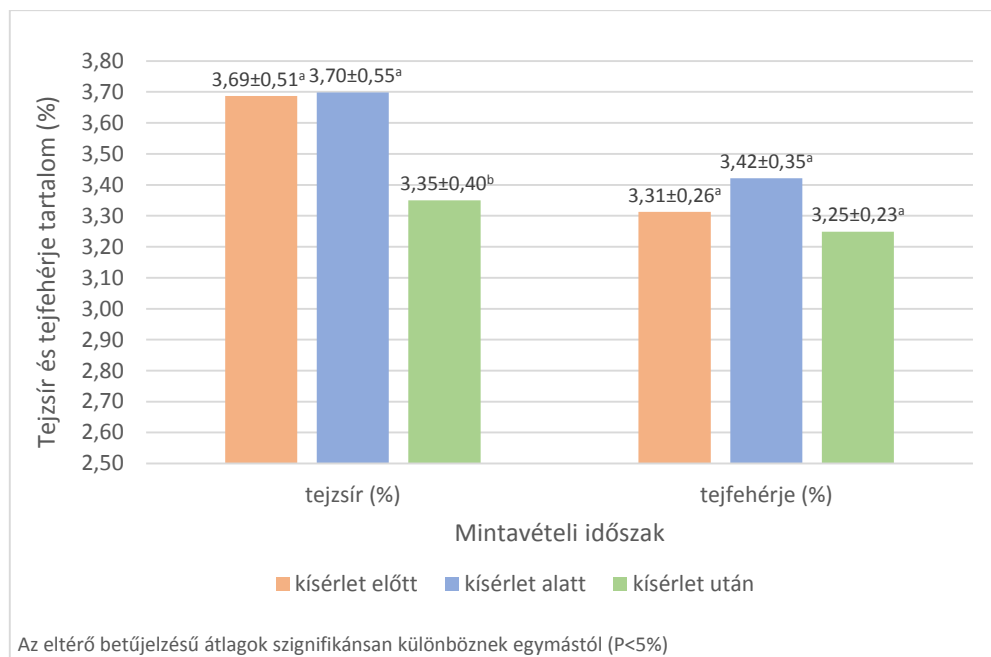
A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés hatását a tej mennyiségére az A telepen a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra: A hidegen sajtolt lenmag etetésének hatása a tejmenyiségre

Az adatokból látható, hogy az etetés időszaka alatt a tejmenyiség növekedett a kísérlet előtti szakaszhoz viszonyítva (30,83kg ± 2,02 és 28,6 kg ± 3,17 az előző sorrendben).

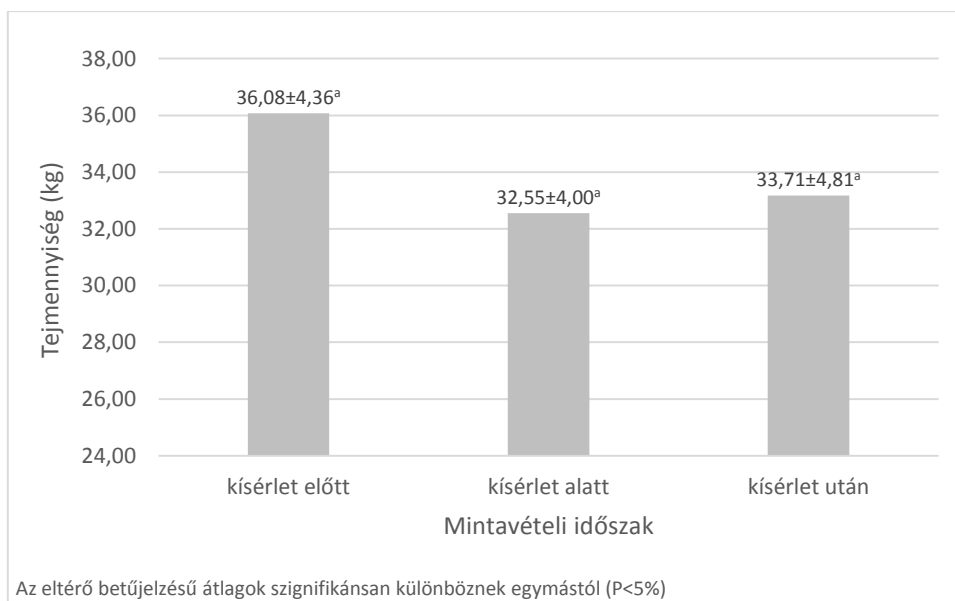
A tej összetételének elemzésekor a termelt tej zsírtartalmának és fehérjetartalmának értékeit vetettük össze a mintavételi időszak szakaszaival a hidegen sajtolt lenmag A telepen történt etetésekor, amelyet a 3. ábrán szemléltettünk.



3. ábra: A hidegen sajtolt lenmag etetésének hatása a tej összetételére

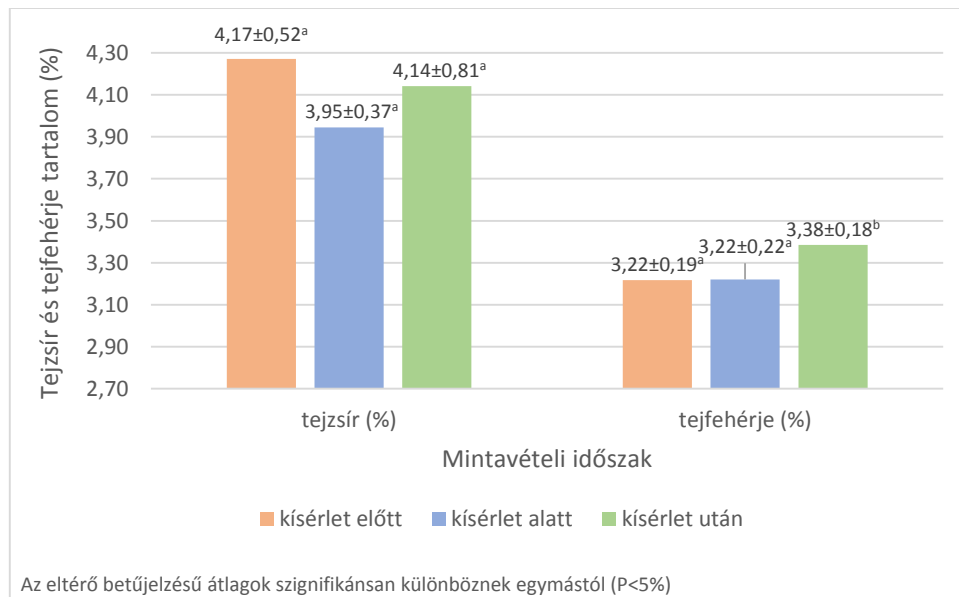
A tejzsírtartalomban bekövetkezett csökkenés az etetési időszakot követően volt tapasztalható a kísérlet előtti és a kísérlet alatti adatokkal történő összevetésben ($3,35 \pm 0,40$ és $3,69 \pm 0,51$ és $3,70 \pm 0,55$ az előző sorrendben). A tejfehérje tartalomban érdemi változás nem volt megfigyelhető a mintavételi időszak alatt.

A hidegen sajtolt takarmány-kiegészítés etetésének hatását a B telepen gyűjtött adatok alapján a 4. ábra a tejmenyiség, az 5. ábra a tej összetételének változását szemlélteti.



4. ábra: A hidegen sajtolt lenmag etetésének hatása a tejmenyiségre

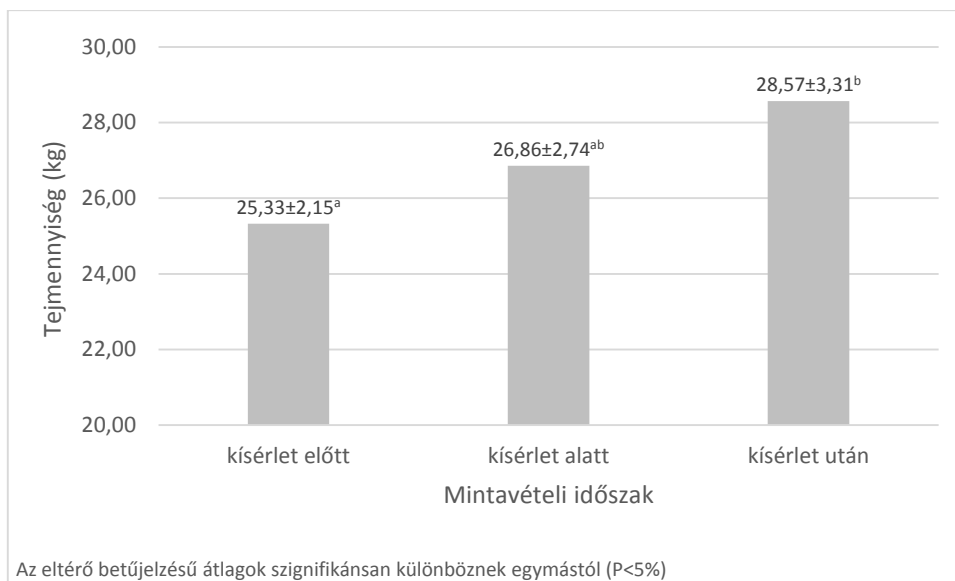
A megtermelt tej mennyiségének elemzése során megállapítottuk, hogy csökkenő tendencia volt megfigyelhető a mintavételi időszak végén.



5. ábra: A hidegen sajtolt lenmag etetésének hatása a tej összetételére

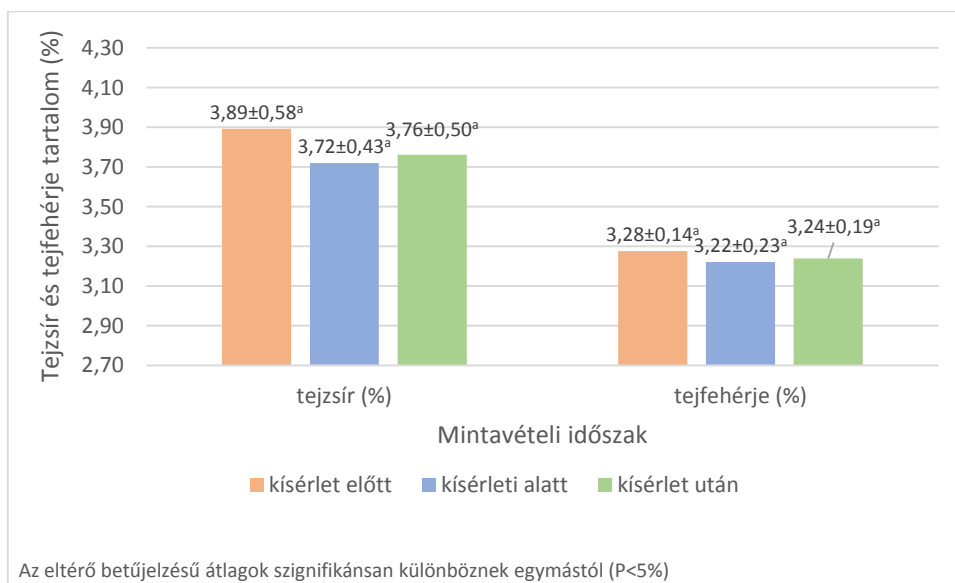
A tejszírtartalomban megfigyelhető csökkenés csak az etetés időszaka alatt volt megfigyelhető, bár azt statisztikailag nem igazoltuk. A kísérleti időszak előtt és az etetés alatt mért tejfehérje% adatokat összevetve a kísérlet utáni szakasz eredményeivel növekedés volt megfigyelhető ($3,21 \pm 0,19$ és $3,22 \pm 0,22$ és $3,38 \pm 0,18$ az előző sorrendben).

A hidegen sajtolt lenmag etetése során megfigyelt változásokat a C telepen gyűjtött adatok segítségével a következőkben részletezzük. A termelt tej mennyiségére és annak összetételére vonatkozó adatokat és összevetéseket a 6. és a 7. ábrán részletezzük.



6. ábra: A hidegen sajtolt lenmag etetésének hatása a tejmennyiségre

A tejmennyiség vonatkozásában egyenletes növekedés volt tapasztalható a kísérlet előtti, a kísérlet alatti és a kísérlet utáni szakaszok összehasonlításakor ($25,33 \pm 2,15$ és $26,86 \pm 2,74$ és $28,57 \pm 3,31$ az előző sorrendben).

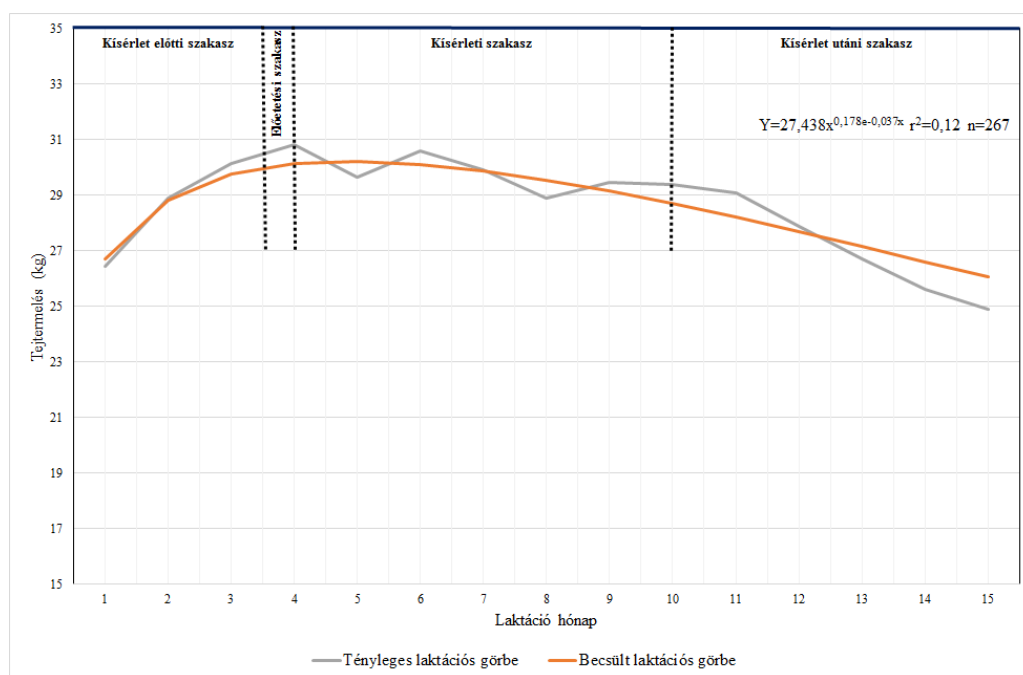


7. ábra: A hidegen sajtolt lenmag etetésének hatása a tej összetételére

A tejzsír% és a tejfehérje% adatai alapján a mintavételi időszakban mind a két tejalkotó esetben kismértékű csökkenés volt megfigyelhető a kísérlet előtti, a kísérlet alatti és a kísérlet után szakaszok összehasonlításakor.

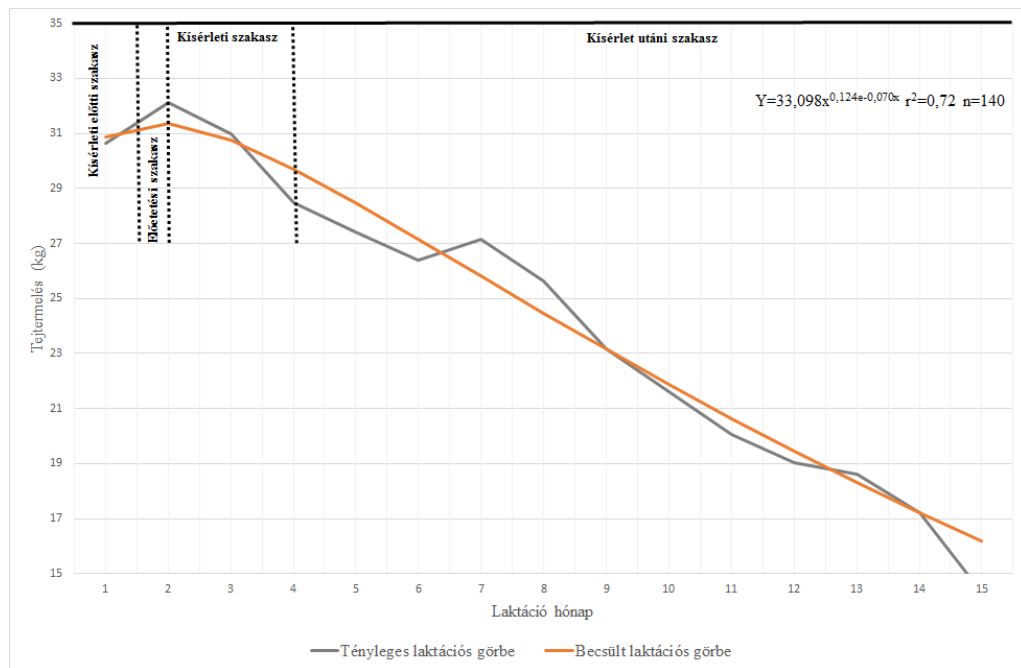
A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés a termelési paraméterekre gyakorolt hatásának vizsgálata során következő lépésként a vizsgálatba vont egyedek tényleges és becsült laktációs görbáját vetettük össze. Arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a laktációs görbe lefutását milyen mértékben befolyásolta az alkalmazott takarmány-kiegészítés.

A laktációs görbe illesztését a Wood-függvényhez, valamint a tényleges laktációs görbe alakulását a 8., 9. és 10. ábra szemlélteti.



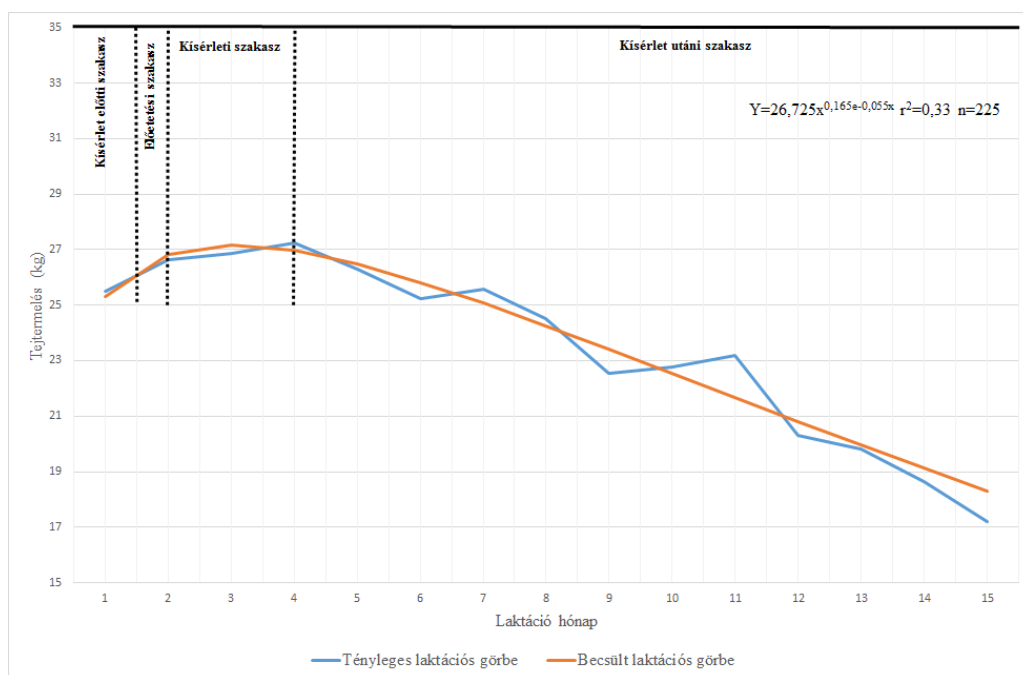
8. ábra: A hidegen sajtolt lenmag etetésnél az egyedek laktációs görbájének illesztése a Wood-függvényhez (A telep)

A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés etetésének időszaka alatt a tényleges laktációs görbe nem sokban tért el a becsült laktációs görbe lefutásától. A laktációs csúcsot az egyedek a laktáció negyedik hónapjában érték el, majd azt követően fokozatos, kevésbé meredek csökkenést tapasztaltunk. A laktációs termelés csúcsán kezdődő kísérleti szakasz, a becsült görbe összevetésével, nem befolyásolta érdemben a laktáció természetes lefutását.



9. ábra: A hidegen sajtolt lenmag etetésnél az egyedek laktációs görbéjének illesztése a Wood-függvényhez (B telep)

A becsült laktációs görbe és a tényleges laktációs görbe lefutása a B telep esetében sem tért el egymástól jelentősen. A laktációs csúcsot a laktáció második hónapjában érték el, majd azt követően fokozatos, igen meredek csökkenést tapasztaltunk. A laktációs termelés csúcsán kezdődő kísérleti szakasz, a becsült görbe összevetésével, ezen egyedek esetében sem befolyásolta érdemben a laktáció természetes lefutását.



10. ábra: A hidegen sajtolt lenmag etetésnél az egyedek laktációs görbéjének illesztése a Wood-függvényhez (C telep)

A becsült laktációs görbe és a tényleges laktációs görbe lefutása a C telep esetében sem tért el egymástól jelentősen. A laktációs csúcsot a laktáció negyedik hónapjában érték el, majd azt követően fokozatos csökkenést tapasztaltunk. A laktációs termelés csúcán kezdődő kísérleti szakasz, a becsült görbe összevetésével, ezen egyedek esetében sem befolyásolta érdemben a laktáció természetes lefutását.

A becsült és a tényleges laktációs görbék összevetésekor a statisztikai elemzés ($P < 5\%$) nem mutatott eltérést. Az etetett takarmány-kiegészítés a laktációs görbék normál lefutását érdemben nem módosította. A korrelációs együttható értéke 0,96 volt, tehát a becsült és a tényleges laktációs görbék közötti kapcsolat szorosnak tekinthető.

A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés etetése során a termelt tej mennyiségére vonatkozó eredményeink hasonló tendenciát mutattak NEVEU et al. (2014) eltérő arányú tömegtakarmány:abrak takarmányadag extrudált lenmaggal kiegészített takarmányozási kísérlete során szerzett tapasztalatokkal. NEVEU et al. (2014) a termelt tej mennyiségében szignifikáns változást nem igazoltak, egy kísérleti csoport esetében sem. Az eltérő, statisztikailag is igazolt eredményeket, a tejszírtartalomban a különböző tömegtakarmány:abrak arányú takarmányadagok alkalmazására vezették vissza. DA SILVA et al (2007) feldolgozott és egész lenmag takarmány-kiegészítés alkalmazásának

vizsgálatakor megállapították, hogy a feldolgozott lenmag etetését követően nagyobb volt a termelt tej mennyisége, mint az egész lenmagot fogyasztó csoport esetében, azonban a 4%-os zsírtartalomra korrigált tejmennyiséget már nem befolyásolta. Kísérletünkben a termelt tej mennyisége, hasonlóan DA SILVA et al (2007) eredményeihez, növekedett a kísérlet alatt, azonban ez a növekedés a laktáció természetes lefutására vezethető vissza, semmint a hidegen sajtolt lenmag hatására. A lenmag eltérő feldolgozottságának hatását vizsgálva tejelő tehenek takarmányadagjában alkalmazva GONTHIER et al. (2005) az extrudált lenmagot fogyasztó csoport esetében igazolták az alacsonyabb tejmennyiség mellett a csökkent tejszírtartalmat, ugyanakkor hasonló eltérést COLLOMB et al. (2004) és LIVINGSTONE et al. (2015) nem tapasztalt. A tejsír tartalom csökkenését a kísérlet során egy telep esetében igazoltuk statisztikailag („A” telep), ennek ellenére valószínűbbnek tartjuk a tejszírtartalom csökkenését a laktációs termelés változásához kötni, mint a takarmány kiegészítő behatásához. FUENTES et al. (2008) 40:60 tömegtakarmány:abrak aránnyal összeállított, extrudált lenmaggal kiegészített takarmányadagok vizsgálatakor megállapították, hogy a termelt tej mennyiségére nem gyakorolt hatást a feldolgozott lenmag. A tejszírtartalomban a csökkenést, míg a tejfehérje tartalomban a növekedést tapasztalták a kísérleti csoport eredményeinek statisztikai elemzésekor. A tejfehérje tartalomban megfigyelt növekedés a hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés esetében, egy telepnél („B”) igazoltuk és ez esetben sem feltétlen a takarmány-kiegészítés pozitív hatásaként értékeltük, szemben FUENTES et al. (2008) meglátásával.

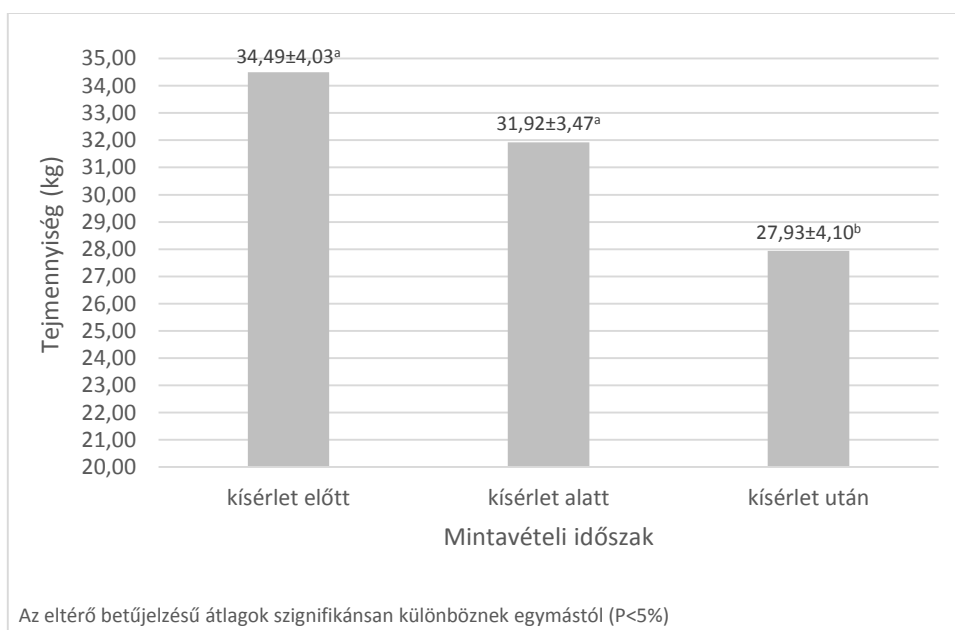
A hidegen sajtolt lenmag etetés során kapott tejmennyiségi- és beltartalmi eredményeket összevetve szakirodalmi forrásokkal kijelenthető, hogy a lenmag feldolgozott formában történő etetése jellemzően nem befolyásolta a termelt tej mennyiségét és annak beltartalmát. Ezt az eredményt azonban nem feltétlen a hidegen sajtolt lenmag semleges hatásának tulajdonítottuk, mintsem a laktációs állapot erősebb befolyásának.

4.2.1.2. A full fat olajos mag takarmány-kiegészítések etetésének

hatása a tejmenyiség és a tej összetételének alakulására

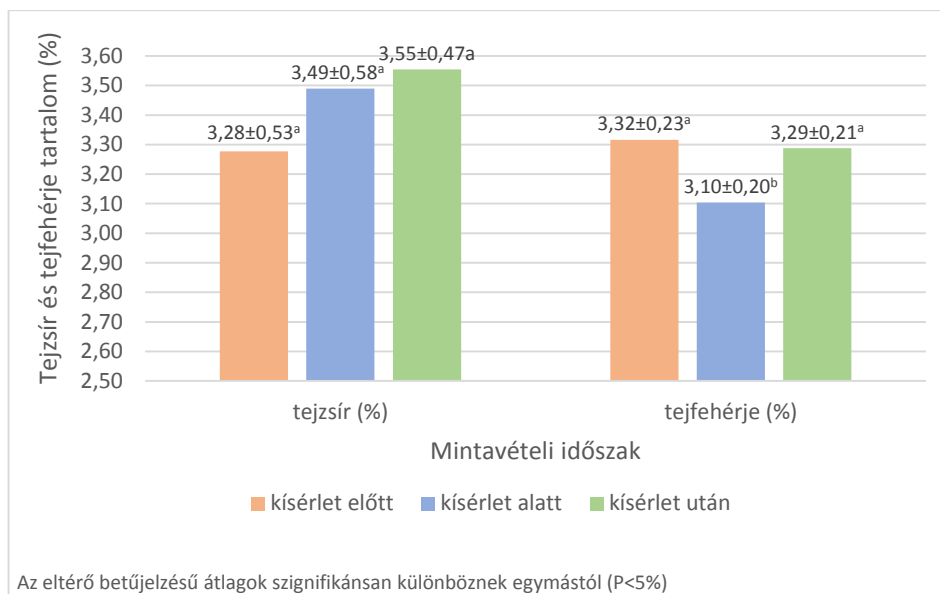
A full fat olajos magvak (full fat lenmag és full fat repcemag) takarmány-kiegészítésként történő alkalmazása során elsőként arra kerestük a választ, hogy a vizsgálatba vont két nagyüzemi tejhasznosítású telep próbafejéseinek adatai alapján milyen változások figyelhetők meg a termelt tej mennyiségében valamint összetételében.

A 11. ábra a termelt tej mennyiségének változását, a 12. ábra a tej összetételének alakulását mutatja be a full fat lenmag kiegészítés etetésekor, az A telepnél.



11. ábra: A full fat lenmag etetésének hatása a tejmenyiségre

A termelt tej mennyiségében a full fat lenmag etetését követően bekövetkezett jelentős csökkenés a kísérlet előtti valamint a kísérleti szakasznak az etetés utáni szakasz összevetésekor ($34,49 \pm 4,03$ és $31,92 \pm 3,47$ és $27,93 \pm 4,09$ az előző sorrendben).



12. ábra: A full fat lenmag etetésének hatása a tej összetételére

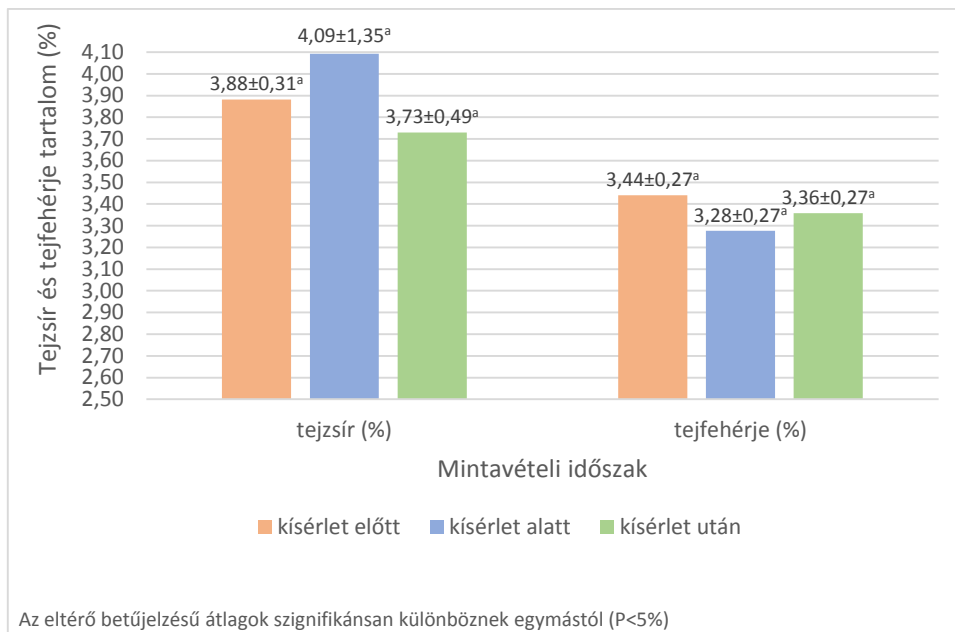
A tej összetételében tapasztalt változások a kísérlet előtti, a kísérleti szakasz valamint a kísérlet utáni szakasz összevetésekor eltérőek voltak. A tejzsírtartalomban érdemi változás nem igazoltunk a kísérlet ideje alatt. A tejfehérje tartalom adataiból látható, hogy a kísérleti időszak alatt csökkent a tejfehérje% a kísérleti előtti, valamint az azt követő szakaszok összehasonlításakor ($3,10 \pm 0,20$ és $3,32 \pm 0,23$ és $3,29 \pm 0,21$ az előző sorrendben).

A full fat repcemag etetésének hatását a tej mennyiségének és a tej összetételének változására a B telepen elemeztük. A tejmennyiség alakulását a 13. ábra, a tej összetételének változását a 14. ábra szemlélteti.



13. ábra: A full fat repcemag etetésének hatása a tejmennyiségre

A tej mennyiségében tapasztalt csökkenés a mintavételi időszakok összevetésekor nem bizonyult szignifikánsnak.

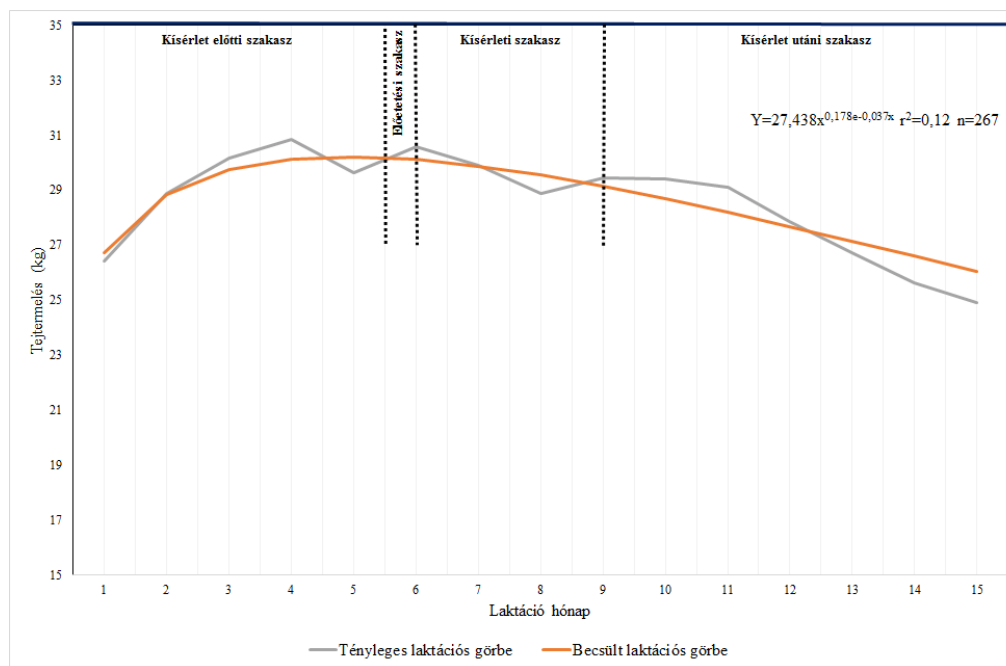


14. ábra: A full fat repcemag etetésének hatása a tej összetételére

A tejalkotók tárgyalásakor kijelenthető, hogy a full fat repcemag etetés alatt, illetve az azt megelőző és az azt követő időszakban sem a tejzsírtartalomban, sem a tejfehérjetartalomban érdemi változást nem tapasztaltunk.

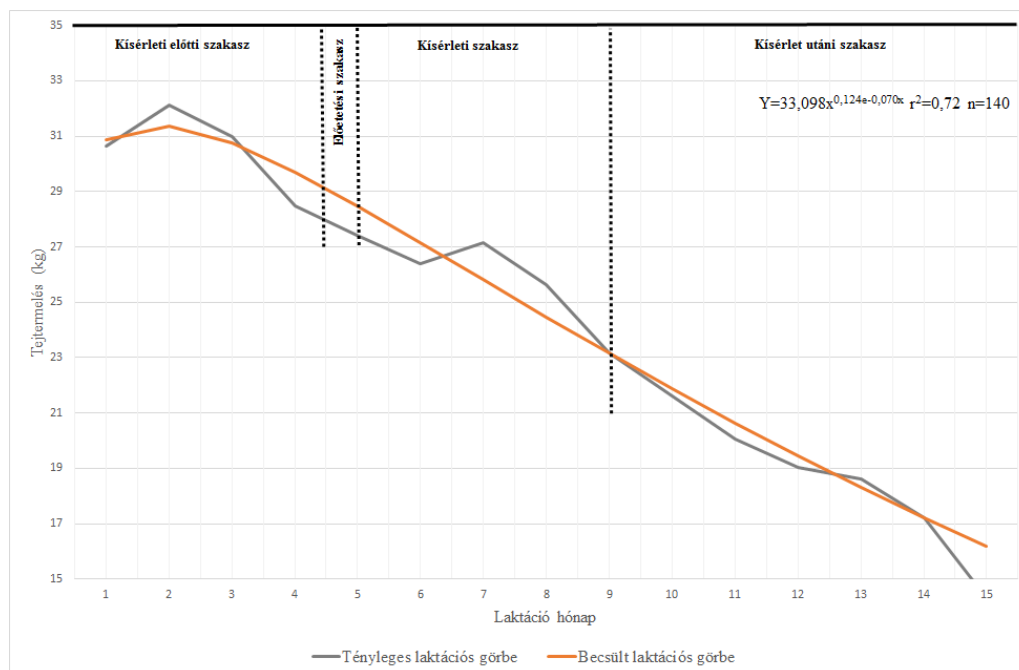
Annak érdekében, hogy pontosabb képet kapjunk arról, hogy milyen mértékben befolyásolta az alkalmazott full fat lenmag és full fat repcemag takarmány-kiegészítés a termelést, célszerűnek találtuk a tényleges és a becsült laktációs görbe lefutásának összevetését.

A laktációs görbe illesztését a Wood-függvényhez, valamint a tényleges laktációs görbe lefutását a 15. és 16. ábrán szemléltettük.



15. ábra: A full fat lenmag etetésnél az egyedek laktációs görbéjének illesztése a Wood-függvényhez (A telep)

A takarmány-kiegészítés etetésére ebben az esetben a laktáció középő szakaszában került sor. Elmondható, hogy a tényleges laktációs görbe lefutása követi a becsült laktációs görbe lefutását. A laktációs csúcsot követő fokozatos, kevésbé meredek csökkenés a laktáció természetes lefutásához igazodik.



16. ábra: A full fat repcemag etetésnél az egyedek laktációs görbéjének illesztése a Wood-függvényhez (B telep)

A takarmány-kiegészítés etetése ezen a telepen is a laktáció középő szakaszában történt. A tényleges laktációs görbe lefutása ebben az esetben is követi a becsült laktációs görbe lefutását. A laktációs csúcsot követő fokozatos, de meredek csökkenés a laktáció természetes lefutásához igazodik.

A becsült és a tényleges laktációs görbék összevetésekor a statisztikai elemzés ($P < 5\%$) nem mutatott eltérést. Az etetett takarmány-kiegészítés a laktációs görbe normál lefutását érdemben nem módosította. A korrelációs együttható értéke 0,99 volt, tehát a becsült és a tényleges laktációs görbe közötti kapcsolat szorosnak tekinthető.

SUKSOMBAT et al. (2014) az egész, feldolgozatlan lenmag és a lenmagolaj tejtermelésre- és a tej összetevőkre gyakorolt hatását elemezve nem tapasztalták a takarmány-kiegészítések igazolható hatását. Adataink hasonlóan alakultak LERCH et al. (2015) két egymást követő laktáció alatt etetett extrudált lenmag és két eltérő feldolgozottságú repcemag (hidegen sajtolt és egész, feldolgozatlan repcemag) vizsgálatokor a laktáció első hetében tapasztaltak csökkenést mind a termelt tej mennyiségében, mind a tejzsírtartalomban. Azonban a csökkenő tendencia folytatását már nem igazolták a statisztikai vizsgálatok a laktáció 3. és 7. hetében. Eredményeink SUKSOMBAT et al. (2014) vizsgálatában közöltekhez hasonlóan alakulva, egyúttal eltérően LERCH et al. (2015) adataival, a full fat repcemag takarmány-kiegészítés esetében sem a termelt tej mennyiségében, sem a tejzsírtartalomban változást nem igazoltunk. WEISBJERG et al. (2013) feldolgozott repcemag és lenmag 0,74:0,26 arányú keverékével különböző fajták (holstein-fríz, jersey és dán vörös) esetében jelentős eltéréseket szintén nem tapasztaltak a tejtermelésben, valamint a tej beltartalmi paramétereinek alakulásában, ahogy MURPHY et al. (1995b) full fat szója és full fat repcemag összehasonlító elemzésének első kísérlet részében.

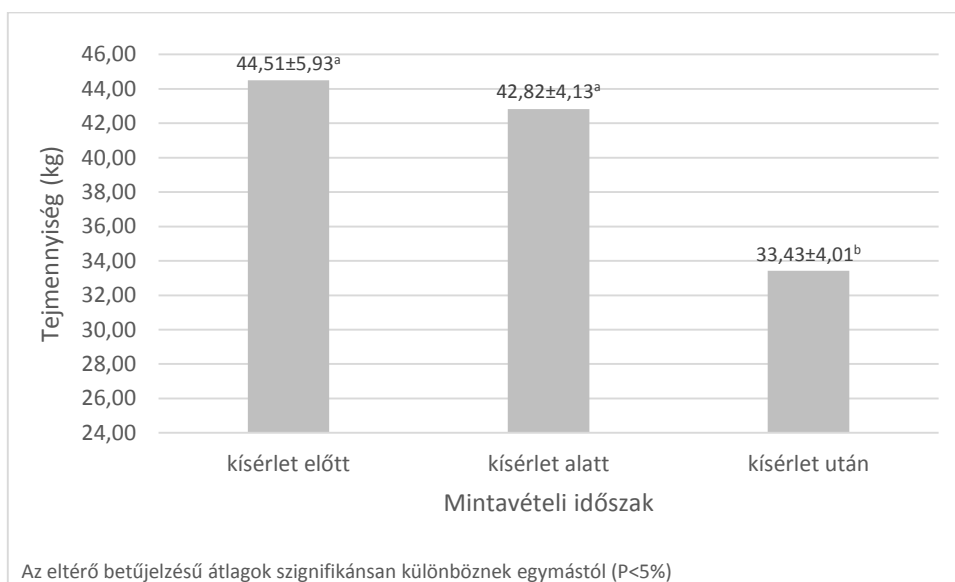
DOREAU és FERLAY (2015) kutatásukban a lenmag gyakorlati alkalmazása mellett érvelve is hangsúlyozták, hogy nagyobb mennyiségben etetve negatívan befolyásolhatja a fontosabb termelési paraméterek (tejmennyiség, tejzsír- és tejfehérje tartalom) alakulását, ezért a takarmányadag szárazanyagának maximum 3%-ig történő alkalmazását javasolták. Kiemelik továbbá, hogy lenmag alkalmazása mind a tejtípusú, mind a húshasznú szarvasmarha állományok takarmányadagjában rendkívül hatékonyan csökkentette a metán kibocsátást, amely eredményt a lenmag egyedi, a bendő mikroorganizmusokra gyakorolt hatásával magyarázták.

Párhuzamosan vonva a szakirodalmi forrásokkal megállapítottuk, hogy a full fat olajos magvak etetése a tejmenyiségi- és beltartalmi paramétereinek változásában nem voltak jelentősek. A tejmenyiség csökkenése a laktációs termeléshez igazodva csökkent, amelyet követett a tejszír- és fehérje tartalmának változása is.

4.2.1.3. Az eltérő dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítések hatása a tejmenyiség és a tej összetételének alakulására

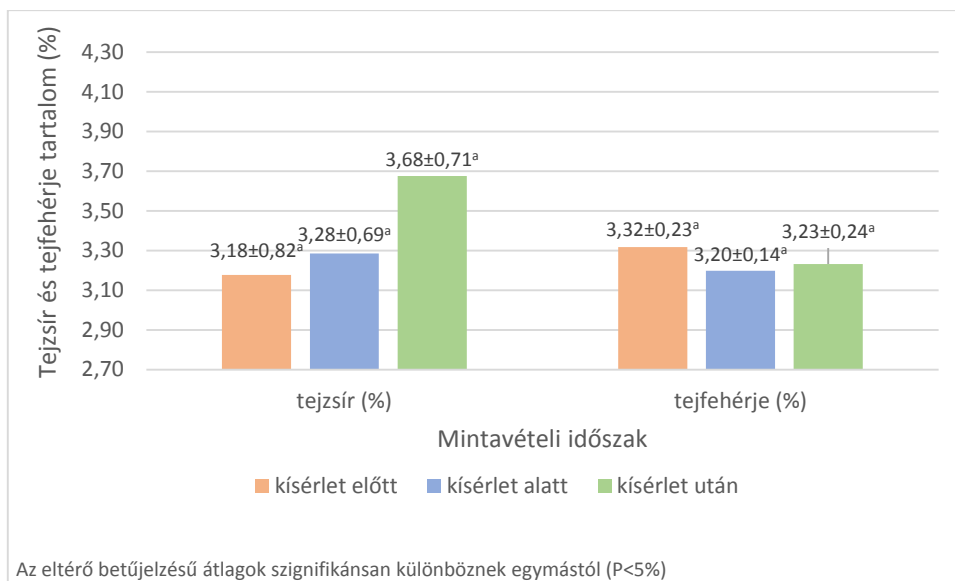
A full fat lenmag eltérő dózisú takarmány-kiegészítésként való alkalmazása során is fontosnak tartottuk, hogy első lépésként megvizsgáljuk az előzőek során alkalmazott normál full fat lenmag dózis mellett egy úgynevezett emelt dózis hatását a tej mennyiségének és összetételének alakulására.

Az A telepen alkalmazott emelt dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés tejmenyiségre gyakorolt hatását a 17. ábra szemlélteti. Az adatokból megállapítottuk, hogy az emelt dózisban adagolt full fat lenmag kiegészítést követően tejmenyiség csökkenése volt tapasztalható a kísérlet utáni szakaszban, összevetve az etetés előtti és az etetés alatti szakaszokkal ($44,51 \pm 5,94$ és $42,81 \pm 4,13$ és $33,43 \pm 4,01$ az előző sorrendben).



17. ábra: Az emelt dózisú full fat lenmag etetésének hatása a tejmenyiségre

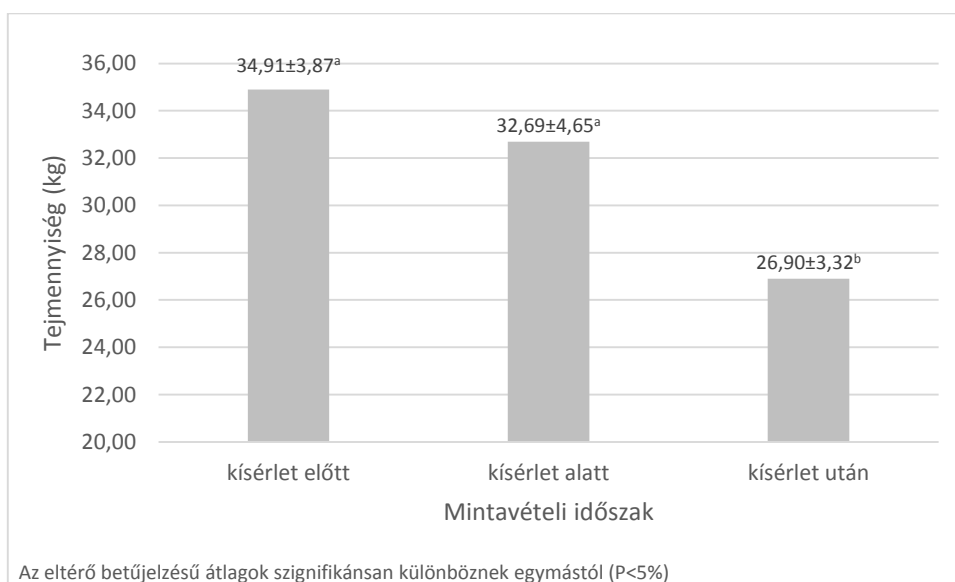
A tej összetételének alakulását az emelt dózisban etetett full fat lenmag takarmány-kiegészítés esetén az A telepen a 18. ábra szemlélteti.



18. ábra: Az emelt dózisú full fat lenmag etetésének hatása a tej összetételére

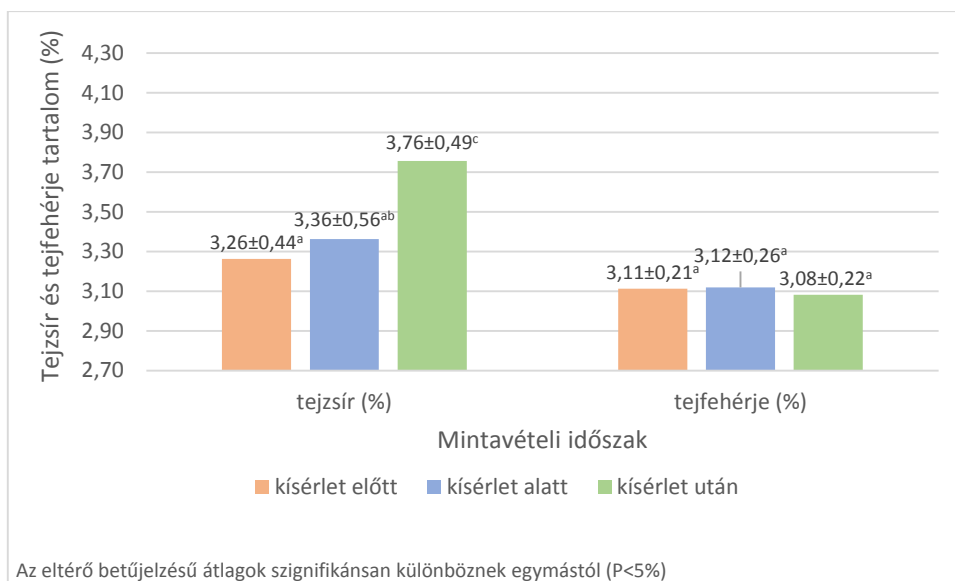
A tejszírtartalomban a kísérlet után tapasztaltunk nagyobb mértékű növekedést, az etetés előtti és az etetés alatti szakaszok eredményeinek összevetésekor, bár az nem volt szignifikáns. A tejfehérjetartalomban megfigyelt változások az egyes szakaszok összehasonlításakor nem voltak érdemlegesek.

A B telep esetében megfigyelhető változások, a normál adagban etetett full fat lenmag takarmány-kiegészítés esetében, a termelt tej mennyiségének (19. ábra) és a tej összetételének (20. ábra) tekintetében eltérőek voltak.



19. ábra: A normál dózisú full fat lenmag etetésének hatása a tejmennyiségre

A tej mennyiségének csökkenése kifejezett volt a kísérleti szakaszt követően összehasonlítva az etetés előtti és az etetés alatti értékekkel ($26,91 \pm 3,87$ és $34,91 \pm 4,65$ és $32,69 \pm 3,32$ az előző sorrendben).



20. ábra: A normál dózisú full fat lenmag etetésének hatása a tej összetételére

A tejzsír %-ban bekövetkezett növekedés a kísérleti utáni szakaszban a kísérleti előtti és a kísérlet utáni szakaszok összevetésében volt tapasztalható ($3,76 \pm 0,49$ és $3,26 \pm 0,44$ és $3,36 \pm 0,56$ az előző sorrendben). A tejfehérje % alakulása érdemi változást nem mutatott.

Az eltérő dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés alkalmazásakor a tejmenyiségben megfigyelt csökkenésekre vonatkozó adatainkkal ellentétesen PETIT és CÔRTES (2010) egész és a feldolgozott lenmag összevetésekor a laktáció első felében lévő tehenek esetében nem tapasztaltak eltérést a tejmenyiségben, valamint a tej összetételében sem. Ugyanakkor saját kutatásunkban a kísérletbe állított egyedek jellemzően a laktáció második felében jártak, amely nagymértékben befolyásolta a tej mennyiségi alakulását, valamint beltartalmi mutatóit. A tejzsír- és fehérje-tartalmában az eltérő dózisú full fat lenmag etetések alatt és azt követően kiemelkedő eltérések nem voltak igazolhatók, jellemzően a laktációs termelés változásához igazodva alakultak. Eredményeink hasonlóan alakultak PETIT (2015) kísérletében bemutatott adatokhoz, amelyben egész lenmag (72g/kg sz.a.), őrölt lenmag (72 g/kg sz.a.) valamint egész és őrölt lenmag (36-36g/kg sz.a.) keverék takarmánykiegészítőként történő alkalmazása során sem a tej mennyiségében, sem a tej beltartalmi (tejzsír-, és fehérje tartalom) mutatóiban nem tapasztalt jelentős eltérést. Ahogy CHILLIARD et al. (2009) a

lenmagolaj és az extrudált lenmag etetésekor tapasztalták a tejmenyiség és a tejsírtartalom nagyobb mértékű csökkenését, az egész lenmaggal történő összevetéskor. A full fat lenmag etetés során vizsgált tejmenyiségi- és beltartalmi eredményeinket egybevetve a szakirodalmi forrásokkal kijelenthető, hogy a full fat lenmag eltérő dózisu takarmány-kiegészítések esetében a termelt tej mennyiségére és annak beltartalmára gyakorolt hatása nem volt egyértelműen igazolható, elkülönítve a laktációs állapot és az eltérő összetételű takarmányadagok kifejezett befolyását.

Az etetett takarmány-kiegészítések a tej mennyiségére és az összetételére gyakorolt hatását áttekintve a következő megállapításokat tettük. A tejmenyiségre gyakorolt hatása az egyes takarmány-kiegészítéseknek csekély mértékű volt. A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés etetésekor két telep esetén (A és C telep) tapasztaltuk a tej mennyiségének növekedését. A B telep esetében kismértékű csökkenés volt megfigyelhető a takarmány-kiegészítés etetését követően. A full fat lenmag és a full fat repcemag, valamint az eltérő dózisban adagolt full fat lenmag takarmány-kiegészítésként való alkalmazásakor a tejmenyiség csökkenését tapasztaltuk a két telep próbafejésének adatai alapján. Az általunk vizsgált tejmenyiségre vonatkozó eredményeket összesítve kijelenthető, hogy a takarmány-kiegészítések egy esetben sem voltak negatív hatással a laktációs termelésre. A tejmenyiségben bekövetkezett változások a laktáció természetes lefutását követték minden takarmány-kiegészítés esetén, igazodva az egyedek laktációs állapotához.

A tej összetételének alakulása az egyes etetett takarmány-kiegészítések esetén változó volt, ugyanakkor minden esetben követte a tej mennyiségében bekövetkezett változásokat. A csökkent vagy csökkenő tejtermelések együtt jártak a tej összetételének változásával. A tejsírtartalomban általunk tapasztalt változások nem feltétlen igazodtak a szakirodalomban található adatokhoz. A tejsír% alakulása a hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés etetésekor jellemzően csökkenő tendenciát követtek, mind a három telep esetében. A full fat lenmag és a full repcemag, valamint az eltérő dózisban etetett full fat lenmag takarmány-kiegészítések esetén a tej zsírtartalmának növekedése volt tapasztalható. A tejfehérje tartalom alakulása szintén igazodott a tej mennyiségének változásához. A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés etetésekor a telepeken a tejfehérje tartalom kismértékű ingadozás volt megfigyelhető. A full fat olajosmagvak etetéskor, valamint az eltérő dózisban etetett full fat lenmag takarmány-kiegészítésként való alkalmazáskor a tejfehérje% csökkenése volt megfigyelhető.

A tejmenyiség változása eltérő irányú volt a hidegen sajtolt lenmag és a full fat lenmag takarmány kiegészítő alkalmazása során. A lenmag feldolgozott formában történő etetésekor a tejmenyiségben bekövetkezett növekedés két telep esetében (A és C telep) statisztikailag is igazolt volt, amely eredményünk összhangban volt DA SILVA et al. (2007) és KENELLY (1996) kutatási adataival. Azonban COLLOMB et al. (2004) kísérleti eredményeivel már nem volt összevethető, amely kutatás a laktáció második felében levő tejtermelő tehenek tejmenyiségi változásában nem mutatott eltérést a feldolgozott lenmag esetében. A full fat lenmag etetés vizsgálatakor a kísérleti időszakot követően a tejmenyiség csökkenő tendenciája volt megfigyelhető, amellyel ellentétben PETIT (2015) kísérletében egész lenmag (72 g/kg sz.a.), őrölt lenmag (72 g/kg sz.a.) valamint egész és őrölt lenmag (36-36 g/kg sz.a.) keverék takarmánykiegészítőként történő alkalmazása során nem tapasztalt eltérést sem a tej mennyiségében, sem a tej beltartalmi (tejzsír-, és fehérje tartalom) mutatóiban.

4.2.2. A takarmány-kiegészítések hatása a tejsír zsírsav-összetételének alakulására

Munkánk következő részében az etetett takarmány-kiegészítések hatását vizsgáltuk a tejsír zsírsav-összetételére. 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 tejsírájának zsírsav-összetételét az kísérlet előtti és a kísérlet utáni szakaszokban, valamint az eltérő dózisu full fat lenmag esetében a kísérlet előtti, a kísérlet alatti és a kísérlet utáni szakaszban.

4.2.2.1. A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés hatása a tejsír zsírsav-összetételének alakulására

Vizsgálatunk e részében arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a hidegen sajtolt lenmag, mint ipari feldolgozásából származó melléktermék, nagyüzemi körülmények között történő takarmány-kiegészítésként való felhasználása milyen mértékben befolyásolja a tejsír zsírsav-összetételét. Vizsgálatunkban a tejsír telített, egyszeresen- és többszörösen telítetlen zsírsav-összetételét elemeztük, figyelembe véve az egyes telepek eltérő körülményeit, valamint a tehenek különböző laktációs állapotát és a laktációs stádiumot. A hidegen sajtolt lenmag etetésének hatását az A telep telített zsírsavainak-összetételére a 8. táblázatban foglaltuk össze.

8. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejzsír telített zsírsav-összetételére (A telep)

Zsírsavak (%)*	Kísérlet előtti szakasz	Kísérlet utáni szakasz	p
kapronsav	1,11 ± 0,12	0,67 ± 0,08	ns
kaprilsav	0,98 ± 0,12	0,91 ± 0,05	ns
kaprinsav	2,67 ± 0,29	2,60 ± 0,23	ns
undekánsav	0,23 ± 0,03	0,24 ± 0,03	ns
laurinsav	3,39 ± 0,33	3,26 ± 0,28	ns
tridekánsav	0,18 ± 0,02	0,19 ± 0,02	<5%
mirisztinsav	11,63 ± 0,37	11,54 ± 0,39	ns
pentadekánsav	1,12 ± 0,05	1,11 ± 0,04	<5%
palmitinsav	30,32 ± 0,96	27,27 ± 1,09	<5%
margarinsav	0,73 ± 0,01	0,69 ± 0,02	<5%
sztearinsav	13,05 ± 0,55	13,47 ± 1,22	ns
arachidinsav	0,21 ± 0,03	0,20 ± 0,02	ns
heneikozánsav	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01	ns
behénsav	0,12 ± 0,01	0,13 ± 0,01	ns
lignocerinsav	0,07 ± 0,01	0,05 ± 0,01	ns
ΣSFA	65,84 ± 8,27	62,81 ± 7,64	<5%

*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A hidegen sajtolt lenmag etetése a telített zsírsavak többségénél statisztikailag is igazolható változást nem idézett elő. A rövid szénláncú telített zsírsavak csökkenése nem volt jelentős. A közepes szénláncú telített zsírsavak változása, a tridekánsav megnövekedett arányától eltekintve, szintén nem volt számottevő. Elmondható, hogy a hosszú szénláncú telített zsírsavak közül a legnagyobb mennyiségben jelen levő palmitinsav mellett a pentadekánsav és a margarinsav aránya csökkent. A telített zsírsavak részaránya a tejzsírban a kísérlet során csökkent a kísérlet előtti szakasz értékeihez viszonyítva.

A hidegen sajtolt lenmag hatásának vizsgálata során a továbbiakban tejminták egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételét elemeztük, amelynek eredményeit a 9. táblázatban szemléltettük.

9. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejsír egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételére (A telep)

Zsírsavak (%)*	Kísérlet előtti szakasz	Kísérlet utáni szakasz	P
mirisztoleinsav	0,79 ± 0,12	0,89 ± 0,17	ns
palmitoleinsav	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 egyszeresen telítetlen zsírsavak eredményeit a következő megállapításokat tettük. Az elaidinsav és az olajsav arányának növekedése a kísérleti szakaszban meghatározó volt a kísérlet előtti szakasz értékeivel összevetve. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak összes aránya pozitív irányban módosult a két kísérleti szakasz összevetésekor. A többszörösen telítetlen zsírsav-összetételre vonatkozó eredményeket a 10. táblázatban ábrázoltuk, ahol a takarmány-kiegészítés etetése előtti és az azt követő zsírsav-összetételre vonatkozó adatokat vetettük össze.

10. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejsír 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 hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés etetés hatásának további elemzése céljából, a következőkben a B telepen folytatott etetések eredményeit közöljük. A 11. táblázat a B telepen folytatott hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítést megelőző és az azt követő telített zsírsav-összetétel változást mutatja be.

11. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejzsír telített zsírsav-összetételére (B telep)

Zsírsavak (%)*	Kísérlet előtti szakasz	Kísérlet utáni szakasz	p
kapronsav	1,17 $\pm$ 0,14	1,07 $\pm$ 0,08	ns
kaprilsav	1,00 $\pm$ 0,03	0,96 $\pm$ 0,05	ns
kaprinsav	2,93 $\pm$ 0,12	2,97 $\pm$ 0,15	ns
undekánsav	0,25 $\pm$ 0,02	0,32 $\pm$ 0,03	<5%
laurinsav	3,79 $\pm$ 0,13	4,00 $\pm$ 0,24	ns
tridekánsav	0,17 $\pm$ 0,01	0,27 $\pm$ 0,01	<5%
mirisztinsav	12,28 $\pm$ 0,45	12,34 $\pm$ 0,37	ns
pentadekánsav	0,92 $\pm$ 0,06	1,37 $\pm$ 0,13	<5%
palmitinsav	36,12 $\pm$ 1,69	32,04 $\pm$ 1,82	<5%
margarinsav	0,71 $\pm$ 0,02	0,73 $\pm$ 0,03	ns
sztearinsav	9,88 $\pm$ 0,70	9,85 $\pm$ 0,68	ns
arachidinsav	0,12 $\pm$ 0,01	0,14 $\pm$ 0,02	ns
heneikozánsav	0,03 $\pm$ 0,01	0,02 $\pm$ 0,00	ns
behénsav	0,09 $\pm$ 0,03	0,10 $\pm$ 0,01	ns
lignocerin-sav	0,05 $\pm$ 0,02	0,04 $\pm$ 0,01	ns
Σ SFA	69,54 $\pm$ 9,48	66,89 $\pm$ 8,70	ns

*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés kísérleti szakaszában az undekánsav, a tridekánsav és a pentadekánsav esetében növekedés volt megfigyelhető, míg a palmitinsav arányában csökkenő tendenciát tapasztaltunk a kísérlet előtti szakasz adataihoz hasonlítva. A többi telített zsírsav koncentrációjában, valamint a telített zsírsavak összes arányának alakulásában érdemi változást nem figyeltünk meg a kísérletet követően.

A 12. táblázat a B telep tejmintáinak egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételét mutatja be a hidegen sajtolt lenmag kiegészítés alkalmazásakor és azt megelőzően.

12. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejzsír egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételére (B telep)

Zsírsavak (%)*	Kísérleti előtti szakasz	Kísérlet utáni szakasz	p
mirisztóleinsav	0,83 ± 0,09	1,00 ± 0,11	<5%
palmitóleinsav	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 mirisztóleinsav koncentrációjának pozitív változása szembetűnő volt. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak összes arányának változása a tejzsírban nem volt szignifikáns.

A többszörösen telítetlen zsírsavak alakulásának adatait a hidegen sajtolt lenmag etetését követően és azt megelőzően a 13. táblázat közli.

13. 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 α-linolénsav esetében növekedés volt tapasztalható. A többi többszörösen telítetlen zsírsav koncentrációjának változásában jelentős változást nem tudtunk kimutatni. A tejszír többszörösen telítetlen zsírsavainak összes aránya ugyanakkor megnőtt a kísérlet utáni szakaszban kísérlet előtti adatokkal összehasonlítva.

Továbbiakban a hidegen sajtolt lenmag etetés a tejzsír zsírsav-összetételre gyakorolt hatásának elemzését a C telepen elért eredményeken keresztül mutatjuk be. A 14. táblázat a C telepen a hidegen sajtolt lenmag etetését követő változásokat tekinti át a telített zsírsav-összetétel vonatkozásában.

14. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejzsír telített zsírsav-összetételére (C telep)

Zsírsavak (%)*	Kísérlet előtti szakasz	Kísérlet utáni szakasz	p
kapronsav	1,23 ± 0,20	1,13 ± 0,10	ns
kaprilsav	0,94 ± 0,18	1,10 ± 0,40	ns
kaprinsav	2,37 ± 0,33	2,43 ± 0,26	ns
undekánsav	0,24 ± 0,04	0,21 ± 0,02	ns
laurinsav	3,05 ± 0,36	2,98 ± 0,20	ns
tridekánsav	0,19 ± 0,01	0,16 ± 0,01	<5%
mirisztinsav	11,65 ± 0,72	11,41 ± 0,23	ns
pentadekánsav	1,21 ± 0,06	1,11 ± 0,03	<5%
palmitinsav	30,60 ± 1,22	28,35 ± 1,32	<5%
margarinsav	0,81 ± 0,02	0,77 ± 0,02	<5%
sztearinsav	13,37 ± 1,00	14,96 ± 0,72	ns
arachidinsav	0,20 ± 0,01	0,21 ± 0,01	ns
heneikozánsav	0,04 ± 0,02	0,05 ± 0,01	ns
behénsav	0,13 ± 0,01	0,14 ± 0,01	ns
lignocerinsav	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,01	ns
ΣSFA	66,29 ± 8,36	65,26 ± 7,98	ns

*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A hidegen sajtolt lenmag etetés kísérlet előtti és kísérlet utáni szakaszának összevetésekor a telített zsírsavak koncentrációjának változása több esetben csökkenő tendenciát mutatott. A közepes láncosságú zsírsavak közül a tridekánsav, a pentadekánsav, a palmitinsav és a margarinsav csökkenését szignifikánsan is igazoltuk a kísérlet utáni szakaszban összevetve az etetés előtti szakasz adataival. A többi zsírsav esetében, valamint a tejzsír telített zsírsavainak összes arányában jelentős változásokat nem tapasztaltunk a kísérletet követően.

A 15. táblázat az egyszeresen telítetlen zsírsav-összetétel változását mutatja be a hidegen sajtolt lenmag, mint takarmány-kiegészítés alkalmazása esetén, a C telep vonatkozásában.

15. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejszír egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételére (C telep)

Zsírsavak (%)*	Kísérlet előtti szakasz	Kísérlet utáni szakasz	p
mirisztoleinsav	0,80 ± 0,13	0,69 ± 0,07	ns
palmitoleinsav	1,27 ± 0,14	1,14 ± 0,12	ns
elaidinsav	2,43 ± 0,13	2,86 ± 0,20	<5%
olajsav	25,37 ± 1,60	25,84 ± 1,23	ns
eikozénsav	0,07 ± 0,00	0,06 ± 0,00	ns
ΣMUFA	29,94 ± 10,87	30,59 ± 11,07	ns

*zsírsav-metilésztetek 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 tejszírban.

A 16. 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.

16. 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-metilésztetek 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 tejzsírban megnőtt, amely szignifikánsnak is bizonyult.

A továbbiakban, annak eldöntésére, hogy az általunk vizsgált tejminták zsírjának hogyan változott az n6/n3 zsírsav aránya, összevetettük a vizsált n6 és n3 csoportba tartozó zsírsavak koncentrációját a hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés etetés előtt és azt követően. A 17. a 18. és a 19. táblázat adatai szemléltetik a hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés etetés hatását a tejzsír n-6/n-3 zsírsav arányára az A, a B és a C telepen.

17. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejzsír n-6/n-3 zsírsav arányára (A telep)

Zsírsavak (%)*		Kísérleti előtti szakasz	Kísérlet utáni szakasz	P
n-6	linolsav	3,15 ± 0,17	3,50 ± 0,17	<5%
	γ-linolénsav	0,5 ± 0,02	0,02 ± 0,01	ns
	eikozatriénsav	0,21 ± 0,02	0,16 ± 0,02	<5%
	arachidonsav	0,26 ± 0,02	0,23 ± 0,02	<5%
Σn-6		4,12	3,91	
n-3	α-linolénsav	0,37 ± 0,04	0,51 ± 0,03	<5%
	eikozapentaénsav	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,00	ns
	dokozapentaénsav	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,01	ns
Σn-3		0,48	0,62	
Σn-6/Σn-3		4,12/0,48	3,91/0,62	

*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

Az A telep esetében a hidegen sajtolt lenmag etetését követően az n-6 zsírsavak közül a linolsav, az eikozatriénsav és az arachidonsav arányának csökkenését tapasztaltuk. Az n-3 zsírsavak esetében az α-linolénsav koncentrációja nőtt a kísérlet utáni szakaszban. Az n-6/n-3 zsírsav arány szűkült a kísérlet előtti és a kísérlet utáni szakaszok összevetésekor, azonban az érték nem volt szignifikáns.

18. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejzsír n-6/n-3 zsírsav arányára (B telep)

Zsírsavak (%)*		Kísérleti előtti szakasz	Kísérlet utáni szakasz	P
n-6	linolsav	3,03 ± 0,24	3,49 ± 0,38	ns
	γ-linolénsav	0,06 ± 0,02	0,03 ± 0,01	ns
	eikozatriénsav	0,20 ± 0,03	0,17 ± 0,01	ns
	arachidonsav	0,27 ± 0,03	0,23 ± 0,01	ns
Σn-6		3,56	3,92	
n-3	α-linolénsav	0,29 ± 0,03	0,58 ± 0,08	<5%
	eikozapentaénsav	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	ns
	dokozapentaénsav	0,07 ± 0,02	0,07 ± 0,01	ns
Σn-3		0,39	0,67	
Σn-6/Σn-3		3,56/0,39	3,92/0,67	

*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A B telepen vizsgált tejminták alapján a következő megfigyeléseket tettük. Az n-6/n-3 zsírsav arányt alkotó, általunk vizsgált zsírsavak közül, az α-linolénsav koncentrációjában volt megfigyelhető érdemi változás. Az n-6/n-3 zsírsavak arány szűkült a kísérlet utáni szakaszban, amelyet azonban statisztikailag nem bizonyítottunk.

A C telep vizsgált tejmintáinak a hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítést követő és az azt megelőző szakaszok összevetésében az n-6/n-3 zsírsav arány alakulásában érdemi változást nem tudtunk kimutatni.

19. táblázat: Hidegen sajtolt lenmag etetés hatása a tejzsír n-6/n-3 zsírsav arányára (C telep)

Zsírsavak (%)*		Kísérlet előtti szakasz	Kísérlet utáni szakasz	P
n-6	linolsav	2,62 ± 0,25	2,81 ± 0,07	ns
	γ-linolénsav	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	ns
	eikozatriénsav	0,14 ± 0,01	0,15 ± 0,01	ns
	arachidonsav	0,24 ± 0,02	0,23 ± 0,01	ns
Σn-6		3,03	3,21	
n-3	α-linolénsav	0,31 ± 0,02	0,42 ± 0,11	ns
	eikozapentaénsav	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	ns
	dokozapentaénsav	0,07 ± 0,02	0,06 ± 0,01	ns
Σn-3		0,41	0,51	
Σn-6/Σn-3		3,03/0,41	3,21/0,51	

*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A hidegen sajtolt lenmag etetés hatásának eredményeit áttekintve elmondható, hogy a telített zsírsavak alakulását kevésbé befolyásolta az etetett takarmány-kiegészítés. A palmitinsav arányának csökkenése minden telep esetében megfigyelhető volt, míg pentadekánsav és a margarinsav csökkenése csak az A és a C telep esetében. Utóbbi telepnél a tridekánsav csökkenését is tapasztaltuk. Eredményeink hasonló tendenciájukban követték NEVEU et al. (2014) és DA SILVA et al. (2007) és MARTIN et al. (2016) kísérletének adatait, ahol a feldolgozott lenmag etetésével érték el egyes telített zsírsavak koncentrációjának csökkenését a tejzsírban (palmitinsav, margarinsav), míg KUDRNA és MAROUNEK (2008) napraforgó és lenmag kiegészítést követően állapították meg a palmitinsav arányának csökkenését a tejzsírban. GLASSER et al. (2008) véleménye szerint extrudált lenmag esetleges negatív hatása a tej palmitinsav koncentrációjára annak tudható be, hogy a hosszú szénláncú zsírsavak gátló hatást fejtenek ki a zsírsav de novo szintézisére. Hasonló hatást értek el extrudált lenmag kiegészítéssel a palmitinsav koncentráció változásában GONTHIER et al. (2005) és MOALLEM (2009). Az egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírsavak változását viszonylag kevés zsírsav koncentrációban megfigyelt növekedés jellemezte. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak közül az elaidinsav arányának növekedését minden telep esetében tapasztaltuk, mindezek mellett az olajsav koncentrációjának növekedését az A telep esetében, míg a B telepnél a mirisztoleinsav arány pozitív változását figyeltük meg. Számos kutató (CÔRTES et al., 2010; GONTHIER et al., 2005) tapasztalt hasonló transz-zsírsav növekedést. GLASSER et al. (2008) meglátása, hogy a takarmány-kiegészítésként adagolt olajmagvak általában megnövelik a tejzsír transz-zsírsav tartalmát, amely transz-zsírsavak SHINGFIELD et al. (2008) megközelítésében a zsírsavban levő kettős kötés helyzetétől és számától függően akár hátrányos hatást is gyakorolhatnak az ember szervezetére. JAKOBSEN et al (2006) és CHARDIGNY et al. (2008) ugyanakkor bár tényként kezelik az összefüggést a káros termékekkel az emberi szervezetbe bevitt transz zsírsavak és a kardiovaszkuláris megbetegedések (CVD) között, mégis inkább ártalmatlan hatást tulajdonítanak ezen zsírsavaknak. A többszörösen telítetlen zsírsavak vizsgálatakor összeségében kijelenthető, hogy habár mind a három telep esetében nőtt az α -linolénsav és a konjugált linolsav zsírsav aránya a tejzsír zsírsav-összetételében, ugyanakkor csak az A telep (0,53 és 0,71 zsírsav-metilészter%) és a B telep (0,31 vs 0,67 zsírsav-metilészter%) esetében tudtuk azt szignifikánsan is bizonyítani. Az A telep eredményei alapján a linolsavban is megfigyelhető volt a kísérleti szakaszt követően a linolsav arányának a növekedése. A PUFA zsírsavak esetében elért eredményeink

hasonlóan alakultak más szerzők közölt adataihoz (FUENTES et al., 2008; AKRAIM et al., 2007; CÔRTEZ et al., 2010). Az alfa linolénsav koncentráció emelkedésének tendenciája idomult GONTHIER et al. (2005) kísérletében közöltekhez, ahol a hangsúly az eltérő feldolgozási technológián volt az alkalmazott lenmag kiegészítés (nyers, mikronizált és extrudált) esetében. Közleményünkben az alfa linolénsav koncentrációjának emelkedése minden esetben bizonyított volt kontroll csoporthoz képest, viszont a mikronizált és a nyers lenmaghoz képest az extrudált lenmag jóval alacsonyabb mértékű növekedést tudott előidézni. MUSTAFA et al. (2003) szintén a mikronizált lenmag etetésének előnyeit, illetve annak hatását igazolták kísérletükben. Hasonló következtetésre jutottak az extrudált lenmagok etetését illetően AKRAIM et al. (2007), amikor a tejzsír zsírsav összetevőit, ezen belül a konjugált linolénsav és a konjugált linolsav koncentrációját vizsgálták a takarmány feldolgozatlan lenmag és extrudált lenmag kiegészítése kapcsán. Kísérletükben a lenmag-kiegészítés hatására a tej telített zsírsav-összetevőnek koncentrációja csökkent, a telítetlen zsírsavak aránya, pedig háromszor nagyobb volt, mint a kontroll egyedek tejében. Az olajos magvak ipari feldolgozásából származó melléktermékeinek takarmány-kiegészítésként történő alkalmazása kapcsán tehát többen rámutattak már, hogy növelheti a bendőbeli biohidrogénezés köztes termékeinek az arányát, így DA SILVA et al. (2007) véleménye szerint, a feldolgozottság ilyen formája jelentősen megnövelheti a α -linolénsav bendőbeli biohidrogénezésének folyamatát, amelyet a konjugált linolsav megemelkedett koncentrációja fog jelezni. GONTHIER et al. (2005) azt hangsúlyozzák, hogy jellemzően a tej α -linolénsav koncentrációjában bekövetkező növekedés csekély mértékű utalva arra a tényre, hogy a legtöbb étrendi α -linolénsav kiterjedt biohidrogénezésnek van kitéve a bendő mikorpopulációja által. A szakirodalomban számos ellentétes vélemény és javaslat található, amelyek a lenmag különböző technológiájú feldolgozottsági formájának hatékonyságát vizsgálja. Számos szerző, többek között KENNELLY (1996) vagy DA SILVA et al. (2007) azt tapasztalták, hogy az olajosmagvak feldolgozása (extrudálás, mikronizálás, a maghéj megsértése) vagy a feldolgozásból származó melléktermék javította az olajmagban található zsírok emésztésének folyamatát, így hatásuk a tejzsír zsírsav-összetételére esetenként akár nagyobb mértékű is volt, legalábbis a canola vagy a lenmag esetében mint, ha sértetlen magot etettek volna. Mások (OBA et al., 2009; GIVENS et al., 2009) ezzel ellentétesen azt állítják, hogy hatékonyabb lehet az olajos magvak full fat formában történő takarmány-kiegészítésként való felhasználása, amely a bendőbeli biohidrogénezést kikerülve pozitívan képes befolyásolni a tejzsír

zsírsav-összetételét, azon belül is a többszörösen telítetlen zsírsavak arányát. Említett 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 takarmánykiegészítéseként.

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

Vizsgálatunk további részében arra a kérdésre kerestük a választ, hogy igazodva a nagyüzemi takarmányozási körülményekhez, két eltérő zsírsav-összetétellel rendelkező full fat olajmag (full fat lenmag és full fat repcemag) azonos dózisban történő felhasználása milyen mértékben befolyásolja a tejzsír zsírsav-összetételét. Elemzésünk során kitérünk a full fat lenmag és a full fat repcemag zsírsav-összetételéből adódó különbségekre, amelyek a tejzsír telített, egyszeresen- és többszörösen telítetlen zsírsav-összetételének változását is eltérő irányba befolyásolta. A full fat lenmag etetésének hatását a tejzsír telített zsírsavainak-összetételére az A telepen a 20. táblázatban foglaltuk össze.

20. táblázat: Full fat lenmag etetés hatása a tejzsír telített zsírsav-összetételére (A telep)

Zsírsavak (%)*	Kísérlet előtti szakasz	Kísérleti szakasz	P
kapronsav	0,95 ± 0,05	0,93 ± 0,09	ns
kaprilsav	0,81 ± 0,03	0,72 ± 0,09	<5%
kaprinsav	2,25 ± 0,19	1,93 ± 0,22	<5%
undekánsav	0,23 ± 0,03	0,23 ± 0,06	ns
laurinsav	2,90 ± 0,28	2,39 ± 0,27	<5%
tridekánsav	0,17 ± 0,03	0,16 ± 0,02	ns
mirisztinsav	10,89 ± 0,39	8,98 ± 1,22	<5%
pentadekánsav	1,10 ± 0,14	1,00 ± 0,06	ns
palmitinsav	29,11 ± 1,69	26,95 ± 1,81	<5%
margarinsav	0,66 ± 0,04	0,57 ± 0,06	<5%
sztearinsav	11,82 ± 0,86	12,75 ± 0,46	<5%
arachidinsav	0,16 ± 0,01	0,17 ± 0,01	ns
heneikozánsav	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,02	ns
behénsav	0,08 ± 0,01	0,15 ± 0,04	<5%
lignocerinsav	0,03 ± 0,01	0,04 ± 0,02	ns
ΣSFA	61,23 ± 7,90	57,03 ± 7,39	<5%

*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A full fat lenmag takarmány-kiegészítés kísérleti szakaszainak összevetésekor a telített zsírsavak vonatkozásában több zsírsav esetében csökkenő tendenciát igazoltunk

statisztikailag. A rövid szénláncú zsírsavak részarányában bekövetkezett negatív változás a kaprilsav esetében volt tapasztalható. A közepes szénláncú telített zsírsavak közül több zsírsav esetében is, így a kaprinsav, a laurinsav, és a mirisztinsav részarányában bekövetkezett csökkenés szintén jelentős volt. A hosszú szénláncú zsírsavak közül a palmitinsav, a margarinsav és a sztearinsav esetében bizonyult statisztikailag is igazolhatónak a negatív elmozdulás a kísérlet utáni szakaszban. A behénsav koncentrációjában kismértékű növekedés volt megfigyelhető a kísérlet utáni szakaszban. A telített zsírsavak aránya a tejsírban összeségében csökkent a takarmány-kiegészítés etetését követően.

Az egyszeresen telítetlen zsírsavak koncentrációjának alakulását a full fat lenmag takarmány-kiegészítés etetés vonatkozásában a 21. táblázat tekinti át.

21. táblázat: Full fat lenmag etetés hatása a tejsír egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételére (A telep)

Zsírsav	Kísérlet előtti szakasz	Kísérleti szakasz	P
mirisztóleinsav	0,90 ± 0,21	1,60 ± 0,24	ns
palmitóleinsav	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-metilésztetek 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 tejsírban 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 22. táblázat ábrázolja.

22. 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.

A full fat lenmag takarmány-kiegészítés esetében szintén elemeztük a vizsgált tejminták zsírsav-összetételén belül az n6/n3 zsírsav arány változását. A 23. táblázat a full fat lenmag takarmány-kiegészítés kísérlet előtti és kísérlet utáni szakaszának összevetéskor tárgyalt n-6/n-3 zsírsavarány változását mutatja be.

**23. táblázat: Full fat lenmag etetés hatása
a tejzsír n-6/n-3 zsírsav arányára (A telep)**

Zsírsavak (%)*		Kísérlet előtti szakasz	Kísérleti szakasz	P
n-6	linolsav	2,78 ± 0,24	2,57 ± 0,19	ns
	γ-linolénsav	0,02 ± 0,01	0,06 ± 0,07	ns
	eikozatriénsav	0,14 ± 0,02	0,14 ± 0,05	ns
	arachidonsav	0,17 ± 0,02	0,18 ± 0,03	ns
Σn-6		3,11	2,95	
n-3	α-linolénsav	0,27 ± 0,03	0,60 ± 0,05	<5%
	dokozapentaénsav	0,01 ± 0,00	0,05 ± 0,03	<5%
Σn-3		0,27	0,65	
Σn-6/Σn-3		3,11/0,27	2,95/0,65	

*zsírsav-metilésztetek relatív tömegszázalékában

Az A telep tejmintáinak elemzése során, a tejzsír n-6/n-3 arányának tárgyalásakor a következő észrevételeket tettük. Az n-6 zsírsavak esetében érdemben egy zsírsavnál sem értünk el érdemi változást a full fat lenmag takarmány-kiegészítés etetés szakaszainak összevetésekor. Az n-3 zsírsavakhoz tartozó α-linolénsav és a dokozapentaénsav arányának növekedése azonban szignifikáns volt. Az A telep vonatkozásában kijelenthető, hogy bár az n-6/n-3 zsírsavak aránya nagymértékben szűkült, azt nem tudtuk statisztikailag is igazolni.

Vizsgálataink tárgyalását a full fat repcemag takarmány-kiegészítés B telepen elért eredményeinek részletezésével a következőkben folytatjuk. A full fat repcemag etetésekor, hasonlóan az előző vizsgálatokhoz a tejzsír telített, egyszeresen- és többszörösen telítetlen zsírsav-összetételének változását figyeltük a kísérlet beállítása előtti és az etetés követő tejzsír zsírsav-összetétel adatok felhasználásával. A full fat repcemag etetés hatását a B telep esetében a következőkben részletezzük (24. táblázat).

24. táblázat: Full fat repcemag etetés hatása a tejzsír telített zsírsav-összetételére (B telep)

Zsírsavak (%)*	Kísérlet előtti szakasz	Kísérleti szakasz	P
kapronsav	1,10 ± 0,09	1,06 ± 0,08	ns
kaprilsav	1,03 ± 0,07	0,91 ± 0,06	<5%
kaprinsav	3,03 ± 0,19	2,52 ± 0,17	<5%
undekánsav	0,29 ± 0,04	0,27 ± 0,02	<5%
laurinsav	3,92 ± 0,26	3,24 ± 0,20	<5%
tridekánsav	0,20 ± 0,04	0,18 ± 0,02	ns
mirisztinsav	12,53 ± 0,47	11,38 ± 0,43	<5%
pentadekánsav	1,16 ± 0,15	1,05 ± 0,06	ns
palmitinsav	34,35 ± 1,69	34,75 ± 1,23	ns
margarinsav	0,76 ± 0,03	0,69 ± 0,10	ns
sztearinsav	10,06 ± 0,79	8,86 ± 0,50	<5%
arachidinsav	0,16 ± 0,01	0,19 ± 0,08	ns
heneikozánsav	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,02	ns
behénsav	0,10 ± 0,004	0,10 ± 0,02	ns
lignocerinsav	0,06 ± 0,00	0,06 ± 0,04	ns
ΣSFA	68,81 ± 9,07	65,21 ± 9,01	<5%

*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A telített zsírsavak változása full fat repcemag takarmány-kiegészítés alkalmazását követően jellemzően csökkenő tendenciát mutatott. A rövid szénláncú zsírsavak közül a kaprilsav esetében volt tapasztalható csökkenő tendencia. A közepes szénláncú zsírsavak tekintetében a kaprinsav, az undekánsav, a laurinsav, és a mirisztinsav arányában szintén csökkenést figyeltünk meg, ahogy a sztearinsav koncentrációjában is. A telített zsírsavak aránya összességében csökkent a tejzsírban, amelyet statisztikailag is igazoltunk.

Az egyszeresen telítetlen zsírsav-összetétel alakulásáról a B telepen, az egész repcemag, mint takarmány-kiegészítés alkalmazása során, a következő megállapításokat tettük (25. táblázat).

25. 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
palmitoleinsav	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 26. táblázatban a többszörösen telítetlen zsírsav-összetétel eredményei tekinthetők át, a full fat repcemag takarmány-kiegészítés alkalmazását követően és azt megelőzően.

26. 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 repcemag takarmány-kiegészítés alkalmazása során szintén összevetettük a tejsír n-6/n-3 arányának alakulását a kísérlet előtti és a kísérlet utáni szakaszokban. A 27. táblázat a tejsírban a full fat repcemag adagolás során megfigyelhető n-6/n-3 zsírsavak arányának változását tekinti át.

27. táblázat: Full fat repcemag etetés hatása a tejsír n-6/n-3 zsírsav arányára (B telep)

Zsírsavak (%)*		Kísérlet előtti szakasz	Kísérleti szakasz	P
n-6	linolsav	2,57 ± 1,11	2,60 ± 0,21	ns
	γ-linolénsav	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,04	ns
	eikozatriénsav	0,16 ± 0,02	0,15 ± 0,02	ns
	arachidonsav	0,25 ± 0,03	0,24 ± 0,03	ns
Σn-6		3,01	3,04	
n-3	α-linolénsav	0,39 ± 0,01	0,45 ± 0,09	ns
	dokozapentaénsav	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,03	ns
Σn-3		0,46	0,51	
Σn-6/Σn-3		3,01/0,46	3,04/0,51	

*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A B telep tejmintáinak elemzése során, a tejsír n-6/n-3 arányának változásakor a következő megfigyeléseket tettük. Sem az n-6 zsírsavak, sem az n-3 zsírsavakhoz tartozó zsírsavak esetében nem igazoltunk pozitív változást. Ennek tükrében a B telep tekintetében kijelenthető, hogy az n-6/n-3 zsírsavak arányában érdemi változást nem tapasztaltunk.

Összegezve az eltérő zsírsav-összetétellel rendelkező olajos magok takarmány-kiegészítésként történő alkalmazása kapcsán a következő megállapításokat tettük. A tejsír telített zsírsavainak alakulása vonatkozásában elmondható, hogy több zsírsav esetében figyeltünk meg csökkenő tendenciát. A kaprilsav, a kaprinsav, a laurinsav és a mirisztinsav mennyisége esetében mind a két takarmány-kiegészítés esetében csökkent. Az A telepen alkalmazott full fat lenmag etetését követően a palmitinsav és a margarinsav arányának csökkenését tapasztaltuk. A B telepen a full fat repcemag takarmány-kiegészítés etetését követően az undekánsav és a sztearinsav koncentrációjának csökkenését figyeltük meg. Hasonló eredményt közölt SUKSOMBAT et al. (2014) is, ahol a lenmagolaj és egész lenmag hatásmechanizmusát vetették össze a nyers tej zsírjának zsírsav-összetételére. Munkájukban a közepes szénláncú zsírsavak csökkenését figyelték meg, és a palmitinsav esetében igazolták is a változás negatív tendenciáját.

Elsősorban a rövid- és közepes szénláncú zsírsavaknak, a PUFA olajokban gazdag takarmány-kiegészítés hatására csökkent de novo szintézissel magyarázták a tejszírből bekövetkező változásokat. LERCH et al. (2015) és WEISBJERG et al. (2013) kísérletükben elért eredményeik egy részével egyezett saját kutatási következtetésünk is. A sztearinsav koncentrációjában elért csökkenést MURPHY et al. (1995b) nem tapasztalták, vagy más kísérletben (MURPHY et al. 1995a), ellentétesen a mi adatainkkal, növekedést tapasztaltak a full fat repcemag etetését követően arányosan az etetett repcemag adagjának emelésével. Más eredményeink azonban MURPHY et al. (1995 a,b) tapasztalataival egyezően alakultak, akik több etetési kísérletet végeztek többek között full fat repce- és szójamaggal a tejsír zsírsav-összetételének megváltoztatása céljából. MURPHY et al. (1995b) etetési kísérletükben full fat szóját etettek 8 hétig 3,0 kg/egyed/nap koncentrátum (275 g/kg full fat szója); 3,0 kg/egyed/nap koncentrátum (550 g/kg full fat szója) adagban. A kísérlet során számos telített zsírsav mennyisége csökkent, ugyanakkor a tendencia a nagyobb adagú takarmánykiegészítés esetén jelentősebb volt. A tejsír egyszeresen telítetlen zsírsavainak tárgyalásakor elmondható, hogy egyedül az olajsav esetében volt megfigyelhető érdemi növekedés, mindkét takarmány-kiegészítés alkalmazásakor. Hasonló változást GLASSER et al. (2008) is tapasztaltak a tejelő tehenek takarmányozásában kísérleti jelleggel használt különböző magas PUFA olajtartalommal bíró olajos magvak etetése terén. Ugyanakkor meglátásuk szerint a növekedés a transz C18:1 zsírsavak koncentrációjában repcemag kiegészítés esetén kevésbé kiélezett, mint más PUFA zsírsavakat tartalmazó olajmagvak esetében. A többszörösen telítetlen zsírsavak vizsgálatok között eredményeink összhangban voltak többek között SUKSOMBAT et al. (2014); NEVEU et al. (2014) adataival, bár CHILLIARD et al. (2001) véleménye szerint a tejsír hosszú szénláncú telítetlen zsírsavainak (EPA, DHA) növelése hatékonyabban működhet halolaj felhasználásával.

4.2.2.3. Az eltérő dózisu a full fat lenmag takarmány- kiegészítések hatása tejzsír zsírsav-összetételének alakulására

A kísérlet harmadik részében a full fat lenmag takarmány-kiegészítést két különböző dózisban, két nagyüzemi, intenzív termelő telepen alkalmaztuk. Vizsgálatunkban arra kerestük a választ, hogy az eltérő dózisban alkalmazott full fat lenmag takarmány-kiegészítések milyen irányban változtatják meg a tejzsír zsírsav-összetételét, valamint, hogy az emelt dózis alkalmazása adott esetben nagyobb mértékű változásokat tud-e előidézni a tejzsír zsírsav-összetételében. A 28. táblázat az A telepen felhasznált, emelt dózisu full fat lenmag takarmány-kiegészítés etetésének hatását részletezi a tejzsír telített zsírsav-összetételére.

28. táblázat: Full fat lenmag etetés hatása a tejzsír telített zsírsav-összetételére

Zsírsavak (%)*	Kísérlet előtti szakasz	Kísérlet középső szakasza	Kísérlet utáni szakasz	p
vajsav	0,45 ± 0,08	0,46 ± 0,05	0,40 ± 0,12	ns
kapronsav	0,60 ± 0,07	0,61 ± 0,03	0,57 ± 0,02	ns
kaprilsav	0,56 ± 0,07	0,52 ± 0,04	0,55 ± 0,06	ns
kaprinsav	1,91 ± 0,41	1,57 ± 0,28	1,82 ± 0,34	ns
undekánsav	0,17 ± 0,03	0,16 ± 0,02	0,19 ± 0,03	ns
laurinsav	2,92 ^a ± 0,66	2,29 ^b ± 0,43	2,79 ± 0,63	<5%
tridekánsav	0,14 ± 0,03	0,12 ^a ± 0,02	0,16 ^b ± 0,03	<5%
mirisztinsav	11,33 ± 1,21	10,27 ± 1,37	11,61 ± 1,36	ns
pentadekánsav	1,06 ± 0,16	1,04 ± 0,12	1,18 ± 0,19	ns
palmitinsav	37,55 ^a ± 3,30	31,95 ^b ± 2,77	33,13 ^b ± 2,09	<5%
margarinsav	0,69 ± 0,08	0,66 ± 0,06	0,72 ± 0,06	ns
sztearinsav	13,31 ± 1,40	14,09 ± 1,49	12,56 ± 2,01	ns
arachidinsav	0,19 ± 0,03	0,17 ± 0,01	0,18 ± 0,03	ns
heneikozánsav	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	ns
behénsav	0,09 ^a ± 0,01	0,07 ^b ± 0,01	0,07 ^b ± 0,01	<5%
lignocerinsav	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01	ns
ΣSFA	88,04 ^a ± 9,70	79,30 ^b ± 8,45	81,87 ^b ± 8,62	<5%

*zsírsav-metilésztetek relatív tömegszázalékában

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

A telített zsírsavak adatainak elemzésekor elmondható, hogy a rövid szénláncú telített zsírsavak (vajsav, kapronsav, kaprilsav) részarányában érdemi változás nem történt. A laurinsav részaránya a kísérlet előtti és a kísérlet középső szakaszának összevetésében csökkent, a tridekánsav aránya pedig növekedett a kísérlet középső és a kísérlet utáni szakasz összehasonlításakor. A palmitinsav részaránya nagyobb mértékű csökkenést követően a kísérleti etetés végére a kísérlet előtti szakaszhoz viszonyítva megemelkedett. A behénsav aránya csökkent a kísérlet előtti adatokhoz viszonyítva, amely statisztikailag is igazolható volt. A telített zsírsavak összes aránya a tejzsírban csökkent a kísérlet előtti és a kísérlet középső szakaszának összehasonlításakor, majd kissé megemelkedett a kísérlet végére.

Az emelt dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés etetése egyes szakaszaiban tapasztalt egyszeresen telítetlen zsírsavakban bekövetkezett változásokat a 29. táblázatban tárgyaljuk.

**29. 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 ^a ± 0,15	0,82 ± 0,15	0,99 ^b ± 0,22	<5%
palmitóleinsav	1,40 ± 0,32	1,51 ± 0,25	1,57 ± 0,36	ns
heptadekánsav	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 ^a ± 2,76	27,08 ^b ± 3,37	25,50 ^b ± 2,91	<5%
eikozénsav	0,04 ^a ± 0,01	0,05 ^b ± 0,01	0,05 ± 0,01	<5%
ΣMUFA	24,53 ^a ± 8,19	31,28 ^b ± 10,73	29,61 ^b ± 10,13	<5%

*zsírsav-metilészetek 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 tendenciáját 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 (30. táblázat), hogy a zsírsavak többségénél statisztikailag is igazolható változásokat értünk el az emelt dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés etetésének adott szakaszaiban.

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

Zsírsavak (%)*	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 ^a ± 0,04	0,46 ^b ± 0,07	0,38 ^c ± 0,06	<5%
γ-linolénsav	0,04 ^a ± 0,01	0,04 ^a ± 0,01	0,06 ^b ± 0,01	<5%
α-linolénsav	0,34 ^a ± 0,05	0,60 ^b ± 0,01	0,42 ^c ± 0,06	<5%
eikozadiénsav	0,02 ± 0,005	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,007	ns
eikozatriénsav	0,14 ^a ± 0,04	0,08 ^b ± 0,02	0,10 ± 0,05	<5%
arachidonsav	0,20 ^a ± 0,04	0,16 ^b ± 0,02	0,16 ^b ± 0,02	<5%
eikozapentaénsav	0,03 ^a ± 0,07	0,04 ^b ± 0,008	0,04 ^b ± 0,008	<5%
dokozapentaénsav	0,07 ^a ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,08 ^b ± 0,008	<5%
ΣPUFA	3,82 ^a ± 1,35	4,02 ^b ± 1,37	3,65 ± 1,26	<5%

*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 kísérleti 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 kísérleti szakaszok összevetésében statisztikailag is igazolható volt. A többszörösen telítetlen zsírsavak összesített arányában érdemi változást a kísérlet középső szakaszában értünk el.

A tejzsír n-6/n-3 arányának alakulását a tejzsírban, a rendelkezésre álló n-6 és n-3 zsírsavak koncentrációjó változásának ismeretében, az emelt dózisú full fat lenmag kiegészítés esetén is elemeztük. A 31. táblázat az n-6/n-3 zsírsavak arányának alakulását mutatja.

31. táblázat: Full fat lenmag etetés hatása a tejzsír n-6/n-3 zsírsav arányára

Zsírsavak (%)*		Kísérlet előtti szakasz	Kísérlet középső szakasza	Kísérlet utáni szakasz	P
n-6	linolsav	2,70 ± 0,49	2,56 ± 0,43	2,43 ± 0,35	ns
	γ-linolénsav	0,04 ^a ± 0,01	0,04 ^a ± 0,01	0,06 ^b ± 0,01	<5%
	eikozatriénsav	0,14 ^a ± 0,04	0,08 ^b ± 0,02	0,10 ± 0,05	<5%
	arachidonsav	0,20 ^a ± 0,04	0,16 ^b ± 0,02	0,16 ^b ± 0,02	<5%
Σn-6		3,08	2,84	2,75	
n-3	α-linolénsav	0,34 ^a ± 0,05	0,60 ^b ± 0,01	0,42 ^c ± 0,06	<5%
	eikozapentaénsav	0,03 ^a ± 0,07	0,04 ^b ± 0,008	0,04 ^b ± 0,008	<5%
	dokozapentaénsav	0,07 ^a ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,08 ^b ± 0,008	<5%
Σn-3		0,44	0,71	0,54	
Σn-6/Σn-3		3,08/0,44	2,84/0,71	2,75/0,54	

*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

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

Az n-6/n-3 zsírsavak arányát tekintve a következő megállapításokat tettük. Az n-6 zsírsavakhoz tartozó γ-linolénsav részarányának növekedése mellett az eikozatriénsav és az arachidonsav arányának csökkenése volt statisztikailag igazolható. Az n3 zsírsavakhoz tartozó α-linolénsav részarányának jelentős mértékű növekedése mellett az eikozapentaénsav és a dokozapentaénsav megnövekedett koncentrációja előnyös volt az arány változásának szempontjából. Az A telep esetében etetett emelt dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés vonatkozásában az n-6/n-3 zsírsav arány szűkült, amelyet azonban statisztikailag nem tudtunk igazolni.

Az eltérő dózisban alkalmazott full fat lenmag takarmány-kiegészítések további vizsgálatában a normál dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítések alkalmazását a B telepen folytattuk, igazodva a nagyüzem adta lehetőségekhez. Vizsgálatunk során a normál dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés hatását vizsgáltuk a tejzsír telített, valamint egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírsavainak változására, valamint az n-6/n-3 zsírsavak arányának változására. A full fat lenmag takarmány-kiegészítés normál dózisban történő alkalmazásának eredményeit a B telepen gyűjtött tejminták esetében a

következőkben mutatjuk be. A 32. táblázat tejzsír telített zsírsav-összetételének alakulását elemzi.

32. táblázat: Full fat lenmag etetés hatása a tejsír telített zsírsav-összetételére

Zsírsavak(%)*	Kísérlet előtti szakasz	Kísérlet középső szakasza	Kísérlet utáni szakasz	P
vajsav	0,53 ± 0,22	0,49 ± 0,07	0,51 ± 0,07	ns
kapronsav	0,62 ± 0,11	0,67 ± 0,06	0,67 ± 0,08	ns
kaprilsav	0,60 ± 0,13	0,59 ± 0,08	0,59 ± 0,08	ns
kaprinsav	2,21 ± 0,61	1,87 ± 0,35	1,98 ± 0,40	ns
undekánsav	0,25 ± 0,08	0,20 ± 0,04	0,22 ± 0,06	ns
laurinsav	3,45 ^a ± 0,98	2,75 ^b ± 0,54	2,94 ^b ± 0,62	<5%
tridekánsav	0,25 ^a ± 0,09	0,13 ^b ± 0,03	0,15 ^b ± 0,04	<5%
mirisztinsav	11,54 ± 1,29	11,19 ± 1,00	11,76 ± 1,06	ns
pentadekánsav	1,56 ^a ± 0,46	0,98 ^b ± 0,11	1,05 ^b ± 0,15	<5%
palmitinsav	36,51 ± 2,88	34,18 ^a ± 3,06	37,45 ^b ± 3,57	<5%
margarinsav	0,77 ^a ± 0,10	0,61 ^b ± 0,06	0,59 ^b ± 0,06	<5%
sztearinsav	10,13 ^a ± 2,17	12,79 ^b ± 1,83	10,78 ± 3,09	<5%
arachidinsav	0,13 ± 0,03	0,15 ^a ± 0,02	0,12 ^b ± 0,04	<5%
heneikozánsav	0,03 ^a ± 0,01	0,03 ^b ± 0,01	0,02 ^b ± 0,01	<5%
behénsav	0,06 ± 0,02	0,07 ^a ± 0,01	0,05 ^b ± 0,01	<5%
lignocerinsav	0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,06	0,04 ± 0,06	ns
ΣSFA	68,14 ± 9,56	66,28 ± 9,17	68,56 ± 9,39	ns

*zsírsav-metilészetek relatív tömegszázalékában

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

Vizsgálataink során a full fat lenmag normál dózisban etetett takarmány-kiegészítés hatására csökkent számos közepes és hosszú lánc hosszúságú zsírsav részaránya a tejsírban. A laurinsav és a tridekánsav arányának csökkenését a kísérlet előtti és a kísérleti középső szakaszának összevetésben statisztikailag is igazoltuk. A pentadekánsav és a heneikozánsav arányának csökkenése a kísérlet előtti és a kísérleti középső szakaszának, és a kísérlet utáni szakasz összehasonlításában mutatott változást. Mindezek mellett a sztearinsav, az arachidinsav, valamint a behénsav növekedése az etetés időtartama alatt szintén megfigyelhető volt. A telített zsírsavak összes aránya a tejsírban érdemi változást nem mutatott a kísérlet egyes szakaszaiban.

A 33. táblázat a B telep egyszeresen telítetlen zsírsav-összetételének alakulását mutatja a normál dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés alkalmazásakor.

**33. táblázat: Full fat lenmag etetés hatása
a tejzsír 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
heptadekánsav	0,20 ^a ± 0,05	0,16 ^b ± 0,02	0,15 ^b ± 0,03	<5%
elaidinsav	2,39 ^a ± 0,96	1,57 ^b ± 0,23	1,40 ^b ± 0,28	<5%
olajsav	21,33 ^a ± 3,36	24,71 ^b ± 2,96	22,51 ± 2,88	<5%
eikozénsav	0,05 ^a ± 0,01	0,05 ^a ± 0,01	0,04 ^b ± 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 heptadekánsav mellett az elaidinsav és az eikozénsav arányának csökkenése volt megfigyelhető. Az olajsav esetében a 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 (34. táblázat) több zsírsav arányának növekedését igazoltuk.

34. 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 ^a ± 0,28	2,36 ^b ± 0,25	2,28 ^b ± 0,22	<5%
konjugált linolsav	0,45 ± 0,08	0,48 ± 0,06	0,45 ± 0,11	ns
γ-linolénsav	0,4 ^a ± 0,01	0,03 ^b ± 0,006	0,03 ^b ± 0,006	<5%
α-linolénsav	0,23 ^a ± 0,02	0,58 ^b ± 0,07	0,59 ^b ± 0,11	<5%
eikozadiénsav	0,02 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,04	ns
eikozatriénsav	0,13 ^a ± 0,03	0,08 ^b ± 0,02	0,07 ^b ± 0,02	<5%
arachidonsav	0,20 ^a ± 0,03	0,14 ^b ± 0,02	0,13 ^b ± 0,02	<5%
eikozapentaénsav	0,01 ^a ± 0,005	0,03 ^b ± 0,01	0,03 ^b ± 0,01	<5%
dokozapentaénsav	0,05 ^a ± 0,01	0,07 ^b ± 0,01	0,06 ± 0,01	<5%
ΣPUFA	4,33 ^a ± 1,56	3,79 ^b ± 1,28	3,69 ^b ± 1,25	<5%

*zsírsav-metilészterek 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 bizonyítható 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.

A tejzsír n-6/n-3 arányának alakulását a normál dóziséjú full fat lenmag takarmány-kiegészítés esetében is elemeztük. A tejzsír n6/n3 arányának bemutatásakor (35. táblázat) a következő megállapításokat tettük.

35. táblázat: Full fat lenmag etetés hatása a tejzsír n-6/n-3 zsírsav arányára

Zsírsavak (%)*		Kísérlet előtti szakasz	Kísérlet középső szakasza	Kísérlet utáni szakasz	P
n-6	linolsav	3,19a ± 0,28	2,36b ± 0,25	2,28b ± 0,22	<5%
	γ-linolénsav	0,4a ± 0,01	0,03b ± 0,006	0,03b ± 0,006	<5%
	eikozatriénsav	0,13a ± 0,03	0,08b ± 0,02	0,07b ± 0,02	<5%
	arachidonsav	0,20a ± 0,03	0,14b ± 0,02	0,13b ± 0,02	<5%
Σn-6		3,92	2,61	2,51	
n-3	α-linolénsav	0,23a ± 0,02	0,58b ± 0,07	0,59b ± 0,11	<5%
	eikozapentaénsav	0,01a ± 0,005	0,03b ± 0,01	0,03b ± 0,01	<5%
	dokozapentaénsav C22:5n3	0,05a ± 0,01	0,07b ± 0,01	0,06 ± 0,01	<5%
Σn-3		0,29	0,68	0,68	
Σn-6/Σn-3		3,92/0,29	2,61/0,68	2,51/0,68	

*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

Az n-6/n-3 zsírsavak arány alakulásának vonatkozásában elmondható, hogy az n-6 zsírsavak közül a linolsav, a γ-linolénsav, az eikozatriénsav és az arachidonsav koncentrációk csökkenése miatt, az n-6 zsírsavak összes aránya is csökkent. Az n3 zsírsavakhoz tartozó α-linolénsav, eikozapentaénsav és dokozapentaénsav részarányának jelentős mértékű növekedése azonban kedvező volt az arány változásának szempontjából. A B telep esetében etetett full fat lenmag vonatkozásában az n-6/n-3 zsírsav arány szűkült, amelyet statisztikailag nem tudtunk igazolni.

Az eltérő dóziséjú full fat lenmag takarmány-kiegészítés etetésének hatását összegezve elmondható, hogy számos telített zsírsav koncentrációjában figyeltünk meg csökkenést. Eredményeink más kutatások adataival is összhangban voltak (CHILLIARD et al., 2001; PRECHT et al, 2000). A telített zsírsavak arányának csökkenő tendenciáját – amelyet számos szakirodalom a *de novo* zsírszintézis mérséklődésével magyaráz – több kísérletben is tapasztalták, különböző formájú védett zsírok és olajos magvak etetésekor (DHIMAN et al., 1999; CHILLIARD et al, 2001; PRECHT et al, 2000, PETIT és GAGNON, 2009). Az emelt dóziséjú full fat lenmag takarmány-kiegészítés etetésekor a palmitinsav koncentráció csökkenése hasonlóan KELLY et al. (1998) növényi olajforrásokat összehasonlító kísérletéhez, valamint GLASSER et al. (2008) adataihoz,

pozitív eredménynek számított. A normál dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés esetében a palmitinsav megemelkedett arányát a kísérlet utáni időszakban egyéb tényezők okozhatták. CSAPÓ és CSAPÓNÉ (2002) a palmitinsav részarányának növekedését a tejsírban a téli időszakban tapasztalták, míg STOOP et al. (2009). a laktáció második szakaszában figyelték meg. Az egyszeresen telítetlen zsírsavak aránya a tejsírban a full fat lenmag takarmány-kiegészítés adagolása alatt és azt követően is eltérő eredményeket mutatott a két telepen. Az emelt dózisú full fat lenmag etetését követően jellemzően több zsírsav (mirisztóleinsav, olajsav, eikozénsav) esetében, valamint az egyszeresen telítetlen zsírsavak összes arányában is növekedést figyeltünk meg, ezzel szemben a normál dózisú lenmag adagolásakor, az olajsav kivételével, inkább a csökkenő tendenciát tapasztaltuk a heptadkénsav, az elaidinsav és az eikozénsav esetében egyaránt. Eredményeink több ponton egyeztek többek között WARD et al. (2002) kísérletének adataival, ahol több olajosmag takarmány-kiegészítés alkalmazását követően tapasztalták az olajsav koncentrációjának növekedését tejelő tehenek esetében. A full fat lenmag takarmány-kiegészítés adatait áttekintve megállapítottuk, hogy elképzelésünknek megfelelően a legnagyobb változásokat az α -linolénsav arányában tapasztaltuk, mind a két telep esetében. Ugyanakkor az emelt dózis alkalmazásakor, az α -linolénsav mellett a konjugált linolsav, a γ -linolénsav és az eikozénpentaénsav arányában is növekedést tapasztaltunk az egyes szakaszok összehasonlításakor. A normál dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés etetése alatt és azt követően, az α -linolénsav mellett, az eikozapentaénsav és a dokozapentaénsav aránya nőtt. Viszont több zsírsav esetében csökkenő tendenciát figyeltünk meg, valamint a többszörösen telítetlen zsírsavak összes aránya is csökkent az az etetés végére a tejsírban. Eredményeink összhangban voltak többek között AKRAIM et al. (2007) kutatásaival, akik bizonyították, hogy a tejsír zsírsav-összetételét a takarmány lenmag kiegészítésével befolyásolni lehet. Fenti munkacsoport tapasztalatai szerint a takarmány egész, kezeletlen lenmag kiegészítése jelentős mértékben javíthatja az α -linolénsav arányát a tejsírban. PETIT et al. (2004) vizsgálatukban napraforgómag és lenmag kiegészítés tejösszetevőkre gyakorolt hatását kutatták, amelynek során megfigyelték, hogy a napraforgómag kiegészítés a linolsav tartalmat, a lenmag kiegészítés, pedig a linolénsav koncentrációt növelte a tejsírban. PETIT (2002, 2003) két kísérletében is igazolta, hogy a takarmány lenmag kiegészítésével hatékonyan lehet csökkenteni a tej n-6/n-3 arányát, amely következtetést saját eredményeink nem támasztották alá.

4.2.2.4. A telep és az eltérő dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés kölcsönhatásának vizsgálata a tejzsír zsírsav-összetételének alakulásakor

A telep x dózis kölcsönhatás vizsgálata során az eltérő telepi körülmények között termelő egyedek különböző dózisban adagolt full fat lenmag takarmány-kiegészítés hatására a tejzsír zsírsav-összetételében történt változásokat értékeltük. Az értékelés során arra kerestük a választ, hogy milyen mértékben befolyásolta a tejzsír általunk vizsgált telített, egyszeresen-, és többszörösen telítetlen zsírsavainak alakulását a telep, az eltérő dózis, valamint a telep x dózis kölcsönhatása. A 36. táblázat a telep, az eltérő dózis és a telep x dózis kölcsönhatásának vizsgálati eredményeit mutatja be a telített zsírsavak esetében.

36. táblázat: A telep, a dózis és a telep x dózis kölcsönhatás vizsgálata (telített zsírsavak)

Zsírsavak*	Hatás		
	telep	dózis	telep x dózis
vajsav	P=0,900	P=0,664	P=0,346
kapronsav	P=0,116	P=0,614	P=0,132
kaprilsav	P=0,038	P=0,359	P=0,702
kaprinsav	P=0,031	P=0,053	P=0,758
undekánsav	P=0,075	P=0,371	P=0,176
laurinsav	P=0,065	P=0,069	P=0,586
tridekánsav	P=0,373	P=0,466	P=0,000
mirisztinsav	P=0,195	P=0,145	P=0,423
pentadekánsav	P=0,639	P=0,547	P=0,000
palmitinsav	P=0,359	P=0,354	P=0,001
margarinsav	P=0,594	P=0,517	P=0,000
sztearinsav	P=0,053	P=0,178	P=0,228
arachidinsav	P=0,068	P=0,788	P=0,002
behénsav	P=0,217	P=0,729	P=0,000
lignocerinsav	P=0,639	P=0,653	P=0,204

*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A telep, valamint a takarmány-kiegészítés eltérő dózisának hatása nem mutatható ki a vizsgálatból, ugyanakkor a telep x eltérő dózis kölcsönhatás a tejzsír telített zsírsav-összeteveinek változásakor szignifikáns eltérést a tridekánsav, a pentadekánsav, a palmitinsav, a margarinsav, az arachidinsav, valamint a behénsav esetében mutatott.

A kaprilsav arányában megfigyelhető változás esetében a telep hatás erősebben érvényesült, szemben a takarmány-kiegészítés dózisával, valamint a két tényező együttes hatása sem volt igazolható.

A 37. táblázat az egyszeresen telítetlen zsírsavak változását ismerteti a telep, a dózis és a telep x dózis kölcsönhatás vizsgálatában.

37. táblázat: A telep, a dózis és a telep x dózis kölcsönhatás vizsgálata (egyszeresen telítetlen zsírsavak)

Zsírsavak*	Hatás		
	telep	dózis	telep x dózis
mirisztóleinsav	P=0,118	P=0,053	P=0,758
palmitóleinsav	P=0,177	P=0,523	P=0,164
heptadekánsav	P=0,392	P=0,898	P=0,100
elaidinsav	P=0,357	P=0,483	P=0,001
olajsav	P=0,281	P=0,146	P=0,400
eikozénsav	P=0,692	P=0,720	P=0,000

*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A telep hatás nem mutatható ki a vizsgálatból, valamint a dózis és a telep x dózis kölcsönhatása sem volt befolyásoló tényezője a vizsgált paraméterek alakulásának. Ugyanakkor az elaidinsav és az eikozénsav esetében a telep x dózis kölcsönhatása szignifikáns kapcsolatot mutatott ($P < 5\%$).

A 38. táblázat a telep, a dózis és a telep x dózis kölcsönhatás elemzésekor kapott eredményeket szemlélteti a tejzsír többszörösen telítetlen zsírsavainak alakulásában.

38. táblázat: A telep, a dózis és a telep x dózis kölcsönhatás vizsgálata (többszörösen telítetlen zsírsavak)

Zsírsavak	Hatás		
	telep	dózis	telep x dózis
linolsav	P=0,82	P=0,269	P=0,000
konjugált linolsav	P=0,142	P=0,339	P=0,005
γ -linolénsav	P=0,25	P=0,855	P=0,000
α -linolénsav	P=0,88	P=0,176	P=0,000
eikozadiénsav	P=0,18	P=0,546	P=0,568
eikozatriénsav	P=0,135	P=0,023	P=0,580
arachidonsav	P=0,371	P=0,073	P=0,038
eikozapentaénsav	P=0,16	P=0,538	P=0,003
dokozapentaénsav	P=0,25	P=0,175	P=0,165

*zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

A telep, valamint a dózis külön hatása nem érvényesült a többszörösen telítetlen zsírsavak esetében sem, azonban szignifikánsan beigazolódott ($P < 5\%$) a telep és a dózis kölcsönhatása a tejzsír konjugált linolsav, γ -és α -linolénsav, az arachidonsav, valamint az eikozapentaénsav arányának alakulásában.

A telep, dózis és a telep x dózis kölcsönhatás vizsgálatának eredményeit összegezve elmondható, hogy nagyobb arányban a telep és a dózis együttes hatása érvényesült a tejzsír zsírsav-összetételének változásában, míg a telep vagy a dózis egyéni hatása nem volt bizonyítható a vizsgált paraméterek alakulásában.

Eredményeink WOOLPERT et al. (2016) adataihoz hasonlóan alakultak, amely kutatásban kapcsolatot kerestek a tejtermelő szarvasmarha telepeken alkalmazott gazdálkodás, így a takarmányozási módszer, a takarmány összetétele, a laktáció, valamint a tejzsírban a de novo szintézis során keletkezett (-rövid- és közepes szénláncú) zsírsavak között. Vizsgálatukban nem igazoltak szoros összefüggést a takarmány összetételét illetően, ahogy a telepeken alkalmazott különböző takarmány-kiegészítések esetében sem, szemben LOFTEN et al. (2014) adataival, akik a 16:0 és 18:0 zsírsavakban gazdag takarmány-kiegészítések hatásaként figyelték meg a rövid szénláncú zsírsavak csökkenését a tejzsírban. WOOLPERT et al. (2016) bár nem bizonyította a vizsgált tényezők külön-külön is érvényesülő hatását, ugyanakkor a telep és a takarmány-kiegészítések kölcsönhatása már igazoltan befolyásolta a vizsgált paraméterek alakulását. BENCHAAR et al. (2014) eltérő tömegtakarmány:abrak arányú alaptakarmányhoz adagoltak full fat lenmagot és lenmagolajat, hogy megfigyeljék, hogy az alaptakarmány összetételének változása milyen mértékben befolyásolja a különböző formájú és zsírsav-összetételű takarmány-kiegészítés hatását a tejzsír zsírsav-összetételére. Nem tapasztaltak kölcsönhatást a tömegtakarmány:abrak arányának változtatása és a különböző formátumú lenmag kiegészítések között amelyből arra következtettek, hogy a megváltozott tömegtakarmány:abrak arány okozta eltérő bendő fermentáció nem módosította a tejzsír zsírsav-összetételében bekövetkezett változásokat, amelyekért a full fat lenmag és a lenmagolaj volt a felelős. KLIEM et al. (2016) tanulmányában hangsúlyozza, hogy a témában végzett kísérletek nagyjából nagymértékben ellenőrzött körülmények között termelő, kisszámú egyed bevonásával történtek. Azonban az etetési kísérletek továbbfejlesztése érdekében fontosnak tartja a vizsgálatok további folytatását nagyobb létszámú tejtermelő tehenészetek gyakorlatában megjelenő, változó telepi körülmények között termelő, eltérő összetételű (termelés, laktációs állapot, egészség, kondíció) állományok esetében is. Vizsgálatukban a hangsúly az eltérő takarmány-kiegészítések (extrudált lenmag, pálma- és lenmagolajból készült Ca-szappan és őrölt repcemag) mellett az etetések helyszínére is helyeződött. 24 nagyüzemi körülmények között termelő tehenészeti telepet vontak be kísérletükbe. A négy hetes

kísérleti etetés végén, minden takarmány-kiegészítés esetében igazolták a tejzsír telített zsírsavainak csökkenését, valamint az egyszeresen telítetlen zsírsavak növekedését minden telepnél. Következtetésükben kiemelik a kísérleti kutatások alkalmazásának fontosságát a gyakorlatban, ahol az eltérő háttérviszonyok különböző befolyásoló tényezőkkel egészíthetik ki az ellenőrzött körülmények között nyert eredményeket.

5. Következtetések

Munkánk során több, eltérő zsírsav-összetétellel rendelkező olajos magot (full fat lenmag és full fat repcemag), illetve egy az olajos mag feldolgozásából származó (hidegen sajtolt lenmag) takarmány-kiegészítést alkalmaztunk abból a célból, hogy a tejszír zsírsav-összetételét módosítsuk. A takarmány-kiegészítéseket adaptáltuk az intenzíven tartott holstein-fríz állományok magyarországi nagyüzemi körülményeinek technológiai gyakorlatába, igazodva a termelés folyamatosságához.

A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés a tejmennyiség alakulására nem volt hatással. A tejmennyiség az A telepen az etetés alatt, míg a C telepen az etetés után nőtt. A B telepen a tejmennyiség 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 tejszír% 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 tejmennyiség csökkent az etetés után az A telepen. A B telepen a tejmennyiségben változás nem volt tapasztalható. A tejszír% 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 tejmennyiség. 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.

Vizsgálataink során kapott eredmények nem erősítették, de nem is cáfolták a hidegen sajtolt lenmag, a full fat olajos magvak és az eltérő dózisú full fat lenmag negatív hatását a tej mennyiségére, valamint a tej zsír- és fehérje tartalmára. Tekintettel arra, hogy ezen takarmány-kiegészítések etetése jellemzően a laktáció középső szakaszában történtek, valamint az alkalmazott takarmányozási gyakorlat is különböző volt a vizsgálatba vont

telepeknél, várható volt a kapott eredmények széles spektruma mind a három vizsgált paraméter esetében.

A nyerstej zsírjának zsírsav-összetétel alakulásában a különböző takarmány-kiegészítések esetén, igazodva az eltérő zsírsav-összetétellel rendelkező takarmány-kiegészítésekhez, jelentős változásokat tapasztaltunk. A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés hatására mind a három telepen csökkent a tejzsír palmitinsav koncentrációja. További csökkenés az A telepen a pentadekánsav és a margarinsav arányában volt, valamint a telített zsírsavak összes aránya is csökkent a tejzsírban. 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 n_6/n_3 zsírsav arányának alakulását nem befolyásolta az etetett takarmány-kiegészítés egy telepnél sem.

Kutatásunk során igazolt eredmények megerősítették a hidegen sajtolt lenmag hatását a tejzsír zsírsav-összetevőinek változására, különös tekintettel a palmitinsav, mint telített zsírsav, csökkenésére. A többszörösen telítetlen zsírsavak közül az α -linolénsav és a konjugált linolsav növekedése, az n_3 zsírsavakban gazdag hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés eredményeként, a három telep közül, két telep esetében volt megfigyelhető. Adataink szórása a nagyüzemi körülményeket jellemző vegyes összetételű termelési csoportok eltérő laktációs állapotára, valamint az egyes telepeken alkalmazott eltérő takarmány összetételű takarmányadagjára vezethető vissza.

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 kapirnsav, 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.

A full fat olajos magvak etetésének elemzésekor kapott eredmények alátámasztották feltevésünket, amely szerint a full fat magvak hatékonyabban felhasználhatók a tejzsír zsírsav-összetelének módosítására, szemben a feldolgozott termékekkel. Több telített zsírsav esetében volt megfigyelhető negatív tendencia az etetést követően, mindkét takarmány-kiegészítésnél, mindkét telep esetében. Az is bebizonyosodott, hogy az eltérő zsírsav-összetétellel rendelkező a takarmány-kiegészítések hatása eltérő összetételű takarmányadagok mellett is realizálódott, amely a legerőteljesebben a többszörösen telítetlen zsírsavak arányának változásában volt megfigyelhető.

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 egyszeresen telítetlen zsírsavak összes arányában történt, míg a B telepen csökkent az eikozénsav mellett az elaidinsav és a heptadekánsav aránya. A tejzsír többszörösen telítetlen zsírsavai közül az etetett takarmány-kiegészítéseket követően az α -linolénsav, az eikozapentaénsav és a dokozapentaénsav arányban volt növekedés mindkét telepen. További pozitív változást az A telep eredményei a konjugált linolsav és a γ -linolénsav koncentrációban igazoltak, míg két zsírsav arányában (eikozatriénsav, arachidonsav) csökkenés volt. A B telepen a csökkenés a linolsav, a γ -linolénsav, az

eikozatriénsav és az arachidonsav arányában volt az takarmány-kiegészítés etetés után. 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.

Az eltérő dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítés etetés eredményeinek áttekintésekor nem igazolódott a feltevésünk, amely szerint nagyobb mennyiségű n3 zsírsavakban gazdag takarmány-kiegészítés kifejezettebb változást idéz elő a tejsír telített, egyszerűen-, és többszörösen telítetlen zsírsavainak arányában. Ugyanakkor a telep x dózis kölcsönhatás vizsgálata egyértelműen bizonyította a telep és a takarmány-kiegészítés közös jelentőségét a tejsír zsírsav-összetevőinek változásában.

A kísérlet során gyűjtött adatok összeségét áttekintve arra a következtetésre jutottunk, hogy a telepen alkalmazott eltérő összetételű takarmányadagok mellett, a különböző termelési csoportokban levő egyedek nagy változatossága jelentősen befolyásolta a takarmány-kiegészítések hatását a tejsír zsírsav-összetételének vizsgálatakor. Mindezek mellett KLIEM et al. (2016) kutatására hivatkozva fontosnak tartjuk a különböző takarmányozási kísérletek „átültetését” gyakorlatiasabb körülmények közé, mert az eltérő takarmányozási metódusok a telepek esetében, valamint a nagyüzem adta különböző termelői csoportokban termelő egyedek más megvilágításba helyezhetik az ellenőrzött, kislétszámú etetési kísérletek során nyert eredményeket.

Kutatásunk eredményei rámutattak arra, hogy a magyarországi tejelő tehéntartásra jellemző holstein-fríz állományok esetében sikeresen beilleszthető koncentrált n-3 zsírsavforrások (hidegen sajtolt lenmag, full fat lenmag, full fat repcemag) a takarmányozás gyakorlatába anélkül, hogy a nagyüzemi termeléstehnológiát hátrányosan befolyásolná. Kísérleti adatainkkal alátámasztva igazolható, hogy az n-3 zsírsavakban gazdag hidegen sajtolt lenmag, full fat lenmag és full fat repcemag naponta és állatonként 1-2 kg-os mennyiségben etetve nem csökkent a tej zsír- és fehérje tartalmát, azonban kedvezően befolyásolja a tejsír többszörösen telítetlen zsírsavainak arányát.

6. Új tudományos eredmények

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 értelmes hatással a tejszír többszörösen telítetlen zsírsav-összetételére.
3. A full fat lenmag, mint természetes n-3 zsírsavforrás, növelte a humán-egészségügyi szempontból jelentős α -linolénsav, eikozapentaénsav, dokoza-pentaénsav részarányát a magyarországi gyakorlatnak megfelelő takarmányozási eljárások mellett.
4. A hidegen sajtolt lenmag hatása kifejezettebb volt a tejszír 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 tejszír 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.

7. Az eredmények gyakorlati hasznosíthatósága

1. A kutatás során bebizonyosodott, hogy a hidegen sajtolt lenmag és a full fat olajosmagvak 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 α -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.

8. Összefoglalás

Hazánkban és számos más európai országban a kérődzők takarmánybázisának alapját a tartósított tömegtakarmányok (kukoricaszilázs, lucernaszenázs), valamint a különböző abrak takarmányok képezik. A tejelő tehenek takarmányadagjában alkalmazott különböző zsírforrások- és készítmények a tejtermelés mellett a tej táplálóanyag tartalmára valamint a tejzsír zsírsav-összetételére is hatást gyakorolhatnak, lehetőséget adva egy megnövelt n-3 zsírsav-tartalmú állati termék előállítására.

Vizsgálatainkat az egészségtudatos fogyasztói magatartás megjelenése, valamint annak lehetősége motiválta, hogy egy tömegtermeléssel előállított alapélelmiszert, mint a tej, takarmányozással módosítsunk, igazodva a megváltozott fogyasztói trendekhez. Igyekeztünk tehát 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.

Vizsgálataink több intenzív tejhasznosítású szarvasmarha telepen folytak. A kísérletek során minden esetben igazodtunk a telepi rendhez, amely elengedhetetlen feltétele a folyamatos termelésnek. A három telepet az „A”, „B” és „C” jelöléssel különböztettem meg. 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-kiegészítést három telepen, 2 kg/nap/egyed mennyiségben alkalmaztuk. A full fat olajosmagvak takarmány-kiegészítések kísérletében a full fat lenmagot az A telepen, napi 1 kg/egyed, a full fat repcemagot napi 1 kg/egyed mennyiségben adagoltuk. Az eltérő dózisú full fat lenmag takarmány-kiegészítést az A telepen emelt mennyiségben, napi 1,5 kg/nap/egyed, etettük, míg a B telepen normál adagban, napi 1 kg/nap/egyed alkalmaztuk.

A vizsgálatok során egy kísérlet előtti szakaszt, egy kísérleti szakaszt és egy kísérlet utáni szakaszt különböztettünk meg. A kísérleti szakasz megkezdése előtt minden takarmány-kiegészítésnél közbeiktattunk két hetes előtetetési időszakot. Az előtetetést követő kísérleti szakasz minden telep esetében négy hét volt. A kísérlet során az általunk választott takarmány-kiegészítést egy termelő csoportnak adagoltuk ki a telepen dolgozó

szakemberek segítségével. A kísérletbe vont termelő csoportok átlagos tejtermelése jellemző a fajtára (25-35 liter).

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 dózisú 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.

A termelési paraméterek esetében az egyes szakaszokhoz tartozó, havonta elvégzett, próbafejések adatait vettük alapul. A laktáció alatt megtermelt tejmenyiségi és tejösszetétel adatokat a RISKA program segítségével gyűjtöttük össze.

A tejszír zsírsav-összetételének vizsgálatokor 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 RISKA programból gyűjtöttünk. A laktációs görbét becselő függvényt a Wood képlettel (WOOD, 1969) 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 dózisú full fat lenmag etetésekor kapottakat varianciánálízis módszerével elemeztük. A homogenitást a Levene-tesztel vizsgáltuk. A csoportpárok összehasonlításakor heterogenitás esetén a Tamhane-tesztet, homogenitás esetén pedig az LSD-tesztet alkalmaztuk. A grafikonokon a próbafejések és a 95%-os konfidencia intervallum értékeit ábrázoltuk. A szignifikáns különbségeket ($P < 5\%$) különböző betűkkel jelöltük.

A kísérlet eredményeit összegezve megállapítottuk, hogy a hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés a tejmenyiség alakulására nem volt negatív hatással. A tejmenyiség az 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 dózisu 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 tejfehérjetartalom alakulását egy esetben sem befolyásolta az etetett takarmány-kiegészítés.

A nyerstej zsírjának zsírsav-összetétel alakulásában a különböző takarmány-kiegészítések esetén, igazodva az eltérő zsírsav-összetétellel rendelkező takarmány-kiegészítésekhez, jelentős változásokat tapasztaltunk. A hidegen sajtolt lenmag takarmány-kiegészítés hatására mind a három telepen csökkent a tejsír palmitinsav koncentrációja. További csökkenés az A telepen a pentadekánsav és a margarinsav arányában volt, valamint a telített zsírsavak összes aránya is csökkent a tejsírban. 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 eladinsav arányának növekedését igazolta mind a három telepnél. 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 full fat olajos magvak takarmány-kiegészítés etetés után a telített zsírsavak elemzésekor nagyobb számú zsírsav arányában tapasztaltunk csökkenést. Mindkét telepen csökkent a kaprilsav, a kapirnsav, a laurinsav és a mirisztinsav koncentrációja, valamint a tejszír 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.

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 tejszír telített zsírsavainak összes arányában, a tridekánsav arányában viszont növekedés 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 egyszeresen telítetlen zsírsavak összes arányában történt, míg a B telepen csökkent az eikozénsav mellett az elaidinsav és a heptadekánsav aránya. A tejszír többszörösen telítetlen zsírsavai közül az etetett takarmány-kiegészítéseket követően az α -linolénsav, az eikozapentaénsav és a dokozapentaénsav arányban volt növekedés mindkét telepen. További pozitív változást az A telep eredményei a konjugált linolsav és a γ -linolénsav koncentrációban igazoltak, míg két zsírsav arányában (eikozatriénsav, arachidonsav) csökkenés volt. A B telepen a csökkenés a linolsav, a γ -linolénsav, az eikozatriénsav és az arachidonsav arányában volt az takarmány-kiegészítés etetés után. 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.

A telep, dózis és a telep x dózis kölcsönhatás vizsgálatának eredményeit összegezve elmondható, hogy nagyobb arányban a telep és a dózis együttes hatása érvényesült a tejzsír zsírsav-összetételének változásában, míg a telep vagy a dózis egyéni hatása nem volt bizonyítható a vizsgált paraméterek alakulásában.

Összeségében elmondható, hogy a Magyarországon iparszerű tartásban termelő, intenzíven hasznosított holstein-fríz állományok takarmányozási gyakorlatában perspektivikus lehet a full fat lenmag vagy annak feldolgozásából származó hidegen sajtolt lenmag alkalmazása a tejzsír zsírsav-összetételének módosítása céljából. A takarmány-kiegészítések nagyüzemi körülmények között is beilleszthetők az adott telepi technológiába. A megfelelő mennyiség meghatározása mellett nem befolyásolják a tejmennyiség és a tej összetételét hátrányosan, amely fontos szempont a hazai termelésben. Alkalmazásukkal előnyösen alakítható a tejzsír telített, egyszeresen- és többszörösen telítetlen zsírsavainak az aránya, amely az alapját képezheti további termékek fejlesztésének.

9. Summary

In Hungary, and also in many European countries, the preserved forages (maize silage, alfalfa silage), as well as a variety of feed establish the basis of the feed of ruminants. The different fat-sources and fat products in the feed of cattle might influence not only their milk production but also the nutrient contents as well as the fatty acid composition of milk fat, providing possibility for producing food with increased n-3 fatty acid ratio.

The experiment was motivated by the health-conscious consumer attitude and the possibility to modify a mass-produced basic food, milk, with nutritional methods, and adjust it to the new consumption trends. The objective was to investigate what results can be reached concerning the alteration of the fatty acid composition in milk fat, when feeding animals with oil seeds (full fat linseed and full fat rapeseed) as well as with the by-products of linseed-oil production (cold-pressed linseed).

The experiments were carried out on several dairy cattle farms. The schedule on the farm was taken into account every occasion during the examinations, which was a prerequisite of the continuous production. The three farms are marked with „A”, „B” and „C”. Considering the research aspects and the possibilities of large scale production, out of the possible feed supplement materials, the full fat linseed high in n-3 unsaturated fatty acids as well as its industrial by-product, the cold extruded/ cold pressed linseed and also the full fat rapeseed were selected. 2 kg/day/animal cold-pressed linseed feed supplement was given to the cattle on the three farms. The ration of full fat oilseed feed supplements in the experiment on farm “A” was the following: full fat linseed 1 kg/day/animal and full fat rapeseed 1 kg/day/animal. The different dose full fat linseed on farm “A” was a raised 1.5 kg/day/animal, while on farm “B” it was the normal dose of 1 kg/day/animal.

The research was set in three periods: a pre-experiment period, an experiment period and a post-experiment period. Before the pre-experiment period, in case of each feed supplement, a two-week pre-feeding period was put in. The experiment period after the pre-feeding was four weeks on each farm. During the experiment the selected feed supplement was portioned for a group of animals in production with the help of the workers on the farm. The average milk yield of the production groups is characteristic of the animal-type (25-35 litres).

The changes of milk quantity and milk composition were concluded from the milking trial data of *Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft* carried out every month.

While feeding the animals with cold-pressed linseed, as well as with full fat linseed and rapeseed, milk samples were taken to examine the fatty acid composition of milk fat twice during the experiment, before and at the end of feeding the animals with the feed supplement. In case of feeding a different portion of full fat linseed, milk samples were taken three times, before feeding the feed supplement, in mid-time, and at the end of the experiment period. Sample-taking was scheduled to the milking order every time, and they were taken at the same milking period. The samples were stored in refrigerated conditions then they were taken to the Chemistry Institution of Kaposvár University, Faculty of Animal Sciences, to determine the parameters.

In case of the production parameters the data of the milking trials of the three periods were taken into account. Milking trials were carried out each month. The data of the amount of milk produced during the lactation and also the data of the milk composition were gathered by the programme called RISKÁ.

When testing the fatty acid composition of milk fat, the data of the analytical analysis of the milk samples taken during the given periods were used.

The estimation of the lactation curves and drawing the actual lactation curves was carried out according to the data of the milking trials gathered from the RISKÁ programme. The function for the estimation of the lactation curve was calculated with the Wood formula (WOOD, 1969) based on the work of SZŰCS et al. (1982). SPSS for Windows 22.0 programme was used for the analysis. The data of cold-pressed linseed feeding as well as the full fat linseed and rapeseed data were analyzed by the method of independent-sample T-test. The different dose full fat linseed data were analyzed by the method of variance. Levene-test was applied to examine homogeneity. Tamhane test (in case of heterogeneity) and the LSD test (in case of homogeneity) were used to compare the group-pairs. Milking trial data and the values of the 95% confidence interval are presented in the graphs. Significant differences ($P < 5\%$) are marked with different letters.

To sum up the results of the experiment it can be concluded that the cold-pressed linseed feed supplement did not have a negative influence on the milk yield. The amount of milk increased on farm A during feeding, while on farm C after feeding. On farm B the experiment did not have a notable effect on milk yield. The normal lactation curves were not affected considerably by the feed supplements. Milk fat decrease was observed on farm A, however on the other two farms the milk fat percentage was not influenced by the feed supplements. The amount of milk protein grew after feeding on farm B, while on farms A and C the change was not considerable.

When applying full fat oilseed feed supplements, the milk yield on farm A decreased after feeding. No alteration was observed in the milk yield on farm B. None of the feed supplements affected the milk fat percentage notably. The milk protein percentage fell back on farm A during feeding, while on farm B the change was not determinative. The normal lactation curves were not affected considerably by the feed supplements.

After feeding the different dose full fat linseed the milk yield decreased on both farms. The data of farm B showed that the milk fat content increased after feeding, while on farm A there was no difference. The amount of milk protein was not influenced by the feed supplement in either case.

When feeding different feed supplements significant differences were observed in the fatty acid composition of raw milk fat, according to the different fatty acid composition of the feed supplement. The cold-pressed linseed feed supplement resulted in a decreased concentration of palmitic acid on all three farms. Further decrease was on farm A, considering the ratio of pentadecylic acid and margaric acid and the total ratio of the saturated fatty acids in milk fat also decreased. The results of farm B showed an increase in the ratio of several fatty acids (undecylic acid, tridecylic acid, pentadecylic acid). On farm C the concentration of tridecylic acid, pentadecylic acid and margaric acid fell back after feeding. The analysis of monounsaturated fatty acids showed the increase in the proportion of elaidic acid in case of the three farms. Furthermore, the concentration of oil acid on farm A, while the ratio of myristoleic acid on farm B also increased. Out of the polyunsaturated fatty acids, there was an increase of linoleic acid and α -linolenic acid after feeding on both farms A and B, and the results on farm A also justified the increase in the concentration of linoleic acid. On farm C there was no significant change in the proportion of the examined polyunsaturated fatty acids. The proportion of the n6/n3 fatty acids was not influenced by the feed supplements on any of the farms.

When analysing the saturated fatty acids after feeding the full fat oil-seed feed supplement a decrease was found in a greater number of fatty acid ratio. On both farms the concentration of caprylic acid, a capric acid, a lauric acid and a myristic acid decreased and the total ratio of saturated fatty acids of milk fat also reduced after the feeding. Furthermore, on farm A the ratio of palmitic acid and margaric acid fell back as well, however the concentration of stearic acid and a behenic acid increased after feeding the feed-supplement. The analysis of farm B showed further decrease in the proportion of

undecylic acid and stearic acid as well. The analysis of monounsaturated fatty acids indicated an increase in the proportion of oleic acid on both farms after feeding the feed supplement, at the same time on farm B the concentration of elaidic acid was lower. The analysis of the polyunsaturated fatty acids of the results of farm A found an increase in the proportion of the conjugated linoleic acid, α -linolenic acid, eicosadienoic acid and docosapentaenoic acid, while on farm B no relevant change can be observed after using the feed supplements. None of the farms had any determinative change in the n6/n3 fatty acid ratio after the experiment.

Applying increased and normal doses of full fat linseed feed supplements, the concentration of lauric acid, a palmitic acid and a behenic acid decreased as well as the total rate of the saturated fatty acids of the milk fat, according to the results of farm A, however there was an increase in the rate of trydecylic acid. After the feeding, a decreasing tendency can be observed on farm B in the proportion of lauric acid, a trydecylic acid, a pentadecylic acid, a margaric acid, an arachidic acid, a heneicosylic acid and a behenic acid. At the same time the rate of palmitic acid and a stearic acid was higher on farm B. Out of the monounsaturated fatty acids, the proportion of oleic acid was higher on both farms. In the results of farm A, further growth can be observed in the concentration of eicosenoic acid and also in the total rate of monounsaturated fatty acids, while on farm B the proportion of eicosenoic acid, a elaidic acid decreased. Out of the polyunsaturated fatty acids of the milk fat there was an increase in the proportion of α -linolenic acid, an eicosapentaenoic acid and a docosapentaenoic acid on both farms, after applying the feed supplements. On farm A further positive changes were observed in the concentration of conjugated linoleic acid and a γ -linolenic acid, while the proportion of the two fatty acids (eicosatrienoic acid, arachidonic acid) decreased. On farm B there was a decrease in the proportion of linoleic acid, a γ -linolenic acid, an eicosatrienoic acid and an arachidonic acid after the feeding. On farm A the total rate of the polyunsaturated fatty acids increased during the feeding, while it decreased on farm B after the feeding. The n6/n3 fatty acid ratio was not influenced by the feed supplements on either farm.

Summarizing the results of the farm, dose, and farm-and-dose interaction study, the combined effect of the farm-and-dose dominated the change in fatty acid composition of milk fat, while the individual effect of the farm or of the dose was not demonstrated in the parameters under consideration.

Overall, the application of full fat linseed or its by-product, the cold-pressed linseed can be a perspective in the nutrition practice of intensively kept Holstein Friesian cattle stocks in production in Hungary, so as to modify the fatty acid composition of milk fat. The application of the feed supplements can be fit in the technology of any farm, even in large scale production systems. Given in suitable quantities, they do not have a harmful effect on milk yield or milk composition, which is an important aspect in Hungarian production. When applying the feed supplements the proportion of saturated as well as monounsaturated and polyunsaturated fatty acids of milk fat can be modified favourably, which might be the base of further developments of food products.

10. Irodalomjegyzék

1. 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. 6. 1. 835-843
2. ALLRED, S.L. – DHIMAN, T.R. – BRENNAND, C.P. – KHANAL, R.C. – MCMAHON, D.J. – LUCHINI, N.D. (2006): Milk and cheese from cows fed calcium salts of palm and fish oil alone or in combination with soybean products. Journal of Dairy Science. 89. 1. 234-248
3. ANTAL, M. – GAÁL, Ö. (1998): Többszörösen telítetlen zsírsavak jelentősége a táplálkozásban. Orvosi Hetilap. 139. 19. 1153-1158
4. ANTAL, E. (2007): Civilizációs betegségek: Mit tehetünk ellenük? Élelmiszer, Táplálkozás és Marketing. 4. 1. 37-40
5. ASTRUP, H.N. – KREKLIN, T. (1979): Ein einfaches Caseingeschütztes Ölsupplements. Milchwissenschaft. 34. 1. 9-10
6. ASTRUP, H.N. – VIK-MO, L. – LINDSTAD, P. – EKERN, A. (1979): Fütterung eines caseingeschützten Ölsupplements in geringen Mengen an Milchkühe. Milchwissenschaft. 34. 5. 291
7. BALDWIN, R.L. – SCHMIT, N.E. – TAYLOR, J. – SHARP, M. (1980): Manipulating metabolic parameters to improve growth rate and milk secretion. Journal of Animal Science. 51. 6. 1416-1428
8. BARNA, M. (2006): A zsírsavak szerepe a táplálkozásfüggő megbetegedések megelőzésében, különös tekintettel az elégtelen n-3 zsírsav ellátottságra. Metabolizmus. 4. 4. 267-272
9. BENCHAAAR, C. – MCALLISTER, T.A. – PETIT, H.V. – CHOUINARD, P.Y. (2014): Whole flax seed and flax oil supplementation of dairy cows fed high-forage or high concentrate diets: Effects on digestion, ruminal fermentation characteristics, protozoal populations and milk fatty acid profile. Animal Feed Science and Technology. 198. 5. 117-129
10. BENITEZ, H.F.I. (1988): Einfluss gestaffelter oraler Gaben geschützter Fette auf verdauungsphysiologische Parameter im Pansen, Ilechymus und Kot des Schaffes. Dissertation, Hannover

11. BERNAL-SANTOS, G. – PERFIELD II, J.W. - BARBANO, D.M. - BAUMAN, D.E. – OVERTON T.R. (2003): Production responses of dairy cows to dietary supplementation with conjugated linoleic acid (CLA) during the transition period and early lactation. *Journal of Dairy Science* 86. 10. 3218-3228
12. BEZARD, J. – BLOND, J.P. – BERNARD, A. – CLOUET, P. (1994): The metabolism and availability of essential fatty acids in animal and human tissues. *Reproduction Nutrition Development*. 34. 6. 539-568
13. BÍRÓ, GY. (2004): Új funkcionális alkotórészek – A rosszindulatú daganatok és az oxidatív degradáció. *Édesipar*. 50. 4. 137-146
14. BÍRÓ, L. – ZAJKÁS, G. – GREINER, E. – SZÓRÁD, I. – VARGA, A. – DOMONKOS, A. – ÁGOSTON, H. – BALÁZS, A. – MOZSÁRY, E. – VITRAI, J. – HERMANN, D. – BOROS, J. – NÉMETH, R. – KÉKI ZS. – MARTOS, É. (2007): Táplálkozási vizsgálat Magyarországon, 2003-2004. *Orvosi Hetilap*. 148. 15. 703-708
15. BÍRÓ, GY. (2008): A hazai zsiradékfogyasztás változásának közegészségügyi hatásai. *Élelmezés Ipar*. 62. 5. 137-141
16. BÍRÓ, GY. – LINDNER, K. (1995) : Tápanyagtáblázat. *Medicina Könyvkiadó*, Budapest. 285
17. BISIG, W. – COLLOMB, M. – BÜTIKOFER, U. – SIEBER, R. – BREGY, M. – ETTER, L. (2008): Saisonale Fettsäurezusammensetzung von Schweizer Bergmilch. *Agrarforschung Schweiz*. 15. 1. 38-43
18. BRADFORD, B.J. - ALLEN, M.S. (2004): Milk fat responses to a change in diet fermentability vary by production level in dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 87. 11. 3800-3807
19. BOCIANOWSKI, J. – MIKOAJCZYK, K. – BARTKOWIAK-BRODA, I. (2012): Determination of fatty acid composition in seed oil of rapeseed (*Brassica napus* L.) by mutated alleles of the FAD3 desaturase genes. *Journal of Applied Genetics*. 53. 1. 27-30
20. BRYDL, E. – JURKOVICH, V. – KÖNYVES, L. – TEGZES L.-né K.I. (2003): Szubklinikai anyagforgalmi betegségek előfordulása tejtermelő tehenészetekben Magyarországon 2001-ben. *Magyar Állatorvosok Lapja*. 125. 7. 393-400
21. BU, D.P. – WANG, J.Q. – DHIMAN, T.R. – LIU, S.J. (2007): Effectiveness of oils rich in linoleic and linolenic acids to enhance conjugated linoleic acid in milk from dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 90. 2. 998-1007

22. BULU, S. – KANBER, G. – TIRINDAZ, C. – KARA, H.H. – MERT, R. – KONUK, M. (2015): Investigation of fatty acids of milk from different cow breeds. *Journal of Food Safety and Food Quality/Archiv für Lebensmittelhygiene*. 66. 6. 168-171
23. BURDGE, G.C. (2004): α -Linolenic acid metabolism in men and women: nutritional and . biological implications. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 7.2. 137-144
24. BURDGE, G.C. – WOOTTON, S.A. (2002): Conversion of α -linolenic acid to eicosapentaenoic, docosapentaenoic and docosahexaenoic acid in young women. *British Journal of Nutrition*. 88. 4. 411-420
25. BURR, G. O. – BURR, M.M. – MILLER, E. S. (1932): On the fatty acids essential in nutrition. *The Journal of Biological Chemistry*. 97. 1. 1-9
26. BURR, M.I. – GILBERT, J.F. – HOLLIDAY, R.M. – ELWOOD, P.C. FEHILY, A.M. – ROGERS, S. SWEETNAM, P.M. – DEADMAN, N.M. (1989): Effects of changes in fat, fish, and fibre intakes on death and myocardial reinfarction: Diet and reinfarction trial (DART). *The Lancet*. 334. 8666. 757-761
27. CALDER, P.C. (2006): n-3 Polyunsaturated fatty acids, inflammation and inflammatory diseases. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 83. (suppl) 1505S-1519S
28. CARROLL, S.M. – DEPETERS, E.J. – TAYLOR, S.J. – ROSENBERG, M. – PEREZ-MONTI, H. – CAPPS, V.A. (2006): Milk composition of Holstein, Jersey and Brown swiss cows in response to increasing levels of dietary fat. *Animal Feed Science and Technology*. 131. 3-4. 451-473
29. CAROPRESE, M. – MARZANO, A. – ENTRICAN, G. – WATTEGEDERA, S. – ALBENZIO, M. – SEVI, S. (2009): Immune response of cows fed polyunsaturated fatty acids under high ambient temperatures. *Journal of Dairy Science*. 92. 6. 2796-2803
30. CAROPRESE, M. – MARZANO, A. – MARINO, R. – GLIATTA, G. – MUSCIO, A. – SEVI, A. (2010): Flaxseed supplementation improves fatty acid profile of cow milk. *Journal of Dairy Sciences*. 93. 6. 2580-2588
31. CARTER, J. (1993): Flax seed as a source of alpha linolenic acid. *Journal of the American College of Nutrition*. 12. 5. 551
32. CASTANEDA-GUTIÉRREZ, E. – DEVETH, M.J. – LOCK, A.L. – DWYER, D.A. – MURPHY, K.D. BAUMAN, D.E. (2007): Effect of supplementation with calcium salts of fish oil on n-3 fatty acids in milk fat. *Journal of Dairy Science*. 90. 9. 4149-4156
33. CHADDHA, A. – EAGLE, K.A. (2015): Omega-3 fatty acids and hearth healt. *Circulation*. 132. 22. 350-352

34. CHAN, J.K. – BRUCE, V.M. – MCDONALD, B.E. (1991): Dietary α -linolenic acid is as effective as oleic acid and linoleic acid in lowering blood cholesterol in normolipidemic man. *American Journal of Clinical Nutrition*. 53. 5. 1230-1234.
35. CHARDIGNY, J-M. DESTAILLATS, F. – MALPUECH-BRUGÉRE, C. – MOULIN, J. – BAUMAND, D.E. – LOCK, A.L. – BARBANO, D.M. – MENSINK, R.P. – BEZELGUES, J-P., CHAUMONT, P. – COMBE, N. – CRISTIANI, I. – JOFFRE, F. – GERMAN, J.B. – DIONISI, F. – BOIRIE, Y. – SÉBÉDIO, J-L. (2008): Do trans fatty acids from industrially produced sources and from natural sources have the same effect on cardiovascular disease risk factors in healthy subjects? Results of the trans fatty acids collaboration (TRANSFACT) study. *American Society for Clinical Nutrition*. 87.3.558-566.
36. CHILLIARD, Y. – FERLAY, A. – DOREAU, M. (2001): Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow's diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acid. *Livestock Production Science*. 70.1-2.31-48
37. 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 output. *Journal of Dairy Science*. 92. 10. 5199-5211
38. COLLOMB, M. – SOLLBERGER, H. – BÜTIKOFER, U. – SIEBER, R. – STOLL, W. – SCHAEREN, W. (2004): Impact of a basal diet of hay and fodder beet supplemented with rapeseed, linseed and sunflowerseed on the fatty acid composition of milk fat. *International Dairy Journal*. 14. 549-559
39. CONNOR, W.E. – NEURINGER, M. – REISBICK, S. (1992): Essential fatty acids: the importance of n-3 fatty acids in the retina and brain. *Nutrition Reviews*. 50. 4. 21-29
40. CONNOR, W.E. (2000): Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 71. (suppl) 171S-175S
41. CÔRTEZ, C. – DASILVA-KAZAMA, D.C. – KAZAMA, R. – GAGNON, N. – BENCHAAAR, C. – SANTOS, G.T.D. ZEOULA, L.M. – PETIT, H.V. (2010): Milk composition, milk fatty acid profile, digestion, and ruminal fermentation in dairy cows fed whole flaxseed and calcium salts of flaxseed oil. *Journal of Dairy Science*. 93.7.3146-3157
42. CRANINX, M. - STEEN, A. - Van LAAR, H. - Van NESPEN, T. - MARTIN-TERESO, J. - De BAETS, B. - FIEVEZ, V. (2008): Effect of lactation stage on the odd- and

- branched-chain milk fatty acids of dairy cattle under grazing and indoor conditions. *Journal of Dairy Science* 91. 7. 2662-2677
43. CSAPÓ, J. – VARGÁNÉ, V.É. – CSAPÓNÉ, K.ZS. – SZAKÁLY, S. (2001): Tej és ejtermékek konjugált linolsav-tartalma I. A tej konjugált linolsav-tartalmát befolyásoló tényezők (Irodalmi feldolgozás). *Acta Agraria Kaposváriensis*. 5. 4. 1.-12
 44. CSAPÓ, J. – CSAPÓNÉ KISS, ZS. (2002): Tej és tejtermékek a táplálkozásban. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 464
 45. CSAPÓ, J. – CSAPÓNÉ KISS, ZS. (2007): Biokémia állattenyésztőknek. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 378
 46. 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
 47. DELORGERIL, M. – REANUD, S. – SALEN, P. – MONJAUD, I. - MAMELLE, N. – MARTIN, J.L. – GUIDOLLET, J. – TOUBOUL, P. – DELAYE, J. (1994): Mediterranean alpha-linolenic acid-rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. *The Lancet*. 343. 8911. 1454-1459.
 48. DEMANDRE, C. – TREMOLIERES, A. – JUSTIE, A.M. – MAZLIAK, O. (1986): Oleate desaturation, in six phosphatidylcholine molecular species from potato tuber microsomes. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA). Lipids and Lipid Metabolism*. 877. 3. 380-386
 49. DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR FETTWISSENSCHAFT (2011): Fettsäurezusammensetzung wichtiger pflanzlicher und tierischer Speisefette und -öle. <http://www.dgfett.de/material/fszus.php>
 50. 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
 51. DOREAU, M. – FERLAY, A. (2015): Linseed: a valuable feedstuff for ruminants. *Oilseeds & fats, Crops and Lipids*. 22. 6. 9-18
 52. DYERBERG, J. – BANG, HO. – HJORNE, N. (1975): Fatty acid composition of the plasma lipids in Greenland Eskimos. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 28. 9. 958-966
 53. DYERBERG, J. - BANG, HO. – STOFERSSON, E. (1978): Eicosapentaenoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis. *The Lancet*. 312. 8081. 117-119

54. DYERBERG, J. - BANG, HO. (1979): Haemostatic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos. *The Lancet*. 314. 8140. 433-436
55. ELGERSMA, A. – ALLEN, G. – VAN DER HOST, H. – MUUSE, B.G. – BOER, H. – TAMMINGA, S. (2004): Quick changes in milk fat composition after transition from fresh grass to a silage diet and effects on consumer health benefits. *Animal Feed Science and Technology*. 117. 1-2. 13-27
56. ELGERSMA, A. - TAMMINGA S. - ELLEN, G. (2006): Modifying milk composition through forage. *Animal Feed Science Technology* 131. 3-4. 207-225
57. EMKEN, E.A. – ADLOF, R.O. – GULLES, R.M. (1994): Dietary linoleic acid influences desaturation and acylation of deuterium-labeled linoleic and linolenic acids in young adult males. *Biochimica et Biophysica Acta*. 1213. 3. 277-288
58. FÉBEL, H. – HUSVÉTH, F. – ANDRÁSOFSZKY, E. – VÁRHEGYI, I. (2002): Új technológia bypass növényi zsír előállítására és a készítmény élettani hatásának vizsgálata. In: 13. Magyar Buiatrikus Kongresszus. 2002. október 10-12. Hajdúszoboszló.
59. FÉBEL, H. – CSAPÓ, J. – HUSZÁR, SZ. – ANDRÁSOFSZKY, E. – MIKLÓS, SZ. – VÁRHEGYI, J. (2004): Különböző zsírkészítmények élettani hatásának vizsgálata juhokban. *Magyar Állatorvosok Lapja*. 126. 7. 395-402
60. FÉBEL, H. – VÁRHEGYI, I. (2007): A tejzsír zsírsav-összetételének módosítása: lehetőségek, korlátok, táplálkozás-élettani szempontok. In: 326. Tudományos Kollokvium. Az MTA Élelmiszertudományi Komplex Bizottsága a Központi Élelmiszertudományi Kutatóintézet és a Magyar Élelmészeti Tudományos Egyesület közös rendezésében. 2007. április 27. Budapest
61. FEARON A.M. - MAYNE, C.S. - BEATTIE, J.A.M. - BRUCE, D.W. (2004): Effect of level of oil inclusion in the diet of dairy cows at pasture on animal performance and milk composition and properties. *Journal of the Science Food and Agriculture*. 84. 6. 497-504
62. FERLAY, A. – MARTIN, B. – LERCH, S. – GOBERT, M. (2010): Effects of supplementation of maize silage diets with extruded linseed, vitamin E and plant extracts rich in polyphenols, and morning v evening milking on milk fatty acid profiles in Holstein and Montbéliarde cow. *Animal*. 4. 4. 624-640
63. FLOWERS, G. – IBRAHIM, S.A. – ABUGHAZALEH, A.A. (2008): Milk fatty acid composition of grazing dairy cows when supplemented with linseed oil. *Journal of Dairy Science*. 91. 2. 722-730

64. FUENTES, M.C. – CALSAMIGLIA, S. – SÁNCHEZ, C. – GONZÁLEZ, A. – NEWBOLD, J.R. – SANTOS, J.E.P. – RODRÍGEZ-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
65. GIVENS, D.I. – KLIEM, K.E. – HUMPHRIES, D.J. – SHINGFIELD, K.J. (2009): Effect of replacing calcium salts of palm oil distillate with rapeseed oil, milled or whole rapeseeds on milk fatty-acid composition in cows fed maize silage-based diets. *Animal*. 3.7.1067-1074.
66. GLASSER, F. – FERLAY, A. – CHILLIARD, Y (2008): Oilseed lipid supplements and fatty acid composition of cow milk: a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*. 91.12.4687-4703.
67. GÓMEZ-CORTÉS, P. – BACH, A. – LUNA, P. – JUÁREZ, M. – DELAFUENTE, M.A. (2009): Effects of extruded linseed supplementation on n-3 fatty acids and conjugated linoleic acid in milk and cheese from ewes. *Journal of Dairy Science*. 92. 9. 4122-4134
68. GONTHIER, C. – MUSTAFA, A.F. – OUELLET, D.R. – CHOUINARD, P.Y. – BERTHIAUME, R. – PETIT, H.V. (2005): Feeding micronized and extruded flaxseed to dairy cows: effects on blood parameters and milk fatty acid composition. *Journal of Dairy Science*. 88.2.748-756.
69. GOODNIGHT, S.H Jr. – HARRIS, W.S. – CONNOR, W.E. – ILLINGWORTH D.R. (1982): Polyunsaturated fatty acids, hyperlipidemia and thrombosis. *Arteriosclerosis*. 2. 2. 87-113
70. GRIINARI, J.M. – BAUMAN, D.E. (1999): Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: *Advances in conjugated linoleic acid research*. Szerk. YURAWECZ, M.P. – MOSSOBA, M.M. – KRAMER, J.K.G. – PARIZA, M.W. NELSON, G.J., AOCS Press, Champaign, IL. 1: 180-200
71. GRUMMER, R.R. (1991): Effect of feed on the composition of milk fat. *Journal of Dairy Science*. 74. 9. 3244-3257
72. GUNDEL, J. (2006): Takarmányozás és élelmiszerminőség. *Állattenyésztés és Takarmányozás. Különszám*. 55. 5-14
73. GUNSTONE, F.D. – HARWOOD, J.L. (2007): Occurrence and Characterisation of oils and fats. In: *The lipid handbook*. Szerk. GUNSTONE, F.D. – HARWOOD, J.L. – DIJKSTRA, A.J., CRC Press, United States of America, 617.

74. GURR, M.J. (1984): The chemistry and biochemistry of plant fats and their nutritional importance. In: Fats in animal nutrition. Szerk. WISEMAN, J., Butterworth-Heinemann, London. 536.
75. GURR, M.J. (1992): Role of fats in food and nutrition. Elsevier Science Publishers Ltd., Barking, UK. 170.
76. HAGEMEISTER, H. – KAUFMANN, W (1979): Verwendungsmöglichkeiten von Fett in der Ernährung von Milchkühen. Übers. Tierernährung. 7. 1-30
77. HAGEMEISTER, H. – VOIGT, J. (2001): Dietary influence on a desirable fatty acid composition in milk from dairy cattle. Journal of Animal Sciences. 10. Suppl.1. 87-103
78. HARBIGE, L.S. (1998): Dietary n-6 and n-3 fatty acids in immunity and autoimmune disease. Proceedings of the Nutrition Society. 57. 4. 555-562
79. HARFOOT, C.G. – HAZLEWOOD, G.P. (1997): Lipid metabolism in the rumen. In: The rumen microbial ecosystem. Szerk: HOBSON, P.N. – STEWART, D.S., Chapman & Hall, London. 719
80. HARVATINE, K.J. – ALLEN, M.S. (2005): The effect of production level on feed intake, milk yield, and endocrine responses to two fatty acid supplements in lacting cows. Journal of Dairy Science. 88. 11. 4018-4027
81. HASSANAT, F. – GERVAIS, R. – BENCHAAAR, C. (2016): Effect of linseed oil supplementation on milk fatty acid profile of dairy cows fed diets based on red clover silage or corn silage. Journal of Animal Science. 95. suppl. 5. 639-645
82. HECK, J.M.L. – vanVALENBERG, H.J.F. – DIJKSTRA, J. – vanHOOIJDONK, A.C.M. (2009): Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. Journal of Dairy Science. 92. 10. 4745-4755
83. HORNYÁK, Z. – KOVÁCS, A.Z. – SZAKÁLY, S. (2005): A fehér-kék belga húsmarhafajta elsőfejésű kolosztrumának összetétele 2. Zsír-sav-összetétel. Tejgazdaság. 65. 1. 15-21
84. HRDINKA, C. – ZOLLITSCH, W. – KNAUS, W. – LETTNER, F. (1996): Effect of dietary fatty acid pattern on melting point and composition of adipose tissues and intramuscular fat of broiler carcasses. Poultry Science. 75. 2. 208-215
85. HURTAUD, C. – FAUCON, F. – CUVREUR, S. – PEYRAUD, J.L. (2010): Linear relationship between increasing amounts of extruded linseed in dairy cow diet and milk fatty acid composition and butter properties. Journal of Dairy Sciences. 93. 4. 1429-1443
86. HURTAUD, C. – DUTREUIL, M. – COPPA, M. – AGABRIEL, C. – MARTIN, B. (2014): Characterization of milk from feeding systems based on herbage or corn silage

- with or without flaxseed and authentication through fatty acid profile. Dairy Science and Technology. 94. 2. 103-123
87. HUZSVAI, L (2004-2010): Biometriai módszerek az SPSS-ben SPSS alkalmazások. Debreceni Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar. 131.
 88. JAKOBSEN, M.U. – BYSTED, A. – ANDERSEN, N.L. – HAITMANN, B.L. – HARTKOPP, H.B. – LETH, T. – OVERVAD, K. – DYERBERG, J. (2006): Intake of ruminant trans fatty acids and risk of coronary heart disease – an overview. Atherosclerosis Supplements. 7.2.9-11.
 89. JENKINS, T.C. – PALMQUIST, D.L. (1984): Effect of fatty acids or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. Journal of Dairy Science. 67. 5. 978-986
 90. JONES, D.F. – WEISS, W.P. – PALMQUIST, D.L. – JANKINS, T.C. (1998): Dietary fish oil for dairy cows. 1./ Effect of milk fatty acids production. Ohio Agricultural Research and Development 163. 101-104
 91. KANG, JX. – LEAF, A. (1996): Antiarrhythmic effects of polyunsaturated fatty acids. Circulation. 94. 7. 1774-1780
 92. KELLY, M.L. – BERRY, J.R. – DWYER, D.A. – GRINARI, J.M. – CHOUINARD, P.Y. VAN AMBURGH, M.E. – BAUMAN, D.E. (1998): Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. The Journal of Nutrition. 128.5.881-885.
 93. KELSEY, J.A. - CORL, B.A. - COLLIER, R.J. - BAUMAN, D.E. (2003): The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. Journal of Dairy Science 86. 8. 2588-2597
 94. KENNELLY, J.J. (1996): The fatty acid composition of milk fat as influenced by feeding oilseed. Animal Feed Science and Technology. 60.3-4.137-152.
 95. KEPLER, C.R. – HIRONS, K.P. – MCNEILL, J.J. – TOVE, S.B. (1971): Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. The Journal of Biological Chemistry. 241. 6. 1350-1353
 96. KGWATALALA, P.M. – IBEAGHA-AWEMU, E. – MUSTAFA, A.F. – ZHAO, X. (2009): Stearoyl-CoA desaturase 1 genotype and stage of lactation influences milk fatty acid composition of Canadian Holstein cows. Animal Genetics 40. 5. 609 615
 97. KINKELA, T. – BEZARD, J. (1993): Les lipides de quelques produits alimentaires congolais. Sciences des Aliments. 13. 3. 567-575

98. KINSELLA, J. E. (1991): α -Linolenic acid: functions and effects on linoleic acid metabolism and eicosanoid-mediated reactions. In: *Advances Food and Nutrition Research*, Academic Press, USA 439
99. KLIEM, K.E. – HUMPHRIES, D.J. – REYNOLDS, C.K. – MORGAN, R. – GIVENS, D.I. (2016): Effect of oilseed type on milk fatty acid composition of individual cows, and also bulk tank milk fatty acid composition from commercial farms. *Animal*. 11. 2. 354-364
100. 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.S. – 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*. 102. 2284-2299
101. KREMER, J.M. (2000): n-3 Fatty acid supplements in rheumatoid arthritis. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 71. (suppl) 349S-351S
102. KRIS-ETHERTON, P.M. – HARRIS, W.S. – APPEL, L.J. (2002): Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *Circulation*. 106. 21. 2747-2757
103. Központi statisztikai Hivatal: Európai lakossági egészségfelmérés, 2014 (2015): Statisztikai tükrök. 29. <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/elef14.pdf>
104. KUKOVICS, S. (2001): A tej szerepe az emberi táplálkozásban. *Új Diéta*. 34.11.2-3.
105. 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.
106. KYLE, D.J. (2001): The large scale production and use of the single cell oil highly enriched in docosahexaenoic acid. In: *Omega-3 fatty acids. Chemistry, Nutrition and Health Effects*. Szerk. SHAHIDI, F. – FINLEY, J.W., American Chemical Society, Washington. 330
107. 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.

108. LERCH, S. – PIRES, J.A.A. – DELAVALD, C. – SHINGFIELD, K.J. – POMIÉS, D. – MARTIN, B. – CHILLIARD, Y. – FERLAY, A. (2015): Rapeseed or linseed in dairy cow diets over 2 consecutive lactations: Effects on adipose fatty acid profile and carry-over effects on milk fat composition in subsequent early lactation. *Journal of Dairy Science*. 98. 2 . 1005-1018
109. 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
110. 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
111. LOCK, A.L. – BAUMAN, D.E. (2004): Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance fatty acids beneficial to human health. *Lipids*. 39. 12. 1197-1206
112. LOFTEN, J.R. – LINN, J.G. – DRACKLEY, J.K. – JENKINS, T.C. – SODERHOLM, C.G. – KERTZ, A.F. (2014): Invited review: Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 97. 8. 4661-4674
113. LOOR, J.J. – FERLAY, A. – OLLIER, A. – DOREAU, M. – CHILLIARD, Y. (2005): Relationship among trans and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. *Journal of Dairy Science*. 88. 2. 726-740
114. MAGYAR TAKARMÁNYKÓDEX, 2004 (3, kötet): 5.1, 6.1., 7.1., 8.1., 9.3., 10.1, 10.3., 11.6. fejezetek
115. MANSBRIDGE, R.J. – BLAKE, J.S. (1997): Nutritional factors affecting the fatty acid composition of bovine milk. *British Journal of Nutrition*. 78. Suppl.1. S37-S47
116. MARTIN, C. – FERLAY, A. – MOSONI, P. – ROCHETTE, Y. – CHILLIARD, Y. – DOREAU, M. (2016): Increasing linseed supply in dairy cows diets based on hay or corn silage: Effect on enteric methane emission, rumen microbial fermentation, and digestion. *Journal of Dairy Science*. 99. 5. 3445-3546
117. MATA, P. – ALVAREZ-SALA, L.A. – RUBIO, M.J. – NUNO, J. – DE OYA, M. (1992): Effects of long-term monounsaturated- vs polyunsaturated-enriched diets on lipoproteins in healthy men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 55. 4. 846-850

118. McDONALD, P. – EDWARDS R.A. – GREENHALGH, J.F.D. – MORGAN, C.A. – SINCLAIR, L.A. – WILKINSON, R.G.(1980): Lipids. In: Animal Nutrition. Verlag Oliver and Boyd, Edinburgh. 712
119. MELE, M. – CONTARINI, G. – CERCACI, L.. – SERRA, A. – BUCCIONI, A. – POVOLO, M. – CONTE, G. – FUNARO, A. – BANNI, S. – LERCKER, G. – SECCHIARI, P. (2011): Enrichment of pecorino cheese with conjugated linoleic acid by feeding dairy ewes with extruded linseed: Effect on fatty acid and triglycerides composition and on oxidative stability. International Dairy Journal. 21. 5. 365-372
120. MILLER, N. - DELBECCHI, L. – PETITCLERC, D. – WAGNER, G.F. – TALBOT, B.G. – LACASSE, P. (2006): Effect of stage of lactation and parity on mammary gland cell renewal. Journal of Dairy Science. 89. 12. 4669-4677
121. 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. 152. 3-4. 232-242
122. MORALES, M.S. – PALMQUIST, D.L. – WEISS, W.P.(2000): Milk fat composition of Holstein and Jersey cows with control od depleted copper status and fed whole soybeans or tallow. Journal of Dairy Science. 83. 9. 2112-2119
123. MORTENSEN, J.Z. – SCHMID, E.B. – NIELSEN, A.H. – DYERBERG, J.(1983): The effect of n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids on hemostasis, blood lipids and blood pressure. Thrombosis and Haemostasis. 50. 2. 543-546
124. MURPHY, J.J. – MCNEIL, G.P. - CONOLLY, J.F. – GLEESONAL, P.A. (1990): Effect on cow performance and milk fat composition of including full fat soyabeans and rapeseeds int he concentrate mixture for lactating dairy cows. Journal of Dairy Research. 57. 3. 295-306
125. 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
126. 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
127. MURPHY, J.J. – COAKLEY, M. – STANTON, C. (2008): Supplementation of dairy cows with fish oil containing supplement and sunflower oil to increase the CLA content of milk produced at pasture. Livestock Science. 116. 332-337.

128. MUSTAFA, A.F. – CHOUINARD, P.Y. – CHRISTENSE, D.A. (2003): Effects of feeding micronised flaxseed on yield and composition of milk from Holstein cows. *Science of Food and Agriculture*. 83.9.920-926.
129. NEVEU, C. – BAURHOO, B. – MUSTAFA, A. (2014): Effect of feeding extruded flaxseed with different grains on the performance of dairy cows and milk fatty acid profile. *Journal of Dairy Science*. 97.3.1543-1551.
130. OOMAH, B.D. – MAZZA, G. (1998): Flaxseed products for disease prevention. In: *Functional Foods. Biochemical & Processing Aspects*. Szerk. MAZZA, G., Technomic Publishing Company, Inc. Lancaster, Pennsylvania, United States of America. 439
131. OBA, M. – THANGAVELU, G. – DEHGHAN-BANADAKY, M. – AMBROSE D.J. (2009): Unprocessed whole flaxseed is as effective as dry-rolled flaxseed at increasing α -linolenic concentration in milk of dairy cows. *Livestock Science*. 122. 1. 73-76
132. OKSANEN, H.E. – THAFVELIN, B. (1965): Fatty acid composition of hay. *Journal of Dairy Science*. 48. 10. 1305-1309
133. ORDONICS, Á.M. – SZABÓ, SZ. (2008): Nagyító alatt a tejtermék-imitátumok. *Új Diéta*. 8. 3-4. 39-42
134. PAJOR, F. – GALLO, O. – LÁCZÓ, E. – PÓTI, P. (2009): Hazánkban elterjedt kecske és szarvasmarha fajták tejének ásványi anyag és zsírsav-összetétele. *Acta Agraria Kaposváriensis*. 13. 1. 57-66
135. PALMQUIST, D.L. – JENKINS, T.C. (1980): Fat in lactation rations. Review. *Journal of Dairy Science*. 63. 1. 1-14
136. PALMQUIST, D.L. – BEAULIEU, A.D. – BARBANO, D.M. (1993): Feed and animal factors influencing milk fat composition. *Journal of Dairy Science*. 76. 6. 1753-1771
137. PARODI, P.W. (1977): Conjugated octadecadienoic acids of milk fat. *Journal of dairy science*. 60. 10. 1550 1553
138. PERÉDI, J. (2002): A hazai lakosság alacsony n-3 zsírsavelátottságának javítási lehetőségei. *Olaj, Szappan, Kozmetika*. 51. 2. 45-49
139. 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.

140. 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
141. PETIT, H.V. – GERMIQUET, C. – LEBEL, D. (2004): Effect of feeding whole, unprocessed sunflower seeds and flaxseed on milk production, milk composition, and prostaglandin secretion in dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 87. 11. 3889-3898
142. PETIT, H.V. – GAGNON, N. (2009): Milk concentrations of the mammalian lignans enterolactone and enterodiol, milk production, and whole tract digestibility of dairy cows fed diets containing different concentrations of flaxseed meal. *Animal Feed Science and Technology*. 152. 1-2. 103-111
143. PETIT, H.V. - CÔRTES, C. (2010): Milk production and composition, milk fatty acid profile, and blood composition of dairy cows fed whole or ground flaxseed in the first half of lactation. *Animal Feed Science and Technology*. 158. 1-2. 36-43
144. PETIT, H.V. (2015): Milk production and composition, milk fatty acid profile, and blood composition of dairy cows fed different proportions of whole flaxseed in the first half of lactation. *Animal Feed Science and Technology*. 205. 23-30
145. PI, Y. – GAO, S.T. – MA, L. – ZHU, Y.X. – WANG, J.Q. – XU, J.C. – BU, D.P. (2016): Effectiveness of rubber seed oil and flaxseed oil to enhance the α -linolenic acid content in milk from dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 99. 7. 5719-5730
146. PRECHT, D. – MOLKENTIN J. (2000): Frequency distributions of conjugated linoleic acid and trans fatty acid content in European bovine milk fats. *Milchwissenschaft*. 55. 687-691
147. REGO, O.A. – ALVES, S.P. – ANTUNES, M.S. – ROSA, H.J.D. – ALFAIA, C.F. – PRATES, J.A.M. – CABRITA, A.R.J. – FONSECA, A.J.M.- -BESSA, R.J.B. (2009): Rumen biohydrogenation-derived fatty acids in milk fat from grazing dairy cows supplemented with rapeseed, sunflower, or linseed oils. *Journal of Dairy Science*. 92. 9. 4530-4540
148. RIBÁCS, A. – SCHMIDT, J. (2006): Lenolajalapú Ca-szappan felhasználása a tehéntej zsírsavösszetételének módosítására. *Acta Agronomica Óvariensis*. 48. 1. 73-86
149. SALAMON, R. – SZAKÁLY, S. – SZAKÁLY, Z. – CSAPÓ, J. (2005): Konjugált linolsav (CLA) tejtermékek – humánegészség. 1. Alapismeretek és CLA a tejben. *Tejgazdaság*. 65. 2. 4-13

150. SAMKOVÁ, E. – ŠPIČKA, J. – PEŠEK, M. – PELIKÁNOVÁ, T. – HANUŠ, O. (2012): Animal factors affecting fatty acid composition of cow milk fat: A review. *South African Journal of Animal Science*. 42. 2. 83-100
151. SANTILO, A. – CAROPRESE, M. – MARINO, R. – D'ANGELO, F. – SEVI, A. – ALBENZIO, M (2016): Fatty acid profile of milk and Caciocotta cheese from Italian Simmental cows as affected by dietary flaxseed supplementation. *Journal of Dairy Science*. 99. 4. 2545-2551
152. SCHMIDT, J. – CENKVÁRI, É. – KASZÁS, I. – SIPŐCZ, J. (1993): A bendőben kismértékben lebomló "védett" zsírkészítmény kifejlesztése. OMFB zárójelentés
153. SCHMIDT, J. (1999): A takarmányok minőségét befolyásoló tényezők és hatásuk az állati termékek minőségére. "Agro-21" füzetek. Az agrárgazdaság jövőképe. 30. 20-27
154. 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
155. SCHMIDT, J. (2006): Takarmányozás és a tej minősége. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. Különszám. 55. 33-40
156. 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
157. SCHMIDT, J. – ZSÉDELY, E. (2011): Tejelő tehenek takarmányozása. In.: *Kérődző állatok takarmányozása*. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0059_kerodzik_takarmanyozasa/ch07.html
158. SECCHIARI, P. – MELE, M. – SERRA, A. – BUCCIONI, A. – PAOLETTI, F. – ANZONGIOVANNI, M. (2003): Effect of breed, parity and stage of lactation on milk onjugated linoleic acid content in Italian Friesian and Reggiana cows. *Italian Journal of Animal Science*. 2. Supp.1. 269-271
159. SHINGFIELD, K.J. – CHILLIARD, Y. – TOIVONEN, V. – KAIRENIUS, P. – GIVENS, D.I. (2008): Trans fatty acid and bioactive lipids in ruminant milk. In: *Bioactive Components of Milk*. Szerk. BÖSZE, ZS., Springer, New York. 606.
160. SIMOPOULUS, A.P. (1988): $\omega 3$ fatty acids in growth and development and in health and disease. Part II: the role of $\omega 3$ fatty acids in health and disease: dietary implications. *Nutrition Today*. 23. 3. 8-12

161. SIMOPOULUS, A.P. (1991): Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 54. 3. 438-463
162. SIMOPOULUS, A.P. (2002a): The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 56. 8. 365-379
163. SIMOPOULUS, A.P. (2002b): Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. *Journal of the American College of Nutrition*. 21. 6. 495-505
164. SIMOPOULUS, A.P. (2008): The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiocascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*. 233. 6. 674-688
165. SINGER, P. (1995): Was und wie wirken Omega-3-Fettsäuren? In: 44 Fragen, 44 Antworten. *Umschau-Zeitschr.-Verlag Breidenstein, Frankfurt*. 216
166. SOYEURT, H. – DARDENNE, P. – DEHARENG, F. – BASTIN, C. – GENGLER, N. (2008): Genetic parameters of saturated and monounsaturated fatty acid content and the ratio of saturated to unsaturated fatty acids in bovine milk. *Journal of Dairy Science*. 91. 9. 3611-3626
167. STEELE, W. – NOBLE, R.C. – MORRE, J.H. (1971): The effects of 2 methods of incorporating soybean oil into the diet on milk yield and composition in the cow. *Journal of Dairy Research*, 38. 1. 43-48
168. STOOP, W.M. – BOVENHUIS, H. – HECK, J.M.L. – vanARENDONK, J.A.M. (2009): Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian cows. *Journal of Dairy Science*. 92.4.1469-1478.
169. SUKHIJA, P.S. – PALMQUIST, D.L. (1990): Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. *Jorunal of Dairy Science*. 73.7.1784-1787.
170. SUKSOMBAT, W. – THANH, L.P. – MEEPROM, C. – MIRATTANAPHRAI, R. (2014): Effect of linseed oil or whole linseed supplementation on performance and milk fatty acid composition of lactating dairy cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 27.7.951-959.
171. SVÁB, J. (1981): Biometriai módszerek a kutatásban. *Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*. 557
172. SZABÓ, P. (2006): A mangalica és más genotípusú sertések zsírszövetének zsírsav-összetétele. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 55. 3. 293-311
173. SZAKÁLY, Z. (2006): A táplálkozásmarketing új irányai. *Élelmiszer, Táplálkozás és Marketing*. 3. 1. 3-12

174. SZAKÁLY, Z. – SZIGETI, O. – SZENTE, V. (2008): Fogasztói attitűdök táplálkozási előnyökkel kapcsolatban. Bulletin of the Szent István University. Special Issue. I. 187-198
175. SZEITZ-SZABÓ, M. – BÍRÓ, L. – BÍRÓ, GY. – SALI, J. (2009): Dietary survey in Hungary, 2009 part I. Macronutrients, alcohol, caffeine, fibre. Acta Alimentaria. 40. 1. 142-152
176. SZENTE, V. – SZAKÁLY, Z. (2005): Ökotej-termelés és –fogasztás a táplálkozástudományi kutatások tükrében. Élelmiszer, Táplálkozás, és Marketing. 1-2. 21-27
177. SZÜCS, 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
178. THEURER, M.L. – BLOCK, E. – SANCHEZ, W.K. – MCGUIRE, M.A. (2009): Calcium salts of polyunsaturated fatty acids deliver more essential fatty acids to the lactating dairy cow. Journal of Dairy Science. 92. 5. 2051-2056
179. THOMSON, N.A. - VAN der POEL, W. - PETERSON, S.W. (2000): Seasonal variation of the fatty acid composition of milk fat from Friesian cows grazing pasture. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 60. 314-317
180. TÓTH, T. – VISZKET, E. – CSAVAJDA, É. – TANAI, A. – FÉBEL, H. (2011): Halolaj alapú védett zsírkészítmény bendőbeli lebomlásának és a tehenek tejtermelésére és a tej összetételére gyakorolt hatásának vizsgálata. Állattenyésztés és Takarmányozás. 60. 4. 411-427
181. VÁRHEGYI, J.-né. – VÁRHEGYI, J. (1992): Zsírkiegészítés hatása a táplálóanyagok emészthetőségére juhokban. Állattenyésztés és Takarmányozás. 41. 6. 527-532
182. 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-kiegészítés esetén. Állattenyésztés és Takarmányozás. 56. 343-354
183. VISZKET, E. – ZSÉDELY, E. – TANAI, A. – VARGA, L. – TÓTH, T. (2010): Az évszak hatása a tehéntej zsírsav-összetételére. Tejgazdaság. 70. 15-21.
184. VISZKET, E. – CSAVAJDA, É. – VARGA, L. – TANAI, A. – TÓTH, T. (2011): Adatok a Nyugat-magyarországi nyers tejminták zsírsav-összetételére vonatkozóan. Acta Agraria Kaposváriensis. 15. 11-21

185. WACHIRA, A.M. – SINCLAIR, L.A. – WILKONSON, R.G. – HALLETT, K. – ENSER, M. – WOOD, J.D. (2000): Rumen biohydrogenation of n-3 polyunsaturated fatty acids and their effects on microbial efficiency and nutrient digestibility in sheep. *Journal of Agricultural Science*. 135. 4. 419-428.
186. WAHRBURG, U. (2004): What are the health effects of fat? *European Journal of Nutrition*. 43. Suppl. 1. I/6-I/11
187. WARD, A.T. – WITTENBERG, K.M. – PRZYBYLSKI, R. (2002): Bovine milk fatty acid profiles produced by feeding diets containing solin, flax and canola. *Journal of Dairy Science*. 85. 5. 1191-1196
188. WEISBJERG, M.R. – LARSEN, M.K. – HYMØLLER, L. – THORHAUGE, M. – KIDMOSE, U. – NIELSEN, J.H. – ANDERSEN, J.B. (2013): Milk production and composition in Danish Holstein, Danish Red, and Danish Jersey cows supplemented with saturated or unsaturated fat. *Livestock Science*. 155.1.60-70.
189. WHITE, S.L. – BERTAND, J.A. – WADE, M.R. – WASHBURN, S.P. – GREEN, J.T. Jr. – JENKINS, T.C. (2001): Comparison of fatty acid content of milk from Jersey and Holstein cows consuming pasture or total mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 84. 10. 2295-2301
190. WHITEHEAD, C.C. (1984): Essential fatty acids in poultry nutrition. In: *Fats in Animal Nutrition*. Szerk: WISEMAN, J. Butterworths, London. 166
191. WOOD, P.D.P. (1969): Factors affecting the shape of the lactation curve in cattle. *Animal Science*. 11.3. 307-316
192. WOOLPERT, M.E. – DANN, H.M. – COTANCH, K.W. – MELILLI, C. – CHASE, L.E. – GRANT, R.J. – BARBANO, D.M. (2016): Management, nutrition, and lactation performance are related to bulk tank milk de novo fatty acid concentration on northeastern US dairy farms. *Journal of Dairy Science*. 99. 10. 8486-8497
193. ZACHUT, M. – ARIELI, A. – LEHRER, H. – LIVSHITZ, L. – YAKOBY, S. – MOALLEM, U. (2010): Effects of increased supplementation of n-3 fatty acids to transition dairy cows on performance and fatty acid profile in plasma, adipose tissue, and milk fat. *Journal of Dairy Science*, 93. 12. 5877-5889
194. ZAJKÁS, G. (2004): Magyarország Nemzeti Táplálkozáspolitikája. OÉTI. Budapest
195. ZAJKÁS, G. – BÍRÓ, L. (2008): Adatok az alfa-linolénsavról. In: Magyar Táplálkozástudományi Társaság XXXIII. Vándorgyűlése. 2008. október 2-4. Pécs.

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/aeer/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 tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.



Debrecen, 2018.04.11.

Mellékletek

1. táblázat: A kísérlet során etetett hidegen sajtolt lenmag, full fat lenmag és full fat repcemag kémiai összetétele és táplálóanyag-tartalma

Megnevezés	Hidegen sajtolt lenmag	Full fat lenmag	Full fat repcemag
Eredeti szárazanyag (%)	92,1	93,6	92,8
Nyersfehérje (g/kg sz.a.)	347	231	285
Nyerszsír (g/kg sz.a.)	107	432	361
Nyersrost (g/kg sz.a.)	62	63	63
Nyershamu (g/kg sz.a.)	118	34	46
N.mentes kiv. anyag	365	240	243
MFE (g)	179	80	84
MFN (g)	239	155	133
Nel (Mj/kg sz.a.)	8,59	11,98	11

2. táblázat: A hidegen sajtolt lenmaggal az „A” telepen folytatott etetési kísérlet során etetett takarmányadag összetétele és a napi adag táplálóanyag-tartalma

Alapanyag	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz
	kg/tehén/nap	
Silókukorica szilázs	20,0	20,0
Lucerna szenázs	5,0	5,0
Lucerna széna	4,6	4,6
Fűszenázs	3,0	3,0
Kukoricatörköly	5,0	5,0
Kukorica dara	1,6	1,6
Tejelőtáp	6,8	6,8
Hidegen sajtolt lenmag	0	2
Összesen	46,0	48,0
A napi adag táplálóanyag-tartalma		
Száranyag (kg)	22,15	23,90
NE ₁ (MJ)	143,58	159,40
NE ₁ (MJ/kg sz.a.)	6,50	6,60
MFE (g)	1852	2182
MFN (g)	1963	2403
Fehérjemérleg	111	221
Nyers fehérje (g)	3445,50	4085,50
Nyers fehérje a sz.a.-ban (%)	15,55	17,03
Nyers rost (g)	4132	42446,20
Nyers rost a sz.a.-ban (%)	18,70	17,70
Nyers zsír (g)	804,80	1002,80
Nyers zsír a sz.a.-ban (%)	3,63	4,18

3. táblázat: A hidegen sajtolt lenmaggal az „B” telepen folytatott etetési kísérlet során etetett takarmányadag összetétele és a napi adag táplálóanyag-tartalma

Alapanyag	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz
	kg/tehén/nap	
Silókukorica szilázs	18,0	18,0
Lucerna szenázs	3,0	30
Lucerna széna	3,0	3,0
Répaszelet, nedves	4,0	4,0
Sörtörköly	4,0	4,0
Gyapotmag	1,2	1,2
Tejelőtáp 1.	11,0	11,0
Tejelőtáp 2.	2	2
Hidegen sajtolt lenmag	0	2
Összesen	46,2	48,2
A napi adag táplálóanyag-tartalma		
Szárazanyag (kg)	25,40	27,20
NE ₁ (MJ)	177,50	193,30
NE ₁ (MJ/kg sz.a.)	6,7	7,1
MFE (g)	2501	2831
MFN (g)	2702	3142
Fehérjemérleg	201	311
Nyers fehérje (g)	4293,40	4933,40
Nyers fehérje a sz.a.-ban (%)	16,90	18,10
Nyers rost (g)	4242,00	4356,00
Nyers rost a sz.a.-ban (%)	16,70	16,00
Nyers zsír (g)	1032,50	1230,50
Nyers zsír a sz.a.-ban (%)	4,07	4,50

4. táblázat: A hidegen sajtolt lenmaggal az „C” telepen folytatott etetési kísérlet során etetett takarmányadag összetétele és a napi adag táplálóanyag-tartalma

Alapanyag	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz
	kg/tehén/nap	
Silókukorica szilázs	16	16
Csemegecsuhé szilázs	16	16
Fűszénázs	2	2
Zabos fűszilázs	2	2
Lucernaszenázs	5	5
Abrak keverék	8,5	8,5
Hidegen sajtolt lenmag	0	2
Összesen	49,5	51,5
A napi adag táplálóanyag-tartalma		
Szárazanyag (kg)	19,78	21,62
NE ₁ (MJ)	143,00	158,82
NE ₁ (MJ/kg sz.a.)	7,20	7,30
MFE (g)	1748	2078
MFN (g)	1777	2217
Fehérjemérleg	29	139
Nyers fehérje (g)	2773,00	3413,00
Nyers fehérje a sz.a.-ban (%)	14,02	15,80
Nyers rost (g)	3394,00	3508,00
Nyers rost a sz.a.-ban (%)	17,16	16,20
Nyers zsír (g)	1803,00	2001,00
Nyers zsír a sz.a.-ban (%)	9,11	9,20

5. táblázat: A full fat lenmag etetési kísérlet során etetett takarmányadag összetétele és a napi adag táplálóanyag-tartalma

Alapanyag	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz
	kg/tehén/nap	
Silókukorica szilázs	18,0	18,0
Lucerna szenázs	3,0	3,0
Lucerna széna	5,0	5,0
Olaszperje	4,0	4,0
Kukoricatörköly	6,0	6,0
Réti széna	1,2	1,2
Árpa szalma	0,4	0,4
Kukorica dara	1,8	1,8
Tejelőtáp	6,0	6,0
Full fat lenmag	0	1
Összesen	46,4	47,4
A napi adag táplálóanyag-tartalma		
Szárazanyag (kg)	24,34	25,28
NE ₁ (MJ)	156,89	168,10
NE ₁ (MJ/kg sz.a.)	6,44	6,65
MFE (g)	2305	2380
MFN (g)	2491	2636
Fehérjemérleg	186	256
Nyers fehérje (g)	4139,70	4355,70
Nyers fehérje a sz.a.-ban (%)	17,00	17,23
Nyers rost (g)	5045,00	5104,00
Nyers rost a sz.a.-ban (%)	20,72	20,19
Nyers zsír (g)	948,00	1352,00
Nyers zsír a sz.a.-ban (%)	3,89	5,35

6. táblázat: A full fat repcemag etetési kísérlet során etetett takarmányadag összetétele

és a napi adag táplálóanyag-tartalma

Alapanyag	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz
	kg/tehén/nap	
Silókukorica szilázs	17,0	17,0
Lucerna szenázs	3,0	3,0
Réti széna	0,5	0,5
Lucerna széna	2,0	2,0
Répaszelet, nedves	5,0	5,0
Sörtörköly	5,0	5,0
Glicerín	0,3	0,3
Tejelőtáp1	2,5	2,5
Tejelőtáp 2.	9,5	9,5
Full fat repcemag	0	1
Összesen	44,8	45,8
A napi adag táplálóanyag-tartalma		
Szárazanyag (kg)	24,70	25,60
NE ₁ (MJ)	165,80	176,00
NE ₁ (MJ/kg sz.a.)	6,70	6,90
MFE (g)	2474	2552
MFN (g)	2630	2753
Fehérjemérleg	155	200
Nyers fehérje (g)	4162,10	4427,10
Nyers fehérje a sz.a.-ban (%)	16,80	17,30
Nyers rost (g)	4406,20	4465,20
Nyers rost a sz.a.-ban (%)	17,80	17,40
Nyers zsír (g)	872,20	1207,20
Nyers zsír a sz.a.-ban (%)	3,50	4,70

7. táblázat: A full fat lenmaggal az „A” telepen folytatott etetési kísérlet során etetett takarmányadag összetétele és a napi adag táplálóanyag-tartalma

Alapanyag	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz
	kg/tehén/nap	
Silókukorica szilázs	24,0	24,0
Lucerna szenázs	6,4	6,4
Lucerna széna	4,4	4,4
Olaszperje szilázs	6,4	6,4
Sörtörköly	4,4	4,4
Réti széna	0,6	0,6
Tejelőtáp	9,2	9,2
Hunilac B	1,0	1,0
Full fat lenmag	0	1,5
Összesen	56,4	57,9
A napi adag táplálóanyag-tartalma		
Szárazanyag (kg)	26,20	27,60
NE _I (MJ)	162,72	179,50
NE _I (MJ/kg sz.a.)	6,20	6,50
MFE (g)	2475	2570
MFN (g)	2539	2757
Fehérjemérleg	82	187
Nyers fehérje (g)	4272,50	4596,50
Nyers fehérje a sz.a.-ban (%)	16,31	16,66
Nyers rost (g)	5451,5	5540,00
Nyers rost a sz.a.-ban (%)	20,80	20,10
Nyers zsír (g)	872,80	1478,80
Nyers zsír a sz.a.-ban (%)	3,33	5,40

8. táblázat: A full fat lenmaggal az „B” telepen folytatott etetési kísérlet során etetett takarmányadag összetétele és a napi adag táplálóanyag-tartalma

Alapanyag	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz
	kg/tehén/nap	
Silókukorica szilázs	20,0	20,0
Lucerna szenázs	4,0	4,0
Lucerna széna	3,0	3,0
Réti széna	1,0	10
Amygold40	4,0	4,0
Melavite SG95	0,8	0,8
VTK1630	1,5	1,5
Tejelőtáp 1.	1,0	1,0
Tejelőtáp 2.	8,5	8,5
Full fat lenmag	0	1
Összesen	43,8	44,8
A napi adag táplálóanyag-tartalma		
Szárazanyag (kg)	24,70	25,60
NE ₁ (MJ)	166,10	177,30
NE ₁ (MJ/kg sz.a.)	6,70	6,90
MFE (g)	2389	2464
MFN (g)	2533	2678
Fehérjemérleg	143	214
Nyers fehérje (g)	4054,00	4270,10
Nyers fehérje a sz.a.-ban (%)	16,40	16,70
Nyers rost (g)	3889,80	3948,80
Nyers rost a sz.a.-ban (%)	15,70	15,40
Nyers zsír (g)	728,70	1132,70
Nyers zsír a sz.a.-ban (%)	2,90	4,40

Köszönetnyilvánítás

Ezúton köszönöm témavezetőimnek, **Prof. Dr. Csapó János** egyetemi tanárnak, és **Dr. Béri Béla** egyetemi docensnek, hogy irányították a szakmai munkámat és értékes tanácsokkal láttak el. Köszönöm a disszertáció összeállításához nyújtott segítségüket, építő jellegű kritikáikat.

Köszönettel tartozom **Madar Lászlónak** a Biharnagybajomi Dózsa Agrár Zrt. szarvasmarha ágazat vezetőjének, **Sápy Bélának**, a Földes Rákóczi Mezőgazdasági Kft. szarvasmarha ágazat vezetőjének, és **Némethy Ferencnek** a Szikgát-Tej Kft. telepvezetőjének a vizsgálatok során nyújtott segítségükért és adatokért. Köszönöm a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Analitikai Laboratórium dolgozóinak, valamint a Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma MÉK Agrárműszerközpont laboratórium munkatársainak a vizsgálatokat.

Köszönöm **Dr. habil. Horváth József** dékán úrnak és **Dr. Majzinger István** intézetvezető úrnak, hogy támogattak.

Köszönöm **Prof. Szűcsné Dr. Péter Juditnak**, **Mikó Józsefné Dr. habil. Jónás Editnek**, **Kopunovicsné Bodor Mártának**, hogy segítettek a dolgozat elkészítésében.

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2018.....

.....
a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy doktorjelölt 20.....-20..... között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal/irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom/javasoljuk.

Debrecen, 2018.....

.....
témavezető

.....
témavezető