

**DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS**

**VISZKET ERNA**

**MOSONMAGYARÓVÁR  
2011**

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM  
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR**

**UJHELYI IMRE ÁLLATTUDOMÁNYI  
DOKTORI ISKOLA**

**GAZDASÁGI ÁLLATOK TÁPLÁLÓANYAGELLÁTÁSÁNAK  
JAVÍTÁSA  
PROGRAM**

**DOKTORI ISKOLAVEZETŐ:  
DR. BENEDEK PÁL  
EGYETEMI TANÁR**

**TÉMAVEZETŐ:  
DR. TÓTH TAMÁS  
EGYETEMI DOCENS**

**A TEHÉNTÉJ N-3 ZSÍRSAV TARTALMÁNAK  
NÖVELÉSE TAKARMÁNYOZÁS ÚTJÁN**

**KÉSZÍTETTE:  
VISZKET ERNA**

**MOSONMAGYARÓVÁR  
2011**

**A TEHÉNTÉJ N-3 ZSÍRSAV TARTALMÁNAK NÖVELÉSE TAKARMÁNYOZÁS  
ÚTJÁN**

Írta:  
**VISZKET ERNA**

**Készült a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság és Élelmiszertudományi  
Kar Ujhelyi Imre Állattudományi Doktori Iskola  
Gazdasági állatok táplálóanyagellátásának javítása programja keretében**

**Témavezető: Dr. Tóth Tamás**

**Elfogadásra javaslom (igen / nem)**

**(aláírás)**

**A jelölt a doktori szigorlaton.....%-ot ért el,**

**Mosonmagyaróvár, .....**

.....  
**a Szigorlati Bizottság Elnöke**

**Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)**

**Első bíráló (Dr. ....) igen/nem**

**(aláírás)**

**Második bíráló (Dr. ....) igen/nem**

**(aláírás)**

**Esetleg harmadik bíráló (Dr. ....) igen/nem**

**(aláírás)**

**A jelölt az értekezés nyilvános vitáján .....%-ot ért el.**

**Mosonmagyaróvár, .....**

**A Bírálóbizottság elnöke**

**Doktori (PhD) oklevél minősítése.....**

**Az EDT elnöke**

# „A TEHÉNTÉJ N-3 ZSÍRSAV TARTALMÁNAK NÖVELÉSE TAKARMÁNYOZÁS ÚTJÁN”

## Kivonat

A szerző 2 éves vizsgálatsorozatban értékelte a nyugat-magyarországi régióban található sajtüzembe beszállított elegytej minták fontosabb táplálóanyag tartalmát és zsírsavprofilját. Megállapította, hogy a hazai tejminták a táplálkozás-élettani szempontból fontos n-3 zsírsavakat (pl. linolénsav-C18:3; dokozapentaénsav-C22:5), továbbá a c9,t11-C18:2-t (konjugált linolsav, CLA) a nemzetközi szakirodalomban közöltekénél kisebb koncentrációban tartalmazzák.

Kutatómunkája során *in situ* és bendőfermentációs modellvizsgálatokat végzett két burkolásos technológiával előállított, halolaj alapú omega-3 készítménnyel. A speciális zsírsav-összetételű, bendővédett kiegészítők hatékonyságát a tejelő tehenek takarmányozásában eltérő tömegetakarmány bázis mellett (kukoricaszilázs-lucernaszenázs; fűszénázs-lucernaszenázs) értékelte. Megállapította, hogy az etetett kísérleti takarmányadagok hatására a tejsírban szignifikáns mértékben ( $P < 0,05$ ) nőtt a fontosabb n-3 zsírsavak (pl. C18:3, C20:5, C22:5) és a vizsgált CLA izomerek (pl. c9,t11-C18:2; t10,c12-C18:2) részaránya. A kísérleti takarmányadagok etetését követően mért kiugróan magas transz-zsírsav (TFA) mennyiség fokozatosan csökkenő tendenciát mutatott. Ez felhívja a figyelmet arra, hogy az olyan típusú kísérletekben, ahol a tej zsírsavösszetétel módosítása a fő cél, célszerű hosszabb vizsgálati szakaszt beiktatni.

# IMPROVING N-3 FATTY ACID CONTENT OF BOVINE MILK

## Abstract

Some important nutrient contents and the fatty acid profile of bulk milk samples delivered to a cheese factory located in western part of Hungary were evaluated in a 2-year-long study. Results confirmed that milks from Hungarian cattle farms appear to be lower in nutritionally beneficial n-3 fatty acids (e.g. linolenic acid-C18:3; docosapentaenoic acid C22:5) and c9,t11-C18:2 (conjugated linoleic acid, CLA) compared to international scientific literature.

*In situ* and rumen fermentation model studies were carried out using two fish oil based omega-3 products produced by different coating technology. The efficiency of rumen protected supplements with special fatty acid compositions was evaluated using different preserved fodder based diets (maize silage-alfalfa haylage; grass haylage-alfalfa haylage) in dairy cows feeding. It was stated, that the experimental diets significantly ( $P < 0.05$ ) improved the rate of the most important n-3 fatty acids (e.g. C18:3, C20:5, C22:5) and the tested CLA isomers (e.g. c9,t11-C18:2; t10,c12-C18:2) in milk fat. The high concentration of trans-fatty acids (TFA) measured after feeding experimental diets showed a gradually decreasing trend. This draws attention to the experiments of which aim is to modify the fatty acid composition of milk it is advisable to use longer experimental period.

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>1. BEVEZETÉS .....</b>	<b>1</b>
<b>2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....</b>	<b>3</b>
2.1. AZ N-3 ZSÍRSAVAK HUMÁNEGÉSZSÉG-ÜGYI JELENTŐSÉGE.....	3
2.1.1. Ajánlások az n-3 zsírsav bevitelre.....	4
2.2. A TEJ ZSÍRTARTALMÁT ÉS ZSÍRSAV-ÖSSZETÉTELÉT BEFOLYÁSOLÓ FONTOSABB TÉNYEZŐK .....	5
2.2.1. Takarmányozás .....	5
2.2.2. Évszakhatás.....	7
2.2.3. Laktációs stádium .....	9
2.2.4. Fejés hatása .....	10
2.2.5 Fajta jelleg hatása .....	10
2.3. A TEJ ZSÍRSAV-ÖSSZETÉTELÉNEK MÓDOSÍTÁSA TAKARMÁNYOZÁS ÚTJÁN .....	12
2.3.1. A takarmányadag összetételének hatása .....	14
2.3.2. Zöldtakarmányozás .....	17
2.3.3. Legeltetés .....	18
2.3.3.1. Legeltetés vs. tartósított tömegtakarmány alapú TMR etetés .....	20
2.3.3.2. A legeltetés és a zsírkiegészítés együttes hatása .....	22
2.3.4. Különböző zsírforrások és -készítmények felhasználása a tej zsírsav- összetételének módosítására .....	22
2.3.4.1. A védett zsírforrások rövid jellemzése .....	22
2.3.4.2. A telítetlen zsírforrások és -készítmények etetésének hatása a bendőműködésre .....	25
2.3.4.3. A telítetlen zsírforrások és -készítmények etetésének hatása a tej táplálóanyag- tartalmára és zsírsav profiljára .....	28
Ca-szappan .....	32
A halolaj önálló és kombinált etetése .....	34
<b>3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK .....</b>	<b>37</b>
3.1. A KÍSÉRLETEK CÉLKITŰZÉSE.....	37

3.2. A NYUGAT-MAGYARORSZÁGI RÉGIÓ TEHENÉSZETI TELEPEIN TERMELT TEJ ZSÍRSAV PROFILJÁNAK VIZSGÁLATA AZ ÉV SZAKOK FÜGGVÉNYÉBEN.....	39
3.3. BENDŐKANÜLLEL ELLÁTOTT ÁLLATOKKAL VÉGZETT MODELLKÍSÉRLETEK.....	39
3.3.1. Az I. omega-3 készítmény bendőbeli stabilitásának meghatározása in situ eljárással.....	39
3.3.2. Az I. omega-3 készítmény etetésének hatása a bendőfermentáció néhány paraméterére.....	42
3.3.3. A továbbfejlesztett II. omega-3 készítmény bendőbeli stabilitásának meghatározása in situ módszerrel.....	44
3.3.4. A továbbfejlesztett II. omega-3 készítmény etetésének hatása a bendőfermentáció néhány paraméterére.....	44
3.4. AZ ÜZEMI KÍSÉRLETEK METODIKÁJA.....	45
3.4.1. Bevezető üzemi kísérlet (Előkísérlet) .....	46
3.4.2. I. Nagyüzemi kísérlet.....	48
3.4.3. II. Nagyüzemi kísérlet .....	50
3.5. ORGANOLEPTIKUS VIZSGÁLATOK .....	52
3.6. A KÍSÉRLETEK SORÁN ALKALMAZOTT KÉMIAI VIZSGÁLATI ELJÁRÁSOK.....	52
3.7. A KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉSE.....	54
<b>4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....</b>	<b>55</b>
4.1. A TEHÉNTÉJ ZSÍR-, ÉS FEHÉRJETARTALMÁNAK, TOVÁBBÁ ZSÍRSAV-ÖSSZETÉTELÉNEK ÉV SZAKONKÉNTI VÁLTOZÁSA .....	55
4.2. BENDŐKANÜLLEL ELLÁTOTT TINÓKKAL VÉGZETT I. MODELLVIZSGÁLAT EREDMÉNYEI.....	60
4.2.1. In situ vizsgálat .....	60
4.2.2. Bendőfermentáció .....	61
4.3. BENDŐKANÜLLEL ELLÁTOTT TINÓKKAL VÉGZETT II. MODELLVIZSGÁLAT EREDMÉNYEI.....	68
4.3.1. In situ vizsgálat .....	68

4.3.2. Bendőfermentáció.....	69
4.4. A BEVEZETŐ ÜZEMI KÍSÉRLET EREDMÉNYEI.....	74
4.5. AZ I. NAGYÜZEMI KÍSÉRLET EREDMÉNYEI .....	81
4.6. A II. NAGYÜZEMI KÍSÉRLET EREDMÉNYEI.....	92
4.7. A HALOLAJ ÉS A FÜSZENÁZS ETETÉSÉNEK HATÁSA A TEJ ORGANOLEPTIKUS TULAJDONSÁGAIRA.....	98
4.7.1. Érzékszervi vizsgálat (I. nagyüzemi kísérlet) .....	98
Egyetemi kóstolópróba .....	98
4.7.2. Érzékszervi vizsgálat (II. nagyüzemi kísérlet).....	100
Egyetemi kóstolópróba .....	100
Campden BRI érzékszervi vizsgálata .....	102
<b>5. ÖSSZEFOGLALÁS.....</b>	<b>105</b>
<b>6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....</b>	<b>109</b>
<b>TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE.....</b>	<b>111</b>
<b>KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....</b>	<b>114</b>
<b>FELHASZNÁLT IRODALOM .....</b>	<b>115</b>



## RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ADF – savdetergens rost  
ALA –  $\alpha$ -linolénsav  
CLA – konjugált linolsav  
DHA – dokozahexaénsav  
DPA – dokozapentaénsav  
EPA – eikozapentaénsav  
FCM – 4 % zsírtartalomra korrigált standard tej  
HDL – nagy sűrűségű lipoprotein  
LA – linolsav  
LDL- kis sűrűségű lipoprotein  
MFE – energiafüggő metabolizálható fehérje  
MFN – nitrogénfüggő metabolizálható fehérje  
MUFA – egyszeresen telítetlen zsírsav  
NDF – neutrális detergens rost  
NE<sub>g</sub> – testtömeg-gyarapodási nettó energia  
NE<sub>l</sub> – tejtermelési nettó energia  
NE<sub>m</sub> – életfenntartási nettó energia  
PUFA – többszörösen telítetlen zsírsav  
RDP – bendőben lebomló fehérje  
SCFA – rövid szénláncú zsírsav  
SFA – telített zsírsav  
TFA – transz zsírsav  
TMR – teljes takarmánykeverék  
UFA – telítetlen zsírsav  
UHT tej – ultra-magas hőmérsékleten kezelt tej  
VFA – illózsírsav

Megjegyzés: a dolgozatban szereplő „tej” szó alatt minden esetben tehéntej értendő

# 1. BEVEZETÉS

A humán táplálkozásban a tej több szempontból (pl. kalcium, fehérje, vitamin és ásványi anyag tartalom) különleges szerepet tölt be. Mindezek ellenére napjainkban a tejet számos negatív támadás is éri, miszerint a tejszír (és az állati zsírok) nagyobb koleszterintartalma és a telített zsírsav-tartalma a felelős számos szív- és érrendszeri eredetű megbetegedés, mint pl. érelmeszesedés, magas vérnyomás, szívinfarktus kialakulásáért.

A rendelkezésre álló irodalmi adatok szerint a tejelő tehenek takarmányadagjában alkalmazott zsírforrások és -készítmények (pl. full-fat magvak, Ca-szappanok, hidrogénezett zsírok, olajok, stb.) nemcsak a tehenek tejtermelését, hanem a tej táplálóanyag tartalmát, illetve a tejszír zsírsav-összetételét is befolyásolják (*Komprda és mtsai, 2005; Ribács és Schmidt, 2006; Várhegyi és mtsai, 2007; Kudrna és Marounek, 2008; Murphy és mtsai, 2008*). Az olajforrások közül a tej zsírsav-összetételének kedvező irányú módosítására alkalmas lehet a halolaj. Ennek oka, hogy a halolajok nagy koncentrációban tartalmazznak olyan n-3 zsírsavakat (pl. eikozapentaénsav, EPA, C20:5; dokozahexaénsav, DHA, C22:6), amelyek pozitív humánegészség-ügyi hatásúak. Az n-3 zsírsavak számos élettani folyamatban vesznek részt, mint például a vérplazma zsírsavszintjének szabályozása, illetve hatással vannak a szív- és érrendszeri és immunfolyamatokra, továbbá az idegrendszer fejlődésére, a normális látási funkciók kialakulására (*Jump, 2002*). A hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavak másik csoportját az n-6 zsírsavak (pl. linolsav, LA, C18:2) alkotják. Amíg az optimális n-6/n-3 arány 4:1 (vagy

kevesebb), addig a mai amerikai és európai típusú étrendben ez 10:1 vagy akár a 30:1 arányt is elérheti. Éppen ezért fontos lehet olyan élelmiszerek fejlesztése, amelyekben az n-3 zsírsavak nagyobb részarányban fordulnak elő. Ennek egyik lehetősége például az n-3 zsírsavakban gazdag tej és tejtermékek előállítás, mivel ezek a mindennapi táplálkozás integráns részét képezik.

PhD munkám egyik legfontosabb célja olyan takarmányozási megoldások keresése, amellyel kedvező irányban lehet befolyásolni a tejsír zsírsav-összetételét, különös tekintettel az n-3 zsírsavakra és a konjugált linolsavakra (CLA).

## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. Az n-3 zsírsavak humánegészség-ügyi jelentősége

Irodalmi adatok szerint a hosszú szénláncú n-3 zsírsavak, elsősorban az eikozapentaénsav (EPA) és a dokozahexaénsav (DHA) különösen fontosak a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésében. E szempontból a halolaj magas EPA és DHA tartalma miatt kiemelkedő táplálkozási jelentőséggel bír (*Schmidt és Dyerberg, 1994; Hoffman és mtsai, 2005*). A halfogyasztás jelentőségét a szív- és érrendszeri problémák megelőzésében, a szívhalál csökkentésében, a koszorúér betegségek előfordulásának mérséklésében több irodalmi forrás is igazolja (*Mozaffarian és Rimm, 2006; Wang és mtsai, 2006; Streppel és mtsai, 2008*).

Az első leírások a halolaj kedvező hatásáról a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésében az 1970-es évekből származnak. Megfigyelték, hogy az ischaemiás (szívizom elégtelen vérellátása) szívbetegségek miatti halálozás a grönlandi eszkimóknál mindössze a teljes halálozási ráta 3,5%-a volt. Ennek ismeretében egy vizsgálat során összehasonlították a grönlandi eszkimók szérum lipid profilját a dán népesség átlagos szérum lipid profiljával. Megállapították, hogy a legjelentősebb eltérés az n-3 zsírsavak jelentős mennyisége volt az eszkimók vérében a dán népességben mért nagyobb mennyiségű n-6 zsírsav mennyiséggel szemben (*Bang és mtsai, 1980*). *Lemaitre és mtsai (2003)* a nagyobb EPA és DHA bevitt hozzá kapcsolatba a végzetes ischaemiás szívbetegségek előfordulásának csökkenésével. A szerzők véleménye szerint az összefüggés az n-3 zsírsavak

és a csökkent gyakoriságú végzetes ischaemiás szívbetegségek között a zsírsavak antiarritmogén hatásának tulajdonítható.

*Daviglus* és *mtsai* (1997a,b) (Chicago Western Electric Study) a halfogyasztás és a koszorúér betegségek közötti összefüggés vizsgálatokor megállapították, hogy azoknál, akik napi 35 g, vagy annál több halat fogyasztottak a koszorúér betegségek miatti halálozás, illetve a miokardiális infarktus rizikója csökkent. *Burr* és *mtsai* (1989) 2 éves vizsgálata során a halolajat fogyasztók között a végzetes szívritmuszavar előfordulási gyakorisága 29%-al csökkent a kontrollhoz képest.

Kísérletet végeztek arra vonatkozóan is, miszerint a mediterrán országokban a szív- és érrendszeri eredetű elhalálozás igen alacsony szemben az észak-európai országokban megfigyelhetővel. Az 5 éves vizsgálatban a halolaj bevitel már 27 hónap eltelte után rendkívül jótékony hatású volt, továbbá mellékhatások nélkül biztosította a szív eredetű elhalálozás csökkenését (*Leaf*, 1999). *Albert* és *mtsai* (2005) vizsgálatában az  $\alpha$ -linolénsav (C18:3, n-3) bevitel ugyancsak fordított arányosságot mutatott a hirtelen szívhalál előfordulásával.

### **2.1.1. Ajánlások az n-3 zsírsav bevitelre**

A GISSI Prevention vizsgálatában napi 1 g EPA és DHA bevitel a hirtelen szívhalál egyértelmű csökkenését eredményezte friss miokardiális infarktuson átesett betegeknél. A relatív gyorsan kialakuló és erős hatás arra utal, hogy az EPA és DHA képes megelőzni a végzetes szívritmuszavart (*Jung* és *mtsai*, 2008).

Jelenleg mind az európai, mind pedig az amerikai kardiológiai társaságok javasolják az n-3 zsírsavak fogyasztását a szív- és érrendszeri betegségek megelőzése érdekében. Az American Heart Association (AHA) napi 1 g EPA és DHA fogyasztását javasolja ismert koszorúér betegségekben szenvedőknek, illetve legalább napi 500 mg/nap EPA és DHA bevittelt preventív célra (*Keefe és mtsai, 2009*). Ugyanakkor más vizsgálatok szerint a napi 250 mg EPA és DHA bevittelnél több n-3 zsírsav fogyasztása nem eredményez még kedvezőbb hatást a szív- és érrendszeri prevencióban (*Jenkins és mtsai, 2008*).

## **2.2. A tej zsírtartalmát és zsírsav-összetételét befolyásoló fontosabb tényezők**

A rendelkezésre álló irodalmi adatok szerint a tej zsírtartalmát, illetve a zsír zsírsavprofilját az egyedi eltérések mellett, leginkább a következő tényezők befolyásolják:

- takarmányozás,
- évszakhatás,
- laktációs stádium,
- fajta,
- fejési körülmények.

### **2.2.1. Takarmányozás**

A tej zsírtartalmát a takarmányozás-, ezen belül is főleg a takarmány szénhidrát-összetétele és strukturális nyersrost tartalma határozza meg, melyekből a bennőmikrobák rövid szénláncú zsírsavakat (SCFA) állítanak

elő (pl. ecetsav, propionsav, vajsav). A tejszír szintézis legfontosabb alapanyaga a bendőfermentáció során keletkező illózsírsavak közül az ecetsav, ezért minden tényező, ami befolyással van az ecetsavra, hatással lehet a tej zsírtartalmára is (Csapó és Csapóné, 2002; Schmidt, 2003). Amikor a takarmányban megnő az abrak mennyisége, a bendőfolyadékban csökken a ecetsav, és nő a propionsav koncentráció, vagyis szűkül az ecetsav-propionsav arány (E:P), és ez tejszír csökkenést eredményez (Kakuk és Schmidt, 1988; Kalscheur és mtsai, 1997a,b; Khorasani és Kennelly, 2001; Csapó és Csapóné, 2002; Schmidt, 2003).

Az emberi táplálkozás zsírforrásai közül a tejszírt nemrég még egyértelműen egészségre károsnak tartották, mivel az telített zsírsavakban gazdag (Csapó és mtsai, 2003). Grummer (1991) adatai szerint a tehéntej zsírja kb. 70% telített (SFA), 25% egyszeresen telítetlen (MUFA) és 5% többszörösen telítetlen (PUFA) zsírsavakat tartalmaz. A telített zsírsavakhoz tartozó laurinsav (C12:0), mirisztinsav (C14:0) és a palmitinsav (C16:0) növelik a plazma koleszterin szintjét, míg a sztearinsav (C18:0) tekintetében ez a hatás jóval kisebb (Bonanome és Grundy, 1988; Temme és mtsai, 1996; Kris-Etherton és Yu, 1997; Hu és mtsai, 2001).

Ismert, hogy takarmányozással módosítható az állati eredetű élelmiszerek, mint pl. hús, tej, tojás zsírsav-összetétele. A tejszír zsírsav-összetételét a takarmányozás alapvetően meghatározza, ugyanis a közepes (C12-C16), illetve a hosszú szénláncú zsírsavak (>C16) egy része közvetlenül a takarmányból származik. A zsírsavösszetétel módosítására vonatkozó kísérletek ugyanakkor a monogasztrikus állatok esetében eredményesebbek, mint a kérődzőknél. Ennek oka a kérődzők bendőjében végbemenő mikrobás fermentáció, melynek során a takarmánnyal a bendőbe

jutott zsírok a mikroorganizmusok termelte, valamint a takarmány eredetű lipolitikus enzimek hatására részben hidrolizálódnak, majd a bendőmikrobák a telítetlen zsírsavak egy részét hidrogénezés útján telítik (Schmidt, 2006). Mindezek ellenére a tejelő tehenekkel számos kísérletet végeztek a tejszír zsírsav-összetételének módosítása céljából (Várhegyiné és Várhegyi, 1992; Gulati és mtsai, 2002; Kiteessa és mtsai, 2004; Komprda és mtsai, 2005; Ribács és Schmidt, 2006; Roy és mtsai, 2006; Shingfield és mtsai, 2006; Várhegyi és mtsai, 2007; Osborne és mtsai, 2008; részletesen lásd. 2.3., 2.3.4.3., 4.2.1., 4.2.2., 4.4. fejezetek).

### 2.2.2. Évszakhatás

Heck és mtsai (2009) megállapították, hogy jelentős szezonális eltérés tapasztalható a hollandiai elegytej minták zsírtartalmában és zsírsav-összetételében. 1 éves vizsgálati eredményeik szerint a tejszír tartalom télen a legnagyobb (4,57%), míg a legalacsonyabb értéket (4,10%) nyáron mérték. Csapó és Csapóné (2002) véleménye szerint a téli, magasabb zsírtartalom oka, hogy megnő a tejben a rövid szénláncú zsírsavak és a palmitinsav (C16:0) koncentrációja – feltehetően a takarmányozás miatt – és hozzájuk képest a 18 szénatomos zsírsavak mennyisége csak kis mértékben csökken, így a zsírsavak összes mennyisége nő a tejben. Ugyanakkor Bedő és mtsai (2005) juhokkal végzett kísérletében a tejszírtartalmat illetően nem tapasztaltak szignifikáns mértékű változást az évszakok függvényében. Az említett szerzők véleménye szerint a juhok által termelt tej összetétele nem évszakfüggő.

A tej zsírsav-összetételének évszakonkénti változását tekintve Bisig és mtsai (2008) által végzett kísérletben a nyári tejminták telített zsírsav



tartalmát szignifikánsan alacsonyabbnak ítélték a téli mintákkal szemben. Az előző szerzőkhöz hasonlóan *Salamon* és *mtsai* (2005) – különböző fajtájú tejelő tehenekkel végzett kísérletében – is a nyári tejminták esetében kapták a legkisebb SFA zsírsav mennyiséget, míg a legnagyobb telített zsírsav koncentrációt télen mérték. *Kondyli* és *Tatsiari* (2002) juhokkal végzett kísérletükben (január és június között) megfigyelték, hogy a kapronsav (C6:0), a kaprilsav (C8:0), a kaprinsav (C10:0) és a laurinsav (C12:0) mennyisége januártól ápriliséig szignifikánsan nagyobb, mint az azt követő időszakban.

A telítetlen zsírsavak (UFA) szezonális ingadozását tekintve több szerző is beszámol arról, hogy a legnagyobb koncentrációt nyáron, míg a legkisebb értéket télen tapasztalták (*Salamon* és *mtsai*, 2005; *Bisig* és *mtsai*, 2008). Ezzel ellentétben *Heck* és *mtsai* (2009) megállapították, hogy az általuk vizsgált tejmintákban az összes UFA zsírsavak részaránya tavasszal volt a legalacsonyabb és ősszel a legnagyobb. A telítetlen zsírsavakon belül az  $\alpha$ -linolénsav és a konjugált linolsav tekintetében *Salamon* és *mtsai* (2005), valamint *Bisig* és *mtsai* (2008) vizsgálatában mindkét előbb említett zsírsav koncentráció nyáron érte el a maximális értéket ami az  $\alpha$ -linolénsav tekintetében – az utóbbi szerzők esetében – szignifikáns mértékű növekedést jelentett a téli tejmintákhoz képest.

Az eltérő földrajzi elhelyezkedést tekintve, az észak-európai országok (Dánia, Finnország, Izland, Norvégia és Svédország) téli és nyári tehéntejmintáinak c9,t11-C18:2-tartalmáról *Thorsdottir* és *mtsai* (2004b) közölnek adatokat. Az említett országokban a tejminták CLA-tartalma 0,41 és 1,02 g/100 g összes zsírsav érték között alakult. Az évszoknak mindegyik vizsgált országban azonos hatása volt, nevezetesen a nyári mintákban

nagyobb, míg a téliekben kisebb CLA zsírsavarányt mértek. Az öt ország nyers tej-mintáiban télen átlagosan 0,48 g, míg nyáron 0,68 g c9,t11-C18:2-tartalmat állapítottak meg 100 g zsírra vonatkozóan, ami összességében 0,58 g/100 g összes zsírsav (0,58%) átlagértéket eredményezett. *Precht* és *Molkentin* (2000) – másik tizenegy európai országban végzett felmérésének eredményei alapján – ennél lényegesen magasabb átlagértékről (0,89%) számoltak be. Az előző szerzőkhöz hasonlóan *Reklewska* és *mtsai* (2003) vizsgálatában ugyancsak a nyári tejminták esetében kaptak nagyobb CLA koncentrációt (8,4 g/kg zsír) a téli minták CLA tartalmához képest (6,3 g/kg zsír). Ezen kívül *Auldist* és *mtsai* (1998) (Új-Zéland) továbbá *Lock* és *Garnsworthy* (2003) (Egyesült Királyság) is szezonális ingadozást figyeltek meg a tejminták CLA koncentrációját illetően. A legnagyobb CLA koncentráció 12,7 g/kg zsír és 17,0 g/kg zsír volt, míg a legalacsonyabb CLA érték 6,0 g/kg zsír volt, amelyet a téli hónapokban mértek. Az említett források mellett más szerzők is a CLA koncentráció szezonális ingadozásról számolnak be (*Riel*, 1963; *Salamon* és *mtsai*, 2005; *Cabiddu* és *mtsai*, 2006).

### 2.2.3. Laktációs stádium

Több, az elmúlt években végzett kísérlet eredménye azt bizonyítja, hogy a laktációs stádium szintén szignifikáns hatással van a tej zsírtartalmára illetve zsírsav-összetételére (*Palmquist* és *mtsai*, 1993; *Kondyli* és *Tatsiari*, 2002; *Kay* és *mtsai*, 2005; *Stoop* és *mtsai*, 2009). *Palmquist* és *mtsai* (1993) szerint a tej zsírsav-összetételén belül a rövid szénláncú zsírsavak mennyisége a laktáció elején kevesebb, majd a laktáció előrehaladtával a mennyiségük nő. *Csapó* és *Csapóné* (2002) közleménye

alapján megállapítható, hogy a rövid szénláncú zsírsavak mennyisége a laktáció elején csökken, majd ezt követően a közepes szénláncú zsírsavak mennyisége is kevesebb lesz. *Stoop és mtsai* (2009) a telített zsírsavak közül a palmitinsav (C16:0) esetében tapasztalták a legnagyobb mértékű növekedést a laktáció második harmadában. A hosszú szénláncú zsírsavak, pl. sztearinsav (C18:0), olajsav (C18:1) tekintetében elmondható, hogy részarányuk a laktáció elején kevesebb, majd a laktáció negyedik hónapjától mennyiségük fokozatosan növekszik a tejszírban (*Csapó és Csapóné*, 2002). Ezt a megállapítást igazolja *Kay és mtsainak* (2005) eredménye is, amelyben a t11-C18:1 zsírsav, és a c9,t11-C18:2 mennyisége a laktáció előrehaladtával növekedett.

#### **2.2.4. Fejés hatása**

A fejés hatását tekintve *Csapó és Csapóné* (2002) véleménye szerint jelentős eltérés mutatkozik a tej zsírtartalmát illetően a fejés kezdetén és a végén. Ugyanis a zsírtartalom a fejés kezdetén mért 2%-ról a fejés végén 9-10%-ra nő. Ismert az is, hogy az esti fejés során vett tejmintáknak magasabb a zsírtartalma a reggeli tejmintákénál, illetve hogy a fejések számának növelésével a zsírtartalom csökken. *Wilking és mtsai* (2006) vizsgálatában a tej zsírtartalmában nem mutatkozott különbség a napi négyszer és a napi kétszer fejt állatok tejmintái között.

#### **2.2.5 Fajta jelleg hatása**

##### *Tehén*

Több szerző beszámol arról, hogy a fajta (genetikai különbség) jelentős eltéréseket okozhat a tejszír tartalomban, illetve a zsírsavprofilban

is (*Sanjiv és mtsai*, 1992; *DePeters és mtsai*, 1995; *Csapó és Csapóné*, 2002; *Hornyák és mtsai*, 2005; *Soyeurt és mtsai*, 2006). *Csapó és Csapóné* (2002) szerint a jersey fajta tejének a legnagyobb a zsírtartalma, míg a legalacsonyabb a tejelő shorthorn-é. Ugyanakkor *Kovács és mtsai* (1999) azon a véleményen vannak, hogy a főként húshasznosítású magyar szürke tejének zsírtartalma a legkiemelkedőbb a többi fajta közül, és zsírtartalom tekintetében vetekszik a jersey-vel. *Kelsey és mtsai* (2003) kísérletében a holstein-fríz és a svájci barna tejének zsírtartalmát és zsírsav-összetételét vizsgálták. Megállapították, hogy a holstein-fríz teje magasabb zsírtartalommal, és ezen belül nagyobb konjugált linolsav koncentrációval rendelkezik. Ezzel ellentétben *DePeters és mtsai* (1995) kísérletükben arról számolnak be, hogy az általuk vizsgált fajták (holstein-fríz, svájci barna, jersey, svájci barna×jersey, svájci barna×holstein-fríz) közül a legalacsonyabb zsírtartalommal a holstein-fríz teje rendelkezett, míg a legmagasabb értéket a jersey és a svájci barna×jersey tejében mérték. Ugyancsak holstein-frízzel és svájci barnával végzett kísérletet *de Marchi és mtsai* (2008), akik az említett fajták tejéből készült sajtokat elemezték. Eredményeik alapján megállapították, hogy a svájci barna tejéből készült sajt magasabb MUFA- és PUFA tartalommal rendelkezett. *Talpur és mtsai* (2006) által vizsgált két tehén fajta (red sindhi, white thari) tejének MUFA- (30,06 vs. 26,81 g/100g, sorrendben) és PUFA- (4,96 vs. 4,85 g/100g) tartalma is nagymértékben különbözött egymástól. Ezen kívül szignifikáns különbséget tapasztaltak az SFA- (55,53 vs. 60,58 g/100g) zsírsavak és a CLA tartalom (1,30 vs. 1,09 g/100g) tekintetében is a két vizsgált fajta között. *Csapó és Csapóné* (2002) szerint a jersey tehenek teje több laurinsavat (C12:0), mirisztinsavat (C14:0) és palmitinsavat (C16:0)

tartalmaz, míg a montafoni fajta tejében az olajsav (C18:1) és a PUFA zsírsavak vannak nagyobb részarányban jelen.

### *Kecske és juh*

*Talpur és mtsai* (2009) két kecske- (pateri, kamori) és juh fajta (kachi, kooka) tejének zsírsav-összetételét értékelték. Az SFA zsírsavak esetében szignifikáns különbséget tapasztaltak a két kecske fajta és a két juh fajta között, míg a MUFA zsírsavak tekintetében megállapították, hogy a pateri kecske és kooka juh teje alacsonyabb MUFA tartalommal rendelkezett, mint a kamori kecske és kachi juh teje. Ugyanakkor az említett szerzők a kecske és juh tejek PUFA tartalmát illetően nem tapasztaltak statisztikailag is igazolható mértékű különbséget. A tejminták c9,t11-C18:2 (CLA) tartalmát illetően a kamori kecske és a kooka juh tejében magasabb koncentrációt állapítottak meg, a másik két fajta tejéhez képest. Juhokkal (awassi, lacaune, friesland, chois) végzett vizsgálatot *Tsiplakou és mtsai* (2006). Eredményeik alapján a legalacsonyabb CLA koncentrációt a friesland tejében mérték, de az említett zsírsav vonatkozásában nem tapasztaltak szignifikáns mértékű változást a négy fajta tejmintái között.

Az előzőekben leírtakból látható, hogy a tej zsírtartalmát illetve annak zsírsav-összetételét számos tényező befolyásolja, melyeket figyelembe kell venni a tej zsírsav-összetételének módosítása során.

## **2.3. A tej zsírsav-összetételének módosítása takarmányozás útján**

A tej a jelentős SFA zsírsav-tartalom mellett számos olyan komponenseket is tartalmaz, amelyek pozitív humánegészség-ügyi hatással

rendelkeznek. Ilyen pl. a konjugált linolsav, amely zsírsav a jelenlegi kutatások alapján fontos szerepet tölt be pl. a rák elleni küzdelemben és a cukorbetegség megfékezésében (Collomb és mtsai, 2006; Gill és Best, 2006). Azt figyelembe véve, hogy az állati eredetű élelmiszerek közül a tej CLA tartalma a legnagyobb (0,2-2 g/100 g zsír), a humán CLA ellátásban a tej bír a legnagyobb jelentőséggel (Csapó és mtsai, 2003; Schmidt és mtsai, 2008).

A konjugált linolsavak a természetben a kérődzők bendőjében lezajló biológiai hidrogénezés során keletkeznek (Shorland és mtsai, 1955). A konjugált linolsavak több izomer változatban fordulnak elő, leggyakrabban előforduló természetes CLA-izomer a c9,t11-C18:2. Ez az a változat, amely a legnagyobb mennyiségben található meg a kérődzők tejében, a belőlük készült tejtermékekben, valamint a kérődzők zsírájában (Salamon és mtsai, 2005). Annak érdekében, hogy az állati eredetű élelmiszerek (pl. tej, tojás, hús) CLA tartalmát megnöveljék, világszerte intenzív kutatások folynak (Donovan és mtsai 2000; Baer és mtsai, 2001; Brzoska, 2005; de Veth és mtsai, 2005; Shingfield és mtsai, 2006; AbuGhazaleh és Holmes, 2007; Bu és mtsai, 2007; Póti és mtsai, 2007; Kudrna és Marounek, 2008; Murphy és mtsai, 2008; Schmidt és mtsai, 2008; Husvéth és mtsai, 2010).

Ugyanakkor a tej zsírsav-összetételét tekintve nemcsak a konjugált linolsav bír kiemelkedő jelentőséggel, hanem a PUFA zsírsavakon belül az  $\alpha$ -linolénsav (C18:3, n-3) is. A tej  $\alpha$ -linolénsav tartalmának takarmányozás útján történő módosítására vonatkozóan szintén számos irodalmi forrás áll rendelkezésre (Jones és mtsai, 2000; Gulati és mtsai, 2002; Mozzon és mtsai, 2002; Komprda és mtsai, 2005; Rego és mtsai, 2005; Fatahnia és mtsai, 2008; Toral és mtsai, 2010). A többszörösen telítetlen zsírsavak közé

tartozó  $\alpha$ -linolénsavnak a legelőfü az elsődleges forrása a tejelő tehenek takarmányozásában, míg a nem tömegtakarmányok között a lenmag a legfontosabb forrás, amely jelentős mennyiségben tartalmaz C18:3 zsírsavat. Ugyanakkor a halolaj is alkalmas lehet arra, hogy etetésével megnöveljük a tej n-3 zsírsav tartalmát (*Hagemeister és Voigt, 2001; Mattos és mtsai, 2007*). Abban az esetben viszont, amikor a kérődzők esetében valamilyen zsírkiegészítést alkalmaznak, számolni kell azzal, hogy a zsírok alapvetően nem természetszerű takarmányai a kérődzőknek, mivel a normál zsírok zavarják a bendőmikrobák működését. A zsírok etetések előforduló negatív hatások kiküszöbölésére megoldást jelenthet védett (ún. bypass) zsírok etetése, amelyek a bendőben csak kis mértékben bomlanak le (*Schmidt és mtsai, 2000; Ribács, 2005a; Keresztes és mtsai, 2007; URL<sub>1</sub>*).

### **2.3.1.A takarmányadag összetételének hatása**

*Davis és Brown (1970)*, továbbá *Sutton (1989)* szerint a nagy táplálóanyag koncentrációjú takarmányok etetések a tejszír szintézisnek a mértéke 50%-kal, vagy annál nagyobb mértékben is csökkenhet. Ezen kívül számos, a takarmánnyal, illetve a takarmányozással összefüggő tényező, mint pl. a tömegtakarmányok szecskamérete, a nagy nedvességtartalmú legelőfü, ugyancsak befolyásolhatják a tejszírtermelést (*Hagemeister és Voigt, 2001*). Központi szerepet tölt be a kérődzők takarmányozásában az etetett rostforrás milyensége és mennyisége is. Ismert, hogy a kérődzőkkel etetett takarmányok bendőbeli lebontása során döntően rövid szénláncú zsírsavak (SCFA), pl. ecetsav, propionsav, vajsav, stb. keletkeznek, melyek az állatok energiaellátásának döntő részét adják.

*Cabrita és mtsai (2007)* különböző nyersfehérje és keményítő tartalmú takarmány keverékek etetésének hatását vizsgálták a tej összetételére és zsírsavprofiljára vonatkozóan. Kísérletük során a takarmány keményítő tartalmának növekedése következtében alacsonyabb PUFA tartalmat figyeltek meg. Ugyanakkor a takarmány alacsonyabb keményítő tartalma mérsékelte a tehenek szárazanyag felvételét, ami csökkentette a termelt tej mennyiségét, továbbá a tej fehérje- és laktóz tartalmát. Ezzel ellentétben *Fitzgerald és Murphy (1999)* alacsony keményítő-tartalmú takarmányozás hatására a tejfehérje % csökkenését tapasztalták.

*Steinshamn és Thuen (2008)* vöröshere és fűszilázs, illetve fehérhere és fűszilázs együttes etetésének hatását vizsgálták a termelt tej táplálóanyag- és zsírsav-összetételére vonatkozóan. Eredményeik alapján megállapították, hogy az etetett szilázs típusoknak nem volt hatása a termelt tej mennyiségére, illetve összetevőire, a tejfehérje kivételével, ami a fehérhere etetésekor szignifikánsan nagyobb volt, mint a vöröshere esetében. Amikor a szerzők a kísérlet során az említett szilázsfélék mellett még abrak kiegészítést (10 kg/nap/csoport) is alkalmaztak, akkor a tejhozam, a tejszír és a tejfehérje szignifikánsan növekedett, amely növekedés a fehérhere esetében erőteljesebb volt, mint a vörösherenél. A tejszír zsírsav-összetételét tekintve a fehérhere takarmányozása során szignifikáns mértékben nőtt a C18:3 (n-3), a C18:2 (n-6), illetve a PUFA zsírsavak részaránya, és mindemellett szűkült az n-6/n-3 zsírsavarány is. Az abrak etetés hatására szignifikánsan nőtt a rövid és a közepes szénláncú zsírsavak mennyisége, és szignifikánsan csökkent a C16:0, t11-C18:1 és a C18:3 (n-3) zsírsavak mennyisége, ami egyben tágabb n-6/n-3 zsírsavarányt eredményezett.



Ugyancsak eltérő szilázsforrásokkal végeztek vizsgálatot *Nielsen* és *mtsai* (2006). A kukoricaszilázs és a fűszilázs különböző részarányú abrakkal való együttes etetések az tapasztalták, hogy a kukoricaszilázs esetében a termelt zsír- és fehérjetartalom kevesebb, mint a fűszilázs etetésekor. A tej zsírsav-összetételét tekintve kukoricaszilázs etetésekor nagyobb CLA koncentrációt tapasztaltak, mint fűszilázs etetésekor. A kukoricaszilázsnál a nagyobb mennyiségű abrak etetés szignifikánsan megnövelte a t10,c12-C18:2 (0,024 g/100 g zsírsav vs. 0,034 g/100 g zsírsav) és a t10-C18:1 zsírsav (3,14 g/100g zsírsav vs. 6,05 g/100g zsírsav) koncentrációját, ugyanakkor statisztikailag igazolható mértékben csökkentette a t11-C18:1 (2,80 g/100 g zsírsav vs. 1,55 g/100 g zsírsav) és a c9,t11-C18:2 (1,61 g/100g zsírsav vs. 1,17g/100g zsírsav) koncentrációját a tejben a kisebb részarányú abrak etetéséhez képest. Fűszilázs etetésekor a kétféle abrak adag nem volt szignifikáns hatással az említett zsírsavakra, ugyanakkor nőtt a sztearinsav (C18:0) és csökkent a palmitoleinsav (C16:1), illetve az olajsav (C18:1) részaránya a kukoricaszilázs etetéséhez viszonyítva.

*Soita* és *mtsai* (2005) megállapították, hogy a kukoricaszilázs kisebb szecskamérete (9,52 mm vs. 19,05 mm) és a tömegtakarmány:abrak (T:A) arány szűkítése depresszív hatást gyakorolt a C16:0 zsírsavra. Ugyanakkor a kis szecskaméret és a nagyobb T:A arány szignifikánsan növelte a c9-C18:1 és a c9,t11-C18:2 koncentrációját a tejzsírban. Annak megállapítására, hogy a takarmány rosttartalma milyen mértékben befolyásolja a termelt tej összetételét és zsírsavprofilját *AlZahal* és *mtsai* (2009) végeztek kísérleteket. Vizsgálatukban a kisebb rosttartalmú takarmány etetésekor nőtt a C7:0, C9:0, C10:0, C11:0, C12:0, C13:0, C15:0 és a C12:1 zsírsavak

koncentrációja, illetve a C16:0>C atomszámú zsírsavak és a PUFA zsírsavak koncentrációja a tejben. Ugyanakkor a nagy rosttartalmú adagok etetésekor csökkent az izo C15:0; C18:0; t9-C18:1; c9,t11-C18:2; t9,c12-C18:2; C20:0 és a c9-C20:1 zsírsavak mennyisége a tejben.

A fent említettek alapján tehát megállapítható, hogy az etetett takarmányadagok keményítő- és rosttartalma, továbbá a tömegtakarmány:abrak aránya, illetve az etetett tömegtakarmányok típusa jelentős hatással van a kérődzők által termelt tej paramétereire és zsírsav-összetételére.

### 2.3.2. Zöldtakarmányozás

A friss lucerna etetésének hatását a tej zsírsav-összetételére vonatkozóan *Castillo* és *mtsai* (2006) vizsgálták. Megállapították, hogy a tejben a rövid szénláncú zsírsavak mennyisége csökkent, amikor tavasszal az állatok takarmányadagja nagyobb mennyiségben tartalmazott friss lucernát, szemben a téli – kisebb lucerna tartalmú – takarmányozással. Az említett szerzők a közepes és hosszú szénláncú zsírsavak mennyiségét tekintve fordított tendenciát figyeltek meg. Hasonló eredményeket közöl *Whiting* és *mtsai* (2004) is. Vizsgálatukban a friss lucerna etetésének hatására csökkent a tejben a C14:0 és C16:0 zsírsavak, illetve nőtt a C18:0, C18:1, C18:2 (n-6) és C18:3 (n-3) zsírsavak részaránya. Ennek következtében a tejben a friss lucerna etetésekor alacsonyabb SFA-, és nagyobb PUFA-tartalmat állapítottak meg a lucernaszenázs alapú takarmányadaghoz viszonyítva. Ugyanakkor az említett szerzők a termelt tej mennyiségében és annak táplálóanyag tartalmában nem tapasztaltak

különbséget a kétféle takarmányozás között. Ezzel ellentétes adatokat közölnek *Couvreur* és *mtsai* (2006).

### 2.3.3. Legeltetés

A kérődzők takarmányozásában – hazánkban és a legtöbb európai országban – a döntő részarányt a tartósított tömegtakarmányok (pl. kukoricaszilázs, lucernaszenázs) és abrakfélék képviselik. Ennek következtében az ilyen takarmányadagot fogyasztó állatok tejének zsírsavösszetétele kedvezőtlenül alakul humán egészségügyi szempontból (*Elgersma* és *mtsai*, 2006). Ugyanakkor, vannak olyan országok, mint pl. Írország egyes területei, ahol a tejelő teheneket az év nagy részében legeltetik, így azok tejének zsírsavösszetétele kisebb ingadozásokat mutat, illetve a termelt tej MUFA- és CLA-tartalma humánegészség-ügyi szempontból kedvezőbb. Arra vonatkozóan, hogy a legeltetés és a zöldtakarmány etetés, milyen pozitív hatást gyakorol a tej MUFA- és PUFA-tartalmára számos irodalmi forrás áll rendelkezésre (*White* és *mtsai*, 2001; *Varga-Visi* és *Csapó*, 2003; *Wijesundera* és *mtsai*, 2003; *Addis* és *mtsai*, 2005; *Scollan* és *mtsai*, 2005; *Cabiddu* és *mtsai*, 2006; *Elgersma* és *mtsai*, 2006; *URL<sub>2</sub>*). A legeltetés tej zsírsavösszetételére gyakorolt kedvező hatása főként annak köszönhető, hogy a legelőn található fűfélék gazdag forrásai pl. a CLA-nak, és az  $\alpha$ -linolénsavnak. Így abban az esetben amikor az állatokat legeltetjük, illetve zöldtakarmányokkal etetjük, akkor az általuk termelt tejnek a zsírsavösszetétele kedvezőbben alakul (*Hagemeister* és *Voigt*, 2001; *Rymer* és *mtsai*, 2003; *Scollan* és *mtsai*, 2005; *Mel'uchová* és *mtsai*, 2008).

Annak ellenére, hogy a legeltetés pozitív hatást gyakorol a tej zsírsavösszetételére, a legtöbb ország földrajzi és éghajlati adottságait tekintve nem alkalmas arra, hogy a kérődző állatok takarmányozását legeltetésre alapozza. *Nudda és mtsai* (2005) végeztek kísérletet annak megállapítására, hogy az évszakok változása milyen hatást gyakorol a juhok tejtermelésére, illetve a tej és tejtermékek (sajt, ricotta) CLA tartalmára. Vizsgálatuk során megállapították, hogy a CLA koncentráció márciustól júniusig csökken (2,20 mg/100 mg zsírsavról 1,14 mg/100 mg zsírsavra), amit a legelőfü minőségi változására vezettek vissza. Hasonló megállapításra jutottak *Varga-Visi és Csapó* (2003) is.

*Pešek és mtsai* (2008) a nyári fűszilázs és a téli kukoricaszilázs alapú takarmányozás hatására a nyári tejben a telített zsírsavak kisebb részarányát figyelték meg. Az előző szerzőkhöz hasonlóan *Bisig és mtsai* (2008) szintén az SFA zsírsavak szignifikáns mértékű csökkenéséről, illetve a MUFA és PUFA (főként  $\alpha$ -linolénsav és CLA) zsírsavak növekedéséről számolnak be a nyári legeltetést követően. *Collomb és mtsai* (2002) megfigyelték, hogy a különböző magasságú területeken tartott állatok tejének zsírsavkoncentrációja szignifikánsan különbözik egymástól. A legeltetés helye mellett a tehenek tejtermelését, illetve a tej zsírsavprofilját a fajta és az időjárási tényezők ugyancsak befolyásolják. Ezt igazolják *Gentile és mtsai* (2006) vizsgálati adatai is. A szerzők megfigyelték, hogy az aosta tehenek tejének PUFA- és CLA-tartalma egyértelműen növekedett abban az esetben, amikor az időjárási feltételek kedvezőek voltak.

### **2.3.3.1. Legeltetés vs. tartósított tömegtakarmány alapú TMR etetés**

*White* és *mtsai* (2001) azt vizsgálták, hogy milyen mértékben változik a tej CLA koncentrációja TMR (teljes takarmánykeverék) etetés, illetve a legeltetés során. A szerzők megállapították, hogy a legeltetett állatok teje szignifikánsan nagyobb mennyiségben tartalmazta a C10:0, C12:0, C14:0, C14:1, C16:1, C18:2 és a C18:3 zsírsavakat, mint a TMR-t fogyasztó állatok teje. Ehhez hasonlóan *Kelly* és *mtsai* (1998a) a legeltetett állatok esetében a CLA koncentráció növekedéséről (10,9 mg/g tejszír vs. 4,6 mg/g tejszír) számolnak be a TMR etetésben részesülő egyedekhez képest. *Bargo* és *mtsai* (2006) három kezelésből álló kísérlet során, arra keresték a választ, hogy 1) legeltetés+abrak etetése; 2) legeltetés+TMR fogyasztása és 3) TMR takarmányozás milyen változásokat eredményez a tej zsírsav-összetételében. Eredményeik alapján a tej rövid és közepes szénláncú zsírsavainak mennyiségi csökkenését (11,3 g/100 g zsírsavról 9,0 g/100 g zsírsavra; illetve 40,5 g/100 g zsírsavról 36,5 g/100 g zsírsavra, sorrendben), továbbá a CLA koncentráció (1,21 g/100 g zsírsav vs. 0,59 g/100 g zsírsav) és a C18:3 zsírsav növekedését tapasztalták legeltetés és abrak kiegészítése során (1. kezelés) a csak TMR-t fogyasztó állatok (3. kezelés) tejéhez képest. Ugyancsak a tej közepes szénláncú zsírsavainak csökkenéséről, illetve a hosszú szénláncú zsírsavak mennyiségének növekedéséről számolnak be *Atti* és *mtsai* (2006) legeltetett állatok esetében. Kísérletükben a linolénsav és a CLA koncentráció növekedett a tejben a legeltetés során, a kötött tartásban levő állatok tejéhez viszonyítva.

*Stockdale* és *mtsai* (2003), illetve *Wijesundera* és *mtsai* (2003) vizsgálataik során azt tapasztalták, hogy a legeltetés mellett abrakot is fogyasztó állatok tejében a CLA koncentráció szignifikáns mértékben

csökkent, míg a közepes szénláncú zsírsavak mennyisége nőtt, a csak legeltetett állatok tejéhez képest. Utóbbi szerzők az  $\alpha$ -linolénsav szignifikáns csökkenéséről is beszámolnak az abrak kiegészítés során.

*Atti és mtsai* (2006), továbbá *Kraft és mtsai* (2003) a különböző tartás-technológiák (legeltetés, zárt tartás) hatását vizsgálták a tej zsírsav-összetételére. Az említett szerzők összefoglalóan megállapították, hogy a legeltetett állatok tejében szignifikánsan nagyobb mennyiségben volt jelen a CLA, illetve a PUFA zsírsavak. *Sahana és mtsai* (2005) a tartástechnológián belül vizsgálták azt is, hogy a különböző ideig tartó (4 és 9 óras) legeltetés a zárt tartás mellett hogyan befolyásolja a tej zsírtartalmát, illetve zsírsav-összetételét. Kísérletükben megfigyelték, hogy a tejszír % szignifikánsan nagyobb volt azoknál az állatoknál, amelyek csak 4 órán át legeltek. Emellett szignifikáns különbséget tapasztaltak a 4 óráig legelő csoport esetében a reggeli és a délutáni fejéskor nyert tej zsírtartalma, továbbá a 4 órás reggeli és a 9 órás reggeli és délutáni fejés során nyert tej zsírtartalma között. Zsírsavösszetétel tekintetében a legeltetési idők és a fejések is szignifikáns mértékű hatással voltak a rövid és közepes szénláncú zsírsavak mennyiségére. Ezen kívül a legeltetés hossza a hosszú szénláncú zsírsavak (C18:0; t9-C18:1; n9-C18:1; C18:2 n-6; c9,t11-C18:2) részarányára szintén szignifikáns hatással volt. Az előző szerzőkhöz hasonlóan a legeltetés és a tartósított tömegtakarmányok etetésekor a tej zsírsav-összetételében jelentkező CLA és C18:3 zsírsav koncentráció változásairól számolnak be más szerzők is (*Aii és mtsai* 1988; *Timmen és Patton* 1988; *Hebeisen és mtsai*, 1993; *Prect és Molquentin* 1997; *Dhiman és mtsai*, 1999; *Offer*, 2002).

### **2.3.3.2. A legeltetés és a zsírkiegészítés együttes hatása**

Arra vonatkozóan, hogy legeltetett állatoknál a zsírkiegészítés milyen hatást gyakorol a tejtermelésre pl. *Schroeder* és *mtsai* (2003) végeztek vizsgálatot, melynek során három kezelést alkalmaztak: 1) TMR takarmány etetése, 2) legeltetés+abrak etetés (abrak mennyisége 6,7 kg sz.a./nap), és 3) legeltetés+abrak+Ca-szappan alapú zsírkiegészítés (Ca-szappan: 0,8 kg sz.a./nap). A napi tejtermelésre vonatkozóan nem tapasztaltak különbséget a kezelések között, de a 4%-os FCM tej esetében csökkent a tejszír % a zsírkiegészítés hatására (3. kezelés) a TMR etetéshez (1. kezelés) képest.

### **2.3.4. Különböző zsírforrások és -készítmények felhasználása a tej zsírsav-összetételének módosítására**

#### **2.3.4.1. A védett zsírforrások rövid jellemzése**

Ismert, hogy a védett zsírok előállítása történhet, pl. burkolással, hidrogénezéssel, zsírsavamidokkal és Ca-szappanok előállításával.

*Ribács* (2005a) alapján a forgalomban levő zsírkészítményeket a következők alapján csoportosíthatjuk:

#### **- burkolással előállított védett zsírkészítmények:**

Az eljárás során a zsírokat olyan anyaggal vonják be (burkolják), amely a bendőre jellemző pH érték mellett nem bomlik le, így a bendőmikrobák nem tudják a zsírt hidrolizálni, illetve hidrogénezni. A kísérletek többségében sáfrányolajat alkalmaztak, a burkolóanyag pedig formaldehiddel kezelt fehérje (kazein) volt. A formalinnal történő kezelés a fehérjeláncokon metilénkötéseket hoz létre, amelyek azt eredményezik, hogy a bendőmikrobák nem tudják a fehérjét lebontani. A metilénkötések

reverzibilisek, tehát az oltógyomorban felszakadnak, így a fehérje az emésztőtraktus posztruminális szakaszában lebonthatóvá válik. Ennek eredményeként a zsír is emészthető. Hazai vonatkozásban *Schmidt és mtsai* (1993) fejlesztettek ki burkolással előállított védett zsírkészítményt. A szerzők egy növényolajipari mellékterméket – hidegszűrési maradékot – glutáraldehiddel kezelt sertésvérrel burkolták be. Ilyen készítményekkel végzett kísérletekről számolnak be még pl. *Astrup és Nedkvitne* (1972), *Abe és mtsai* (1976) és *Kreuder* (1976) is.

### **- hidrogénezett zsírkészítmények:**

A zsírok bendőfermentációra gyakorolt kedvezőtlen hatása úgy is mérsékelhető, hogy a zsírokat hidrogénnel telítik, megnövelve ezzel a zsír olvadáspontját. Az ilyen zsír – magas olvadáspontja következtében – nem olvad meg a bendőben és így nem tudja a takarmány-részecskéket filmszerű réteggel bevonni. Ezzel magyarázható, hogy hidrogénezett zsírok etetésekor nem, vagy csak kisebb mértékben csökken a nyersrost lebonthatósága a bendőben. A hidrogénezés következtében a zsírok csak kis mennyiségben tartalmaznak telítetlen zsírsavakat, ezért csökken a zsír mikrobaműködésre kifejtett káros hatása is. Ilyen készítmények etetésének hatását vizsgálta pl. *Jenkins és Jenny* (1989), *Eastridge és Firkins* (1991), *Magdus* (1991) és *Schroeder és mtsai* (2002).

### **- zsírsavamidok:**

A zsírsavamidok előállítása ugyancsak jó lehetőség a zsírok védelmének kialakítására. Az eljárás során az olajokat (növényi olajok, halolaj) megfelelő körülmények között, katalizátor jelenlétében



aminvegyületekkel (etanolaminnal, butilaminnal) reagáltatják. Ennek eredményeként az olajok zsírsavai és az aminanyagok között amidkötés (-CONH-) alakul ki, melyet a bendőmikrobák enzimeji csak kismértékben képesek lebontani. A bendőn amidkötésben áthaladó zsírsavak nem tudnak hidrogenálódni, mert *Kepler* és *mtsai* (1971) szerint a hidrogenálódás fontos feltétele, a zsírsavak karboxilcsoportjának (-COOH) megléte, zsírsavamidok esetében hiányzik. A módszer előnye a hidrogénezett zsírkészítményekkel szemben, hogy alkalmazásával telítetlen zsírsavakban gazdag védett zsír állítható elő. Ebben a témában, pl. *Jones* és *mtsai* (1998), *Fébel* és *mtsai* (2004) végeztek kísérleteket.

### **- Ca-szappanok:**

A zsírok Ca-szappanná történő alakítása technikailag egyszerűen kivitelezhető és a zsírok zsírsav-összetételét sem befolyásolja kedvezőtlenül. Védettségük – a zsírsavamidokéhoz hasonlóan – a zsírsavak karboxilcsoportjának (-COOH) lekötésén alapszik (-COO-Ca-OOC-). 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 – bekövetkezik disszociációjuk és zsírsavaik felszívódhatnak. Ca-szappanok etetésével kapcsolatban, pl. *Beaulieu* és *Palmquist* (1995), *Sipőcz* (2000), *Piperova* és *mtsai* (2004), *Allred* és *mtsai* (2006) végeztek kísérleteket.

### **- full-fat olajos magvak:**

Az olajos magvak (pl. szója, napraforgó, repce, len) olajtartalma bizonyos mértékig védett zsírnak tekinthető, mivel csak lassan, a növényi sejtfalak lebomlásának ütemében válik szabaddá a sejtekből. Védettségük elmarad a mesterségesen előállított, jó minőségű védett zsírokétól, de kevésbé zavarják a bendőfermentációt, mint a kezeletlen növényi olajok (Benitez, 1988). Olajos magvak etetésével pl. Casper és mtsai (1988), Egger és mtsai (2007), Flowers és mtsai (2008), Murphy és mtsai (2008), Kudrna és Marounek (2008) végeztek kísérletet.

#### **2.3.4.2. A telítetlen zsírforrások és -készítmények etetésének hatása a bendőműködésre**

A különböző zsírkészítmények bendőfermentációra gyakorolt negatív hatásairól (csökken a nyersrost emészthetősége, mérséklődik a mikroba tevékenység) már korábban szó esett. Továbbá ismert az is, hogy ezen negatív hatások kiküszöbölése érdekében az etetett zsír mennyisége a takarmány szárazanyagának legfeljebb 4-5%-áig növelhető, anélkül, hogy megzavarnánk a bendő működését.

A különböző zsírkészítmények védettségi fokát a bendőbeli stabilitással jellemezhetjük. Schmidt és mtsai (2000) által elvégzett kísérletben az etetett Ca-szappan bendőbeli stabilitása 71,5% volt. Gulati és mtsai (1999) *in vitro* kísérletében a védett halolaj készítmény bendőbeli stabilitását 70-75%-ban állapították meg.

Több kísérlet is igazolja, hogy a takarmány zsírral történő kiegészítésekor megváltozik a bendőfolyadék illózsírsav-összetétele. Így pl.: számos irodalmi forrás az ecetsav tartalom csökkenéséről, illetve a

propionsav tartalom növekedéséről számol be (*Hagemeister és Kaufmann, 1979; Keady és Mayne, 1999; Sipőcz, 2000*). *Casper és mtsai (1988)* vizsgálatában kétféle napraforgómag (hagyományos és nagy olajtartalmú) etetésekor a bendőfolyadék ecetsav tartalmának csökkenését, illetve a propionsav tartalom növekedését tapasztalták a hagyományos napraforgómag etetésekor. *Machmüller és mtsai (2000)* vizsgálatában a különböző zsír- és olajforrások (kókuszolaj, repceolaj, napraforgómag, lenmag) etetésekor szintén csökkent a bendőfolyadék ecetsav tartalma.

Az előbb említett adatokkal ellentétben más kísérleti eredmények az ecetsav koncentráció növekedéséről számolnak be. *Rafalowski és Park (1982)* vizsgálatában a 10, 20 és 30%-ban alkalmazott napraforgómag etetésekor a 20%-os kiegészítés szignifikáns mértékben megnövelte az ecetsav mennyiségét, míg a propionsav aránya a bendőfolyadékban változatlan maradt. *Casper és mtsai (1988)* szintén az ecetsav tartalom növekedését tapasztalták nagy olajtartalmú napraforgómag etetésekor. Hasonló adatokat kapott *Elliott és mtsai (1993)* nagy olajtartalmú zsír etetésekor.

Az említett illózsírsav koncentráció változás következtében, megváltozik a bendőfolyadék ecetsav/propionsav (E/P) aránya is. Ennek megfelelően az ecetsav tartalom csökkenésekor, ez az arány a propionsav javára tolódik el (*Keady és Mayne, 1999; Machmüller és mtsai, 2000; Amorocho és mtsai, 2009*). *Wonsil és mtsai (1994)* vizsgálatában viszont a 3%-os hidrogénezett faggyú, az 1,5% halolaj+sztearinsav, és az 1,5%-os szója+1,5%-os hidrogénezett szójaolaj kiegészítés nem befolyásolta a bendőfolyadék illózsírsav tartalmát és annak ecetsav/propionsav arányát. Ehhez hasonlóan *Huang és mtsai (2008)*, illetve *Jones és mtsai (2000)* sem

tapasztaltak változást a bendőfolyadék ecetsav/propionsav arányát illetően Ca-szappan, továbbá faggyú és halolaj etetése során.

Megoszlanak a szerzői vélemények a bendőfolyadék vajsav tartalmát illetően is. Több kísérlet igazolja, hogy a különböző zsírkiegészítéseket követően csökken a bendőfolyadék vajsav tartalma (*Rafalowski és Park, 1982; Doreau és mtsai, 1990; Machmüller és mtsai, 2000*). Ugyanakkor *Palmquist és Griinari (2006)* vizsgálatában az etetést követő 2. órában nőtt a vajsav koncentráció hal- és napraforgóolaj etetéskor. Míg más szerzők eredményei alapján a zsírkiegészítés nem befolyásolta a bendőfolyadék vajsav tartalmát (*Jones és mtsai, 2000; Fievez és mtsai, 2003; Amorocho és mtsai, 2009*).

*Palmquist és Griinari (2006)* a valeriánsav szignifikáns mértékű csökkenését tapasztalták, faggyú és halolaj etetések az etetést követő 6. órában. Míg *Keady és Mayne (1999)* vizsgálatában a halolaj etetése nem volt hatással a bendőfolyadék valeriánsav részarányára.

A takarmány zsírral történő kiegészítése során megváltozik a bendőfolyadék pH értéke és ammónia koncentrációja is. *Schmidt és mtsai (2000)* vizsgálatában a 168 g/nap mennyiségben etetett normál zsírkiegészítés szignifikáns mértékben csökkentette a bendőfolyadék pH értékét. Amikor viszont a szerzők nagyobb dózisban (462 g/nap) etették a normál zsírt, abban az esetben a pH érték szignifikáns mértékben megnövekedett. *Amorocho és mtsai (2009)* növekvő mennyiségű halolaj etetések a bendőfolyadék pH értékének csökkenését tapasztalták. Ugyanakkor más kísérletekben az alkalmazott zsírkiegészítés (napraforgómag, lenmagolaj, halolaj, hidrogénezett faggyú) nem befolyásolta a bendőfolyadék pH értékét (*Casper és mtsai, 1988; Drackley*

és Elliott, 1993; Keady és Mayne, 1999; Fievez és mtsai, 2003; Palmquist és Griinari, 2006).

A bendőfolyadék ammónia koncentrációját illetően Keady és Mayne (1999) szignifikáns mértékű növekedést tapasztalt halolaj etetésekor. Schmidt és mtsai (2000) vizsgálatában az ammónia koncentráció csökkent a normál zsírkiegészítést követően. Ivan és mtsai (2001) ugyancsak az ammónia koncentráció csökkenését figyelték meg normál zsír etetésekor. Az említett eredményektől eltérően más szerzők viszont nem tapasztaltak változást a bendőfolyadék ammónia koncentrációjára vonatkozóan (Casper és mtsai, 1988; Drackley és Elliott, 1993).

#### ***2.3.4.3. A telítetlen zsírforrások és -készítmények etetésének hatása a tej táplálóanyag-tartalmára és zsírsav profiljára***

A korábbi fejezetekben már említésre került, hogy a takarmányozással módosítható az állati eredetű élelmiszerek (hús, tej, tojás) zsírsav-összetétele. Ez a felismerés széles körben indította el azokat a kutatási törekvéseket, melyeknek célja, hogy a tej zsírsav-összetételét kedvezőbbé tegye, illetve azt a humán igényeknek megfelelően módosítsa. Erre leggyakrabban különféle növényi olajokat, illetve olajos magvakat (Roy és mtsai, 2006; Zhang és mtsai, 2006; Egger és mtsai, 2007; Várhegyi és mtsai, 2007; Flowers és mtsai, 2008), Ca-szappanokat (Brzoska és mtsai, 1999; Precht és mtsai, 2002; Piperova és mtsai, 2004; Casals és mtsai, 2006; Ribács és Schmidt, 2006; Theurer és mtsai, 2009) és nagy telítetlen zsírsav tartalmú készítményeket pl. halolajat (Keady és Mayne, 1999; Donovan és mtsai, 2000; Kitessa és mtsai, 2004; Shingfield és mtsai, 2006; Cruz-Hernandez és mtsai, 2007; Osborne és mtsai, 2008) használnak fel.

Figyelembe kell venni azonban azt is, hogy a különböző normál és védett zsírkészítmények alkalmazása a kérődzők takarmányadagjában hatással lehet pl. a termelt tej mennyiségére, illetve annak zsír- és fehérjetartalmára (Keady és mtsai, 2000; Gonzalez és Bas, 2002; Ribács és Schmidt, 2006; Shingfield és mtsai, 2006; Heravi és mtsai, 2007).

### **Növényi olajok és olajos magvak**

Murphy és mtsai (2008) 255 g/nap mennyiségű napraforgóolaj kiegészítést alkalmaztak tejelő tehének takarmányozásában, melynek hatására a tejtermelés növekedését, továbbá a tejszír- és fehérje koncentráció csökkenését tapasztalták. Kísérletükben csökkent a tejben C6:0, C8:0, C10:0, C12:0 és a C16:0, ugyanakkor nőtt a C18:0; t9-C18:1; t11-C18:1; c9,t11-C18:2 és a C18:3 zsírsavak mennyisége. Ehhez hasonlóan ugyancsak a tejszír csökkenéséről számolnak be Casper és mtsai (1988) a takarmányadag napraforgómaggal (az abrak 20%-ban) történő kiegészítését követően. A szerzők hagyományos, illetve nagy olajsav tartalmú napraforgómagot etettek, melyek hatására szignifikáns mértékben csökkent az SFA- és nőtt az UFA zsírsavak (pl. C18:3) részaránya a tejben a kontrollhoz képest. Zhang és mtsai (2006) viszont nem tapasztaltak változást a tejtermelést illetően, amikor juhok takarmányadagját 260 g napraforgómag/kg abrak egészítették ki. Roy és mtsai (2006) kísérletében a takarmányadag 260 g napraforgómag/kg abrakkal történő kiegészítése esetén, a tejben a c9,t11-C18:2 és a c11-C18:1 zsírsav koncentráció egy ideig nőtt, majd csökkent. Véleményük szerint az említett zsírsavak változása függ az olaj kiegészítés típusától, illetve a kiegészítés időtartalmától. Rafalowski és Park (1982) ugyancsak napraforgómag

etetésének hatását vizsgálták (az etetett abrak 0; 10; 20; 30%-ában) tejelő teheneknél. Megállapították, hogy a C6:0, C8:0, C18:1 és a C18:2 zsírsavak mennyisége mindegyik napraforgómag dózis esetén, míg a C10:0 és a C12:0 zsírsavak mennyisége csak a 30%-os kezelés során csökkent szignifikáns mértékben.

*Kelly és mtsai* (1998b) két növényi olajforrást összehasonlító kísérletükben megállapították, hogy a C6:0, C8:0, C10:0, C15:0, C18:2 és a C18:3 zsírsavak részaránya a tejben a lenolaj kiegészítés hatására szignifikánsan nőtt, míg a C16:0, C18:0, C18:1 és a C18:2 koncentráció szignifikáns mértékben csökkent a napraforgóolajhoz viszonyítva. *Kudrna és Marounek* (2008) kísérletében az etetett zsír- és olajforrások (napraforgómag, lenmag és pálmazsír) nem voltak hatással a tejelő tehenek tejtermelésére, illetve a tej fehérjetartalmára. Ugyanakkor a tejszír% nőtt a napraforgó és az lenmag kiegészítést követően. A napraforgó és a lenmag etetése megnövelte a CLA és csökkentette a palmitinsav részarányát a tejben a pálmazsírhoz viszonyítva. Ezen kívül az lenmag etetésekor nőtt a tej PUFA tartalma, továbbá szűkült az n-6/n-3 arány a napraforgó kiegészítéshez képest. *Flowers és mtsainak* (2008) vizsgálatában a 170; 340; 510 g/nap mennyiségű lenolaj kiegészítés nem volt hatással a tejtermelésre, ugyanakkor a tejszír,- és a fehérje %, továbbá a CLA koncentráció nőtt az alkalmazott olajforrás hatására. *Loor és mtsai* (2005a) az etetett szárazanyag 3%-ának megfelelő mennyiségű lenolaj kiegészítésekor szintén a tej CLA koncentrációjának növekedését tapasztalták. *Egger és mtsai* (2007) vizsgálatában az SFA zsírsavak csökkenését, illetve a MUFA és PUFA zsírsavak növekedését figyelték meg, a naponta és állatonként 1,2 kg mennyiségű lenmag etetésekor.

Az előbb említett szerzők a lenmag mellett repcemag etetésének hatását (1 kg/állat/nap) is vizsgálták a tejelő tehenek takarmányadagjában. Megállapították, hogy a lenmaghoz hasonlóan ebben az esetben is csökkent az SFA-, illetve nőtt a MUFA zsírsavak mennyisége a tejben, ugyanakkor a PUFA tartalomban nem volt változás a kontrollhoz képest. *Zhang és mtsai* (2006) juhokkal végzett vizsgálatában ugyancsak a tej SFA-zsírsav tartalmának csökkenését, illetve a MUFA- és PUFA-zsírsavak részarányának növekedését figyelték meg 300 g/nap repce etetésekor. Ehhez hasonlóan a repceetetést követően *Komprda és mtsai* (2005) a tej palmitinsav tartalmának csökkenését, illetve olajsav, linolsav, linolénsav, EPA és DHA tartalmának növekedését tapasztalták. Az elvégzett vizsgálat adatai szerint a termelt tej mennyisége, továbbá annak zsír- és fehérjetartalma nem változott. *Gulati és mtsai* (2002) védett repce és szójaolaj 70:30, továbbá szója és lenolaj 70:30 arányú keverék etetésekor szintén a C18:3 (ALA) zsírsav növekedését figyelték meg a tehenek vizsgált tejmintáiban.

*Ramaswamy és mtsai* (2001) vizsgálatában az etetett takarmányadag 2% szójával történő kiegészítését követően csökkent a C8:0, C10:0, C12:0, C14:0 és C16:0 mennyisége, míg a C18:0; c9-C18:1; c11-C18:1 és a c9,t11-C18:2 zsírsavak részaránya szignifikánsan nőtt a tejben a kontrollhoz képest. Ehhez hasonlóan a CLA koncentráció növekedését tapasztalták más szerzők is a takarmányadag szójaolajjal történő kiegészítésekor (*Zheng és mtsai*, 2005; *Liu és mtsai*, 2007). *Zheng és mtsai* (2005) a szójaolaj mellett gyapotmagolaj és kukoricaolaj etetését is vizsgálták, melynek során megfigyelték, hogy a legnagyobb mértékű növekedés a tejhozamban a gyapotmagolaj esetén volt, míg a tejszír csökkenést többnyire a szója- és



kukoricaolaj idézte elő. Az elvégzett vizsgálatban a szójaolaj kiegészítés hatására a t11-C18:1 zsírsav részaránya szintén nőtt a tejben. A kukoricacsíra pogácsa naponta és tehenenként 2 kg mennyiségben történő etetésekor *Várhegyi* és *mtsai* (2007) szintén a t11-C18:1, továbbá a c9,t11-C18:2 zsírsavak részarányának növekedését tapasztalták a vizsgált tejmintákban.

### **Ca-szappan**

A Ca-szappanokat a kérődzők takarmányozásában elsősorban az állatok energia szükségletének fedezésére használják, de az ilyen típusú zsírforrások – különösen nagyobb telítetlen zsírsavhányad esetén – alkalmasak arra is, hogy módosítsák a termelt tej zsírsav-összetételét.

Több szerző is beszámol arról, hogy a Ca-szappan etetése nem befolyásolta szignifikáns mértékben az állatok tejtermelését (*Beaulieu* és *Palmquist*, 1995; *Piperova* és *mtsai*, 2004; *Ribács*, 2005b; *Allred* és *mtsai*, 2006; *Casals* és *mtsai*, 2006; *Ganj Khanlou* és *mtsai*, 2009; *Theurer* és *mtsai*, 2009). Míg más szerzők a tejtermelés javulásáról számolnak be (*Moallem* és *mtsai*, 1999; *Precht* és *mtsai*, 2002; *Ribács* és *Schmidt*, 2006). *Schauff* és *Clark* (1992) vizsgálatukban megfigyelték, hogy a Ca-szappan kisebb mennyiségben etetve nem, emelt dózisban viszont csökkentette az állatok tejtermelését.

A rendelkezésre álló irodalmi források a Ca-szappan tej táplálóanyag összetételére gyakorolt hatásáról is egymásnak ellentmondó adatokat szolgáltatnak. *Ganj Khanlou* és *mtsai* (2009) nem tapasztaltak változást a tej zsír,- fehérje,- és laktóz tartalmát illetően, a takarmány 35 g/kg Ca-szappannal történő kiegészítésekor. *Allred* és *mtsai* (2006) 2,7% Ca-

szappan; 5% extrudált szója+2,7% Ca-szappan; és 0,75% szójaolaj+2,7% Ca-szappan etetését követően az előbb említett szerzőkhöz hasonló eredményre jutottak.

Hazai vizsgálatokban a napraforgóolaj gyártási melléktermékből készített Ca-szappan (Ribács, 2005b), továbbá a lenolajalapú Ca-szappan etetésekor a tejfehérje szignifikáns mértékű csökkenését tapasztalták (Ribács és Schmidt, 2006).

A Ca-szappanok tej zsírtartalmára gyakorolt hatásáról szintén ellentmondásosak a rendelkezésre álló irodalmi adatok. Számos szerző a tejszírtartalom csökkenését tapasztalta (Holter és Hayes, 1994; Chouinard és mtsai, 1998; Ribács és Schmidt, 2006; Precht és mtsai, 2002; Piperova és mtsai, 2004), míg ezzel ellentétben más szerzők a tej zsírtartalmának növekedéséről számolnak be (Schauff és Clark, 1992; Sklan és mtsai, 1994).

Ismert, hogy a Ca-szappanok etetésével növelhető a tejszír telítetlen zsírsavtartalma is (Chouinard és mtsai, 1998; Sipőcz, 2000; Allred és mtsai, 2006). Brzoska és mtsai (1999) által végzett kísérletben a Ca-szappan kiegészítést követően nőtt a tejben a MUFA- és PUFA-zsírsavak részaránya, míg a laurinsav és mirisztinsav mennyisége csökkent. Allred és mtsai (2006) a rövid (C6:0-C12:0) és közepes (C14:0, C15:0, C17:1) szénláncú zsírsavak csökkenését, illetve a hosszú szénláncú zsírsavak (c9-18:1, C22:4, C22:5, C22:6) növekedését figyelték meg (már az előzőekben ismertetett) Ca-szappanok etetésekor. Az előbb említett szerzők a CLA esetében a legnagyobb részarányt (1,44; 1,82 g/100g zsírsav) az 5% extrudált szója+2,7% Ca-szappan, illetve a 0,75% szójaolaj+2,7% Ca-szappan etetésekor tapasztalták a kontrollhoz képest (0,61 g/100g). García és mtsai (2005) ugyancsak a rövid és közepes szénláncú zsírsavak (C8:0-C14:0)

csökkenéséről számolnak be, amikor juhok takarmányadagját napi 45 g Ca-szappannal egészítették ki. *Ribács és Schmidt (2006)* vizsgálatában a Ca-szappan etetésekor a kísérleti tejmintákban 4,4-szer több CLA-t mértek a kontroll tejhez képest. Ezen kívül nőtt a c9-C18:1 (17,08% vs. 22,57%) és a linolénsav (0,37% vs. 0,83%) mennyisége is a kísérleti szakaszban a kontrollhoz viszonyítva. *Theurer és mtsai (2009)* vizsgálatában a napi 450 g mennyiségben etetett nagy PUFA tartalmú Ca-szappan készítmény ugyancsak növelte a tejben a CLA mennyiségét (0,44%-ról 0,52%-ra). *Beaulieu és Palmquist (1995)* kísérletében a Ca-szappan kiegészítés hatására a linolénsav mennyisége a holstein tehenek esetében 0,37 g/100 g zsírsav-ról 0,64 g/100g zsírsavra nőtt, míg a jersey teheneknél 0,30 g/100 g zsírsav-ról 0,46 g/100 g zsírsavra növekedett a tejben.

Az elvégzett kísérletek eredményei összefoglalóan azt igazolják, hogy Ca-szappan etetésével növelhető a tej telítetlen zsírsavtartalma.

### **A halolaj önálló és kombinált etetése**

A rendelkezésre álló újabb irodalmi adatok egy része szerint a tejelő tehenek takarmányadagjának halolaj kiegészítése, illetve más olaj- és zsírforrásokkal történő kombinált etetése negatívan befolyásolja az állatok termelését, továbbá a tej fontosabb táplálóanyag tartalmát (*Jones és mtsai, 2000; Keady és mtsai, 2000; Shingfield és mtsai, 2006; AbuGhazaleh és Holmes, 2007; Cruz-Hernandez és mtsai, 2007; Murphy és mtsai, 2008*). Más szerzők viszont ezzel ellentétes eredményeket kaptak (*Gonzalez és Bas, 2002; Kitessa és mtsai, 2004*).

A halolajjal történő önálló, továbbá az egyéb zsír- vagy olajforrással kombinált kiegészítések nemcsak a tej zsír- és fehérjetartalmát, de annak

zsírsav-összetételét is jelentősen befolyásolhatják (*Jones és mtsai, 2000; Palmquist és Griinari, 2006; Shingfield és mtsai, 2006; AbuGhazaleh és Holmes, 2007; Cruz-Hernandez és mtsai, 2007; Fatahnia és mtsai, 2008*).

Ezt bizonyítja *Janeczek és mtsai (2007)* vizsgálata is, melyben a halolaj kiegészítés hatására csökkent a rövid, és nőtt a hosszú szénláncú zsírsavak (pl. EPA, DHA, c9,t11-C18:2) mennyisége a tejben. *Whitlock és mtsai (2006)* vizsgálatában a halolaj és szójaolaj etetésekor a c9,t11-C18:2 mennyisége megduplázódott a kontrollhoz képest. Ehhez hasonlóan más szerzők is a CLA nagyobb részarányát tapasztalták a tejben a halolaj és szójaolaj etetését követően (*Ramaswamy és mtsai, 2001; AbuGhazaleh és mtsai, 2004*). *Jones és mtsai (2000)* faggyú és halolaj különböző arányú keverékének etetésekor szintén a CLA növekedéséről számolnak be. *AbuGhazaleh és mtsai (2003)* kísérletében a legnagyobb CLA koncentrációt (1,71 g/100 g zsírsav) a halolaj és a magas linolsav tartalmú napraforgóolaj kombinált etetése esetében tapasztalták. Más szerzők halolaj, illetve halolaj és napraforgóolaj kombinált etetésekor ehhez hasonló eredményre jutottak (*Palmquist és Griinari, 2006; Cruz-Hernandez és mtsai, 2007; Osiegowski és mtsai, 2007; Bharathan és mtsai, 2008*). Ismert, hogy a különböző olajkiegészítések hatására megnő a t-C18:1 zsírsav, és általánosságban a transz-zsírsavak mennyisége a tejben (*Shingfield és mtsai, 2006; Palmquist és Griinari, 2006; Cruz-Hernandez és mtsai, 2007; Toral és mtsai, 2010*). *Shingfield és mtsainak (2006)*, illetve *Toral és mtsainak (2010)* véleménye szerint a tejben a megnövekedett transz-zsírsavak mennyisége okozza a tej zsírtartalmának csökkenését is. Más szerzők szintén arra a következtetésre jutottak, hogy a telítetlen zsírsavak biohidrogénezése során keletkező transz-

izomerek okozzák a tejszír depressziót (*Hagemeister és Kaufmann, 1979; Várhegyi, 2004*).

*Gulati és mtsai (2002)* vizsgálatában a szójaolaj és halolaj 70:30 arányban történő etetése is egyértelműen növelte a tejben az EPA és DHA mennyiségét. *Kitessa és mtsai (2004)*, illetve *Shingfield és mtsai (2006)* szintén az említett zsírsavak növekedését tapasztalták halolaj és szójaolaj alkalmazását követően. Az előbb említett szerzők az etetett olajkiegészítések hatására az SFA zsírsavak csökkenését is leírták. Ezenfelül más irodalmak is beszámolnak arról, hogy a halolaj önálló, illetve kombinált (pl. halolaj+napraforgóolaj) etetésének hatására csökken az SFA zsírsavak részaránya a tejben (*Osiegowski és mtsai, 2007; Cruz-Hernandez és mtsai, 2007; Osborne és mtsai, 2008*). Ugyanakkor *Palmquist és Griinari (2006)* vizsgálatában az arachidonsav, és az EPA növekedés mellett a C4:0-C16:1 zsírsavak mennyisége is nőtt – a C14:1 kivételével – hal- és napraforgóolaj kiegészítés esetén. *Jones és mtsai (2000)* faggyú és halolaj etetésekor, nagyobb C18:3, C20:4 és C20:5 koncentrációt tapasztaltak abban az esetben, amikor növelték a halolaj részarányát a faggyúhoz képest. *Janeczek és mtsai (2007)* halolaj és ásványi anyag kombinált etetésekor, míg *Fatahnia és mtsai (2008)*, továbbá *Toral és mtsai (2010)* halolaj önálló etetésekor szűkebb n-6/n-3 arányt kaptak a vizsgált tejmintákban.

A leírtakat összegezve, megállapítható, hogy a halolaj etetése kedvező hatású az n-3 zsírsavak mennyiségének növelése szempontjából, továbbá abból a szempontból is, hogy a legtöbb esetben csökkent a tej telített, illetve nőtt annak telítetlen zsírsavtartalma.

## 3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

### 3.1. A kísérletek célkitűzése

A Nyugat-magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának Takarmányozástani Intézeti Tanszékén az elmúlt években több kísérletet is végeztek arra vonatkozóan, hogy növeljék az állati eredetű élelmiszerek (pl. tej, tojás, hús) n-3 zsírsavtartalmát.

Az irodalmi áttekintésből megállapítható, hogy a különböző zsír- és olajforrások (pl. olajos magvak, Ca-szappanok, halolaj) etetésével kedvezően módosítható a tej zsírsav-összetétele. Ezek közül a halolaj – jelentős EPA és DHA tartalmának köszönhetően – különösen alkalmas arra, hogy növeljük a tej n-3 zsírsavtartalmát. Kísérleteink során elsősorban azt vizsgáltuk, hogy egy saját fejlesztésű halolaj-alapú védett zsírkészítmény etetése, továbbá a fűszernázis alapú takarmányozás hogyan befolyásolja az állatok tejtermelését, a tej táplálóanyag tartalmát (pl. fehérje, zsír), zsírsavprofilját és organoleptikus (érzékszervi) tulajdonságait.

Az előzőekkel összhangban, kísérleteink során a következő kérdésekre kerestük a választ:

- 2 éves vizsgálat sorozat alapján, milyen fehérje- és zsírtartalommal, továbbá zsírsavprofillal rendelkeznek az észak-nyugat-magyarországi régióban található sajtüzembe beszállított elegy nyerstej minták, továbbá, hogy az évszakoknak van-e hatása a tejminták zsírsav-összetételére?

- Milyen a bendőbeli stabilitása az általunk fejlesztett, burkolásos technikával előállított halolaj alapú zsírkészítménynek?
- Hogyan befolyásolja a bendőfermentáció fontosabb paramétereit (pH, ammónia-, illó zsírsav tartalom, mikrobiális aktivitás) a halolaj alapú zsírkészítmény etetése?
- Hogyan befolyásolja a halolaj alapú I. omega-3 készítmény a termelt tej mennyiségét, táplálóanyag-tartalmát, továbbá a tejszír zsírsavprofilját kukoricaszilázs-lucernaszenázs-kukoricadara alapú (hazai takarmányozásra jellemző) takarmányadag etetése esetén?
- Milyen hatással van a fűszenázs-lucernaszenázs-kukoricadara alapú takarmányozás önálló, illetve a halolaj alapú II. omega-3 készítménnyel történő kombinált etetése a tejtermelésre, a tej táplálóanyag-tartalmára és zsírsav-összetételére?
- A hazánkban újszerűnek tekinthető összetételű takarmányadag (fűalapú takarmányozás és halolaj alapú készítmény együtt) etetése hogyan befolyásolja a tej fontosabb organoleptikus (érzékszervi) tulajdonságait (pl. íz, illat)?

## **3.2. A nyugat-magyarországi régió tehenészeti telepein termelt tej zsírsav profiljának vizsgálata az évszakok függvényében**

Annak megállapítására, hogy a hazai, többnyire monodiétás takarmányozást folytató tehenészeti telepeken termelt tej milyen táplálóanyag tartalommal, illetve zsírsav-összetétellel rendelkezik, 2 éves vizsgálatot végeztünk. Mindemellett értékeltük azt is, hogy az évszakhatás hogyan befolyásolja az előbb említett tényezőket. A vizsgálat során hetente egy alkalommal tejmintát vettünk az Óvártej Zrt. mosonmagyaróvári tejüzemében. Az üzembe naponta összesen mintegy 150-180 ezer liter tejet szállítanak be 35-40 tejtermelő gazdaságból. A vizsgálat 2008. szeptember 1-jétől 2010. augusztus 31-ig tartott. Az egyes vizsgálati szakaszok (tavasz, nyár, ősz, tél) hossza 4×3 hónap volt. A telepek takarmányozási technológiájáról pontos információ nem állt rendelkezésünkre. A kísérlet során vizsgáltuk az elegytej minták fehérje-, illetve zsirtartalmát, továbbá meghatároztuk azok zsírsav-összetételét is.

## **3.3. Bendőkanüllel ellátott állatokkal végzett modellkísérletek**

### **3.3.1. Az I. omega-3 készítmény bendőbeli stabilitásának meghatározása *in situ* eljárással**

A kifejlesztett I. omega-3 zsírkészítmény (gyártó: Adexgo Kft., Balatonfüred, Magyarország) és a kereskedelmi forgalmú hidrogénezett zsírkészítmény (Hidropalm, Norel S.A., Spanyolország) nyerszsír-tartalmának bendőbeli lebonthatóságát 4 db, kb. 600 kg élősúlyú holstein-



fríz tinóval, az *in situ* módszer segítségével vizsgáltuk. A kísérlet során etetett takarmányadag összetételét és számított táplálóanyag-tartalmát a 1. táblázatban (kontroll szakasz) foglaltuk össze.

A vizsgálathoz felhasznált zsákocskák 40 mikron lyukbőségű Scrynel műanyag szövetből készültek, méretük 12×6 cm. A párhuzamos zsákocskák száma 5 volt. A zsákocskákba mindig 2 g anyagot mértünk be, így az 1 cm<sup>2</sup> zsákocskára jutó vizsgálandó anyag 13,9 mg volt. A vizsgálat során 0, 2, 4, 8, 16, 24 és 48 órás inkubációs időket alkalmaztunk. A kísérletet 3 ismétlésben végeztük el. A zsákocskákat az inkubációt követően rázógépen 3×10 percig mostuk. A mosáshoz felhasznált vizet mind a 3 alkalommal tisztára cseréltük le. Mosás után a zsákocskákat 60°C-on szárítottuk.

A zsírkészítmények (I. omega-3 zsírkészítmény, Hidropalm) aktuális bendőbeli stabilitását a mért szárazanyag veszteségek alapján, *Kristensen és mtsai* (1982) összefüggésével számítottuk ki. A számítás során azt feltételeztük, hogy a bendőtartalomnak óránként 8%-a hagyja el a bendőt ( $k_r = 8\%$ ).

$$EDP = \sum_{i=0} [PD_{(t_i+1)} - PD_{(t_i)}] \times f_{(t_i, t_i+1)} + PD_0$$

$i = 0$

ahol: PD = fehérjelebontás

$t_i, t_i + 1$  = egymást követő inkubációs időpontok

$f_{(t_i, t_i+1)}$  = fehérje mennyisége a bendőben a különböző inkubációs időpontokban

$$f_{(t_i)} = e^{-k_p \times t_i}$$

$$f_{(t_i, t_i+1)} = 0,5 \times (e^{-k_p \times t_i} + e^{-k_p \times (t_i+1)})$$

$$i = 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48 \text{ óra}$$

Természetesen a fenti összefüggés alkalmazásakor a fehérjeértékek helyére a megfelelő zsírértékek kerültek behelyettesítésre.

**1. táblázat: A kontroll- és kísérleti szakaszokban etetett takarmányadag összetétele és számított táplálóanyag-tartalma**

Alapanyag, illetve táplálóanyag	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz 1 (omega-3 készítmény)	Kísérleti szakasz 2 (Hidropalm)
		<i>kg/állat/nap</i>	
Kukoricaszilázs	10	10	10
Fűszalma	3	3	3
Búzaszalma	2	2	2
Abrak	3	3,25	3,25
	<i>Az abrak összetétele, %</i>		
Kukoricadara	89	82,14	82,14
Extrahált napraforgódara	8	7,4	7,4
Hidrogénezett zsír*	-	-	7,7
Omega-3 zsírkészítmény**	-	7,7	-
Egységes premix (%)***	0,5	0,46	0,46
Só	1	0,92	0,92
Mész	1,5	1,38	1,38
<i>Összesen</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>
<b>Számított táplálóanyag tartalom</b>			
Szárazanyag (kg)	10,7	10,9	11
Nyersfehérje (g)	1041	1043,7	1041
Nyersrost (g)	2580	2590	2580
Nyerszsír (g)	331	466	576,3
MFE (g)	867	869	867
MFN (g)	658	659	659
NE <sub>m</sub> (MJ/kg szárazanyag)	6,01	6,2	6,44
NE <sub>g</sub> (MJ/kg szárazanyag)	3,53	3,69	3,88
Ca (g)	50,8	50,4	50,4
P (g)	25,3	25,3	25,3

\*Hidropalm (Norel S.A., Spanyolország)

\*\*gyártja: Adexgo Kft. (Magyarország, Balatonfüred);

\*\*\*gyártja: Agribrands Europe Hungary Zrt. (Magyarország, Budaörs)

### **3.3.2. Az I. omega-3 készítmény etetésének hatása a bendőfermentáció néhány paraméterére**

A kísérletet 4 db, bendőkanüllel ellátott holstein-fríz tinóval végeztük el. A kísérletben etetett takarmányadagokat és azok számított táplálóanyag-tartalmát a *1. táblázat*, míg a bypass omega-3 készítmény és az etetett hidrogénezett zsírkészítmény (Hidropalm) zsírsav-összetételét a *2. és 3. táblázat* tartalmazza. A kontroll és kísérleti szakaszok (1, és 2) kétszeres ismétléssel kerültek lebonyolításra. A kontroll szakaszban az állatok nem részesültek külön zsírkiegészítésben, ugyanakkor a kísérleti szakasz 1-ben naponta és állatonként 0,25 kg omega-3 készítményt (a szárazanyagfelvétel 2,2%-a), majd a kísérleti szakasz 2-ben ugyanilyen mennyiségű hidrogénezett zsírkészítményt (Hidropalm) etettünk az állatokkal. A 10 napos előtetési szakaszt követő 5 napos vizsgálati szakaszban az állatoktól naponta 4 alkalommal (a reggeli etetés előtt, valamint 2, 4 és 6 órával az etetést követően) a bendőkanülön át bendőfolyadék mintát vettünk, amelynek meghatároztuk: pH-értékét, NH<sub>3</sub>- és illózsírsav (ecetsav, propionsav, vajsav, stb.) koncentrációját, továbbá az etetés után 2 órával vett minták esetében a mikrobiális aktivitást.

**2. táblázat: Az I. omega-3 zsírkészítmény vizsgált zsírsav-összetétele (vizsgált nyerszsír tartalom: 61,3%)**

SFA		MUFA		PUFA	
g zsírsav/100 g zsír					
C <sub>10:0</sub>	0,02	C <sub>14:1</sub>	0,02	C <sub>18:2(n-6)</sub>	5,81
C <sub>12:0</sub>	0,15	C <sub>16:1</sub>	3,30	C <sub>18:2(n-6t)</sub>	0,02
C <sub>13:0</sub>	0,01	C <sub>17:1</sub>	0,07	C <sub>18:3(n-3)</sub>	9,04
C <sub>14:0</sub>	3,42	t9-C <sub>18:1</sub>	0,23	C <sub>18:3(n-6)</sub>	0,09
C <sub>15:0</sub>	0,21	C <sub>18:1</sub>	9,84	C <sub>20:2(c11,t14)</sub>	0,04
C <sub>16:0</sub>	23,55	c-C <sub>18:1</sub>	1,45	C <sub>20:3(n-3)</sub>	0,10
C <sub>17:0</sub>	0,26	C <sub>20:1</sub>	6,99	C <sub>20:3(n-6)</sub>	0,09
C <sub>18:0</sub>	17,40	C <sub>24:1</sub>	0,12	C <sub>20:4(n-6)</sub>	0,45
C <sub>22:0</sub>	0,10			C <sub>20:5(n-3)</sub>	7,77
				C <sub>22:2(n-6)</sub>	0,02
				C <sub>22:4(n-6)</sub>	0,04
				C <sub>22:5(n-3)</sub>	0,90
				C <sub>22:6(n-3)</sub>	3,02
<b>SFA</b>	<b>45,12</b>	<b>MUFA</b>	<b>22,02</b>	<b>PUFA</b>	<b>27,39</b>
				<b>Egyéb zsírsav</b>	<b>5,47</b>
				<b>Σn-6</b>	<b>6,52</b>
				<b>Σn-3</b>	<b>20,83</b>

**3. táblázat: A hidrogénezett zsírkészítmény (Hidropalm) vizsgált zsírsav-összetétele (vizsgált nyerszsír tartalom: 99,6%)**

SFA		MUFA		PUFA	
g zsírsav/100 g zsír					
C <sub>8:0</sub>	0,02	C <sub>14:1</sub>	-	C <sub>18:2(n-6)</sub>	-
C <sub>10:0</sub>	0,02	C <sub>16:1</sub>	-	C <sub>18:2(n-6t)</sub>	-
C <sub>12:0</sub>	0,22	C <sub>17:1</sub>	-	C <sub>18:3(n-3)</sub>	-
C <sub>13:0</sub>	-	t9-C <sub>18:1</sub>	-	C <sub>18:3(n-6)</sub>	-
C <sub>14:0</sub>	1,16	C <sub>18:1</sub>	0,16	C <sub>20:2(c11,t14)</sub>	-
C <sub>15:0</sub>	0,05	c-C <sub>18:1</sub>	-	C <sub>20:3(n-3)</sub>	-
C <sub>16:0</sub>	45,69	C <sub>20:1</sub>	-	C <sub>20:3(n-6)</sub>	-
C <sub>17:0</sub>	0,13	C <sub>22:1</sub>	0,02	C <sub>20:4(n-6)</sub>	-
C <sub>18:0</sub>	47,95	C <sub>24:1</sub>	-	C <sub>20:5(n-3)</sub>	-
C <sub>20:0</sub>	0,42			C <sub>22:2(n-6)</sub>	0,01
C <sub>22:0</sub>	0,05			C <sub>22:4(n-6)</sub>	-
				C <sub>22:5(n-3)</sub>	-
				C <sub>22:6(n-3)</sub>	-
<b>SFA</b>	<b>95,71</b>	<b>MUFA</b>	<b>0,18</b>	<b>PUFA</b>	<b>0,01</b>
				<b>Egyéb zsírsav</b>	<b>4,10</b>
				<b>Σn-6</b>	<b>0,01</b>
				<b>Σn-3</b>	<b>-</b>

### **3.3.3. A továbbfejlesztett II. omega-3 készítmény bendőbeli stabilitásának meghatározása *in situ* módszerrel**

Egy másik modellkísérlet keretén belül vizsgáltuk, hogy az omega-3 készítmény továbbfejlesztett változata (*II. omega-3 készítmény*; termék neve: Adexgo-1; gyártó: Adexgo Kft., Balatonfüred) milyen bendőbeli stabilitással rendelkezik. A vizsgálatot a *3.3.1. fejezetben* leírtak alapján végeztük. A kísérlet során etetett takarmányadagot és azok számított táplálóanyag tartalmát a *1. táblázat* kontroll szakaszra vonatkozó oszlopa tartalmazza.

### **3.3.4. A továbbfejlesztett II. omega-3 készítmény etetésének hatása a bendőfermentáció néhány paraméterére**

Az előző (*3.3.3.*) fejezetben említett, továbbfejlesztett omega-3 zsírkészítmény bendőfermentációra gyakorolt hatását ugyancsak vizsgáltuk. A kísérletet szintén 4 db, bendőkanüllel ellátott holstein-fríz tinóval végeztük. A vizsgálat a *3.3.2. fejezetben* leírtak alapján történt. A kísérlet során etetett takarmányadag összetételét és számított táplálóanyag tartalmát a *1. táblázatban* (kísérleti szakasz-1) foglaltuk össze. A módosított összetételű zsírkészítmény vizsgált zsírsav-összetételét a *4. táblázat* tartalmazza.

**4. táblázat: A II. omega-3 készítmény vizsgált zsírsav-összetétele (nyerszír tartalom: 63,25%)**

SFA		MUFA		PUFA	
g zsírsav/100 g zsír					
C <sub>8:0</sub>	0,04	C <sub>14:1</sub>	0,05	C <sub>18:2(n-6)</sub>	1,12
C <sub>10:0</sub>	0,009	C <sub>16:1</sub>	5,88	C <sub>18:2 (n-6t)</sub>	0,08
C <sub>11:0</sub>	-	C <sub>17:1</sub>	0,65	CLA <sub>(c9,t11)</sub>	-
C <sub>12:0</sub>	0,11	t9-C <sub>18:1</sub>	0,55	CLA <sub>(t10,c12)</sub>	0,02
C <sub>13:0</sub>	0,04	t-C <sub>18:1</sub>	0,80	CLA <sub>(c9,c11)</sub>	0,03
C <sub>14:0</sub>	5,89	C <sub>18:1</sub>	9,85	CLA <sub>(t9,t11)</sub>	1,97
C <sub>15:0</sub>	0,54	c-C <sub>18:1</sub>	2,54	C <sub>18:3(n-3)</sub>	2,10
C <sub>16:0</sub>	25,47	C <sub>20:1</sub>	-	C <sub>18:3(n-6)</sub>	0,16
C <sub>17:0</sub>	0,45	C <sub>22:1</sub>	0,97	C <sub>20:2(c11,t14)</sub>	0,13
C <sub>18:0</sub>	11,26			C <sub>20:3(n-3)</sub>	0,14
C <sub>20:0</sub>	0,39			C <sub>20:3(n-6)</sub>	0,13
C <sub>21:0</sub>	-			C <sub>20:4(n-6)</sub>	0,60
C <sub>22:0</sub>	0,09			C <sub>20:5(n-3)</sub>	11,33
				C <sub>22:2(n-6)</sub>	0,03
				C <sub>22:4(n-6)</sub>	0,08
				C <sub>22:5(n-3)</sub>	1,83
				C <sub>22:6(n-3)</sub>	8,05
<b>SFA</b>	<b>44,29</b>	<b>MUFA</b>	<b>21,29</b>	<b>PUFA</b>	<b>27,80</b>
				<b>Egyéb zsírsav</b>	<b>6,62</b>
				<b>Σn-6</b>	<b>2,20</b>
				<b>Σn-3</b>	<b>23,45</b>
				<b>n-6/n-3</b>	<b>0,09</b>

### 3.4. Az üzemi kísérletek metodikája

Mindkét omega-3 zsírkészítmény esetében üzemi vizsgálatok során értékeltük etetésük hatását a tehenek tejtermelésére, a napi tejjel termelt táplálóanyagok mennyiségére, továbbá a tej zsírsav-összetételére. A kísérleteket a Solum Zrt. komáromi tehenészeti telepén, holstein-fríz tehenekkel végeztük.

### 3.4.1. Bevezető üzemi kísérlet (Előkísérlet)

Egy bevezető üzemi kísérlet során vizsgáltuk, hogy a kukoricaszilázs alapú takarmányozás, alacsony dózisú (0,25 kg/állat/nap) omega-3 zsírkészítménnyel (*I. készítmény*) történő kiegészítése hogyan befolyásolja az állatok tejtermelését, a tej táplálóanyag-tartalmát és zsírsavprofilját. A kísérletbe 25 db, többször ellett tehenet vontunk be, amelyek döntően a 2-3. laktációjukat teljesítették, és a laktáció harmadik szakaszában voltak (átlagos napi tejtermelésük a kísérletet megelőző 2 hétben:  $18,69 \pm 2,8$  kg volt). A vizsgálat kontroll és kísérleti szakaszból állt. A 3 hónapig tartó vizsgálatban végig ugyanazt a 25 db tehenet szerepeltettük. A kontroll szakasz 2 hetes előtetési és 4 hetes vizsgálati szakaszból állt. Az ezt követő kísérleti szakaszban újabb 2 hét előtetés következett, melynek során fokozatosan hozzászoktattuk a teheneket a napi 0,25 kg-os bypass omega-3 készítményhez, majd 4 hetes vizsgálati szakasz következett.

A bevezető üzemi kísérlet során etetett takarmányadagokat és azok számított táplálóanyag-tartalmát a 5. táblázat tartalmazza, míg az etetett omega-3 készítmény vizsgált zsírsav-összetétele a 2. táblázatban látható. Tekintettel arra, hogy a 0,25 kg-os bypass omega-3 készítményt nem lehetett közvetlenül használni a mérleggel ellátott takarmánykeverő-kiosztó kocsiba, ezért az adagban szereplő kukoricadara felhasználásával egy előkeveréket készítettünk.

**5. táblázat: A bevezető üzemi kísérlet során etetett takarmányadag összetétele és a napi adag számított táplálóanyag-tartalma**

<b>Alapanyag, illetve táplálóanyag</b>	<b>Kontroll szakasz</b>	<b>Kísérleti szakasz</b>
	<i>kg/állat/nap</i>	
Kukoricaszilázs	20	20
Lucernaszenázs	8,5	8,5
Réti széna	3,5	3,5
Kukoricadara	1,5	1,5
Extrahált napraforgódara (II.o.)	1	1
Cukor Pack*	0,5	0,5
Premix (233-450)**	0,2	0,2
omega-3 készítmény (I. készítmény)***	-	0,25
<b>Összesen (kg)</b>	<b>35,20</b>	<b>35,45</b>
<b>A napi adag számított táplálóanyag-tartalma</b>		
Száranyag (kg)	17,9	18,1
Nyersfehérje (g)	2327	2330
MFE (g)	1464	1465
MFN (g)	1402	1403
Nyersrost (g)	3670	3680
NE <sub>1</sub> (MJ)	106,3	109,8
Ca (g)	213	213
P (g)	84	84
Nyerszsír (g)	428	581
RDP (g)	1522	1524
UDP (g)	764	765
NDF (g)	7780	7780
ADF (g)	4027	4027

*Forgalmazó/gyártó: \*Solum Zrt., (Komárom);\*\*Vitafort Zrt. (Dabas);  
\*\*\*Adexgo Kft. (Balatonfüred)*

A Solum Zrt. telepén a teheneket naponta kétszer fejjik. A tehenészetben számítógéppel összekapcsolt fejési rendszer működik, így az állatok egyedi tejtermelését a kísérlet minden napján fejésenként rögzíteni



tudtuk. A tej összetételét az esti fejés tejéből, hetente egy alkalommal egyedileg állapítottuk meg.

Az egyedi tejminták mellett, a kontroll és a kísérleti szakasz során mintavételi alkalmanként, 2 db elegyetejet is gyűjtöttünk, melyek zsírsav-összetételét (n=16/zsírsav/szakasz) gázkromatográffal határoztuk meg.

### 3.4.2. I. Nagyüzemi kísérlet

A fűszenázs alapú takarmányadag és a továbbfejlesztett II. omega-3 készítmény etetésének hatását nagyüzemi kísérletben (Solum Zrt., Komárom) is vizsgáltuk. A kontroll és a kísérleti csoportba 80, többször ellett tehenet vontunk be, amelyek döntően a 2-3. laktációjukat teljesítették, és a laktáció harmadik szakaszában voltak (átlagos napi tejtermelésük a kísérletet megelőző 2 hétben: 21-22 kg volt). A kontroll csoport kukoricaszilázs-lucernaszenázs-kukorica alapú, míg a kísérleti csoport egyedei fűszenázs-lucernaszenázs-kukorica alapú takarmányadagot fogyasztottak. A kísérlet során etetett takarmányadagok számított táplálóanyag tartalmát a 6. táblázat tartalmazza. Tekintettel arra, hogy a kidolgozott takarmányadag, továbbá az omega-3 zsírkészítmény PCT szabadalmi bejelentése folyamatban van (bejelentési szám: *PCT/IB2011/052014*), ezért a pontos összetételt nem kívánjuk közölni. A kísérleti csoport egyedei naponta 0,5 kg mennyiségben kapták a II. omega-3 zsírkészítményt (termék neve: Adexgo-1, gyártó: Adexgo Kft., Balatonfüred). A zsírkiegészítő magas EPA- és DHA tartalmú halolajat tartalmazott, amit egy saját fejlesztésű burkolási technikával védenek a bendőbeli lebomlástól.

**6. táblázat: Az I. üzemi kísérlet során etetett takarmányadag számított táplálóanyag tartalma és vizsgált zsírsav-összetétele (g zsírsav/100 g zsír)**

<b>Táplálóanyag</b>	<b>Kontroll szakasz</b>	<b>Kísérleti szakasz</b>
Szárazanyag (kg)	24,4	24,6
NE <sub>l</sub> (MJ)	159	159
Nyersfehérje (g)	3921	3964
MFE (g)	2355	2282
MFN (g)	2501	2504
RDP (g)	2239	2223
Nyersrost (g)	3819	4212
NDF (g)	8935	9075
ADF (g)	4570	5334
Nyerszsír (g)	747	1042
Ca (g)	205	262
P (g)	122	122
<b>Zsírsavösszetétel</b>		
C <sub>14:0</sub> : mirisztinsav	0,50	1,08
C <sub>16:0</sub> : palmitinsav	13,47	24,31
C <sub>18:0</sub> : sztearinsav	4,49	7,60
C <sub>20:0</sub> : arachidsav	0,30	0,43
C <sub>16:1</sub> : palmitoleinsav	0,35	0,88
C <sub>18:1</sub> : olajsav	45,11	25,22
c-C <sub>18:1</sub> : vakcénsav	1,37	1,01
C <sub>20:1</sub> : eikozénsav	0,37	0,66
C <sub>18:2</sub> : linolsav	29,19	26,88
C <sub>18:3</sub> : linolénsav	2,71	6,69
C <sub>20:5</sub> : eikozapentaénsav	0,03	1,41
C <sub>22:5</sub> : dokozapentaénsav	-	0,15
C <sub>22:6</sub> : dokozahexaénsav	-	0,51

A tejtermelési kísérlet 6 hétig tartott, amit 3 hét előtetési szakasz előzött meg. Az előtetési szakaszban szoktattuk hozzá a teheneket a fűszenázs alapú takarmányozáshoz és a II. omega-3 zsírkészítmény etetéséhez. A tej összetételét, az esti és a reggeli fejés tejéből, hetente egy alkalommal egyedileg állapítottuk meg. Az egyedi tejminták mellett, a kontroll és a kísérleti szakasz során mintavételi alkalmanként 2 db elegytejet

is gyűjtöttünk mind a reggeli, mind az esti fejből, melyek zsírsav-összetételét gázkromatográfiás úton határoztuk meg.

### 3.4.3. II. Nagyüzemi kísérlet

A második nagyüzemi etetési kísérletet ugyancsak a Solum Zrt. komáromi tehenészeti telepén végeztük el. A kísérletben 40, bőtejelő (átlagos tejtermelés a kísérletet megelőző 2 hétben  $31,2 \pm 1,38$  kg), többször ellett tehén vett részt (a csoport egyedei a kísérlet megkezdésekor átlagosan a laktáció  $170 \pm 45$  napján voltak). A kísérlet kezdetén az állatok a hazai takarmányozásra jellemző kukoricasilázs-lucernaszenázs-kukorica alapú takarmányozásban részesültek, majd 14 nap átmeneti szakaszt követően rátértünk a fűszenázs alapú takarmányozásra (kontroll szakasz). Ez a szakasz 10 hétig tartott, majd egy újabb 14 napos átmeneti szakaszt követően a fűszenázs alapú takarmányozáson felül („on top”) 0,5 kg módosított zsírsav-összetételű II. omega-3 készítményt (termék neve: Adexgo-1, gyártó: Adexgo Kft., Balatonfüred) etettünk az állatokkal (kísérleti szakasz) szintén 10 héten keresztül. A kísérlet során etetett takarmányadag összetételét a 7. táblázatban foglaltuk össze. A vizsgálatban végig ugyanaz a 40 tehén vett részt, így az alkalmazott takarmányozás tehenek tejtermelésére, továbbá a tej összetételére gyakorolt hatását csak téjékoztató jelleggel célszerű figyelembe venni. Ezen kísérleti metodika során azonban lehetőségünk volt arra, hogy a zsírsavösszetétel tekintetében az egyedi különbségek hatásával nem kellett számolni.

A kísérletben hetente egyszer (mindig a szerdai napon) tejmintát gyűjtünk a tehenektől, és az esti fejből meghatározzuk a tej fontosabb

táplálóanyag tartalmát (szárazanyag, fehérje-, zsír- és cukortartalom), továbbá az elegyitejeből a tejszír zsírsav-összetételét (n=20/zsírsav/szakasz). A tehének tejtermelését naponta és fejésenként rögzítettük.

**7. táblázat: A II. üzemi kísérlet kontroll és a kísérleti szakaszában etetett takarmányadag összetétele (a szárazanyag %-ában) és vizsgált zsírsav-profilja (g zsírsav/100 g zsír)**

Megnevezés	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz
	szárazanyag %-ában	
Fűszenázs	39,60	38,80
Lucernaszenázs	12,30	12,10
Réti széna	11,30	11,00
Kukoricadara	9,60	9,40
Nedves kukoricadara	6,70	6,50
Extrahált napraforgódara II.o.	5,90	5,80
Védett szójadara	5,90	5,80
Cukorpak*	5,70	5,60
Glicerin	1,80	1,70
Premix (233-450)**	1,20	1,20
<b>Omega-3 kiegészítő (Adexgo-1)***</b>	-	<b>2,10</b>
<b>Zsírsavösszetétel</b>		
C <sub>14:0</sub> : mirisztinsav	1,21	1,10
C <sub>16:0</sub> : palmitinsav	22,90	23,20
C <sub>18:0</sub> : sztearinsav	7,56	8,60
C <sub>20:0</sub> : arachidsav	0,50	0,51
C <sub>16:1</sub> : palmitoleinsav	0,98	0,92
C <sub>18:1</sub> : olajsav	27,51	26,10
c-C <sub>18:1</sub> : vakcénsav	0,90	1,25
C <sub>20:1</sub> : eikozénsav	0,62	0,62
C <sub>18:2</sub> : linolsav	24,12	25,35
C <sub>18:3</sub> : linolénsav	8,55	7,89
C <sub>20:5</sub> : eikozapentaénsav	0,03	1,52
C <sub>22:5</sub> : dokozapentaénsav	0,01	0,18
C <sub>22:6</sub> : dokozaheksaénsav	-	0,56

Forgalmazó/gyártó: \*Solum Zrt. (Komárom); \*\*Vitafort Zrt. (Dabas); \*\*\*Adexgo Kft. (Balatonfüred)

### 3.5. Organoleptikus vizsgálatok

Az I. és a II. nagyüzemi kísérlet során kóstolópróbát végeztünk annak megállapítására, hogy a fűszerezés alapú takarmányozás és a II. omega-3 zsírkészítmény etetése, valamint a különböző pasztörözési hőmérsékletek milyen hatással vannak a módosított zsírsav-összetételű tej organoleptikus (érzékszervi) tulajdonságaira. A NYME-MÉK Takarmányozástani Intézeti Tanszékén 3 alkalommal történt organoleptikus vizsgálat, 20; 44 és 16 fő bevonásával. A bírálók minden alkalommal pasztörözött tejmintát kóstoltak és a vizsgált tulajdonságokat (illat, szín, íz) 0-5-ig terjedő skálán értékelték (0=rossz; 5=kiváló).

A Campden BRI Magyarország Nonprofit Kft. (Budapest) munkatársai egy független vizsgálatban ugyancsak értékelték a módosított takarmányozással előállított tej és egy kereskedelmi forgalomban kapható tejtermék (Tolle tej 2,8%, Tolnatej Zrt., Szekszárd) fontosabb érzékszervi tulajdonságait. A bírálók vizsgálták azt is, hogy az eltérő hőfokon történő pasztörözésnek (72°C, illetve 90°C) van-e hatása a vizsgált paraméterekre. Ebben a vizsgálatban 6 bíráló 14 tulajdonságot értékelt. A pontozási skála 0-9-ig terjedt, ahol 0-legrosszabb, 9-legjobb minősítésnek felelt meg.

### 3.6. A kísérletek során alkalmazott kémiai vizsgálati eljárások

Az etetett takarmányok szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost-, és nyersshamu tartalmát a Magyar Takarmánykódexben (2004) (Magyar Szabvány) javasolt módszerekkel állapítottuk meg.

A bendőfolyadék minták pH értékét OP 211/1 típusú (Radelkis Kft., Budapest, Magyarország) elektromos pH mérővel,  $\text{NH}_3$  tartalmát pedig OP-264/2 típusú (Radelkis Kft., Budapest, Magyarország) ammóniaérzékeny elektróddal vizsgáltuk. A bendőfolyadék mikrobiális aktivitását nitritredukciós próbával határoztuk meg, 3 különböző nitritkoncentráció mellett (0,025%-os  $\text{KNO}_2$  oldatból 0,2; 0,5 és 0,7 ml/10 ml bendőfolyadék). Reagensként alfa-naftil-amint használtunk (Horváth, 1979). Az aktivitásra abból az időtartalomtól következtettünk, amelyre a bendőbaktériumoknak a nitrit redukciójához szükségük van. A bendőfolyadék illózsírsav tartalmát Biotronik (Wissenschaftliche Geräte GmbH, Németország) típusú folyadékkromatográffal határoztuk meg.

Az etetett takarmányok, illetve a tejminták zsírjának zsírsavösszetételét 6890N típusú gárokromatográffal (Agilent Technologies, Foster City, CA, USA, MSZ ISO 5508:1992) vizsgáltuk. Az oszlop jellemzői: Supelco SP™ 2560 Fused Silica Column (Supelco, Bellefonte, PA, USA) 100 m×0,25 mm×0,2 μm filmvastagság; vivőgáz: H. A tejből centrifugálással kinyert zsírt kloroform és metanol 2:1 arányú elegyével kezeltük. A fázisok megfelelő elválását 0,9%-os sóoldattal segítettük. Az elszappanosítást a minta bepárlását követően 1 n NaOH-dal 100°C-on végeztük. Az észterezés  $\text{BF}_3$ -metanollal történt, majd hexános kioldás, illetve centrifugálás és víztelenítés után került sor a minták injektálására.

Az előkísérlet, valamint az I. és II. nagyüzemi kísérlet során vett tejminták zsír, fehérje, laktóz és szárazanyag tartalmát a Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet (MTKI, Mosonmagyaróvár) vizsgálta MilkoScan™ Minor 4 (FossAnalytical, Hillerød, Dánia) típusú műszerrel. Az I. nagyüzemi kísérlet során vett nyers tejminták pasztörözését, sűrítését,

valamint porítását szintén az MTKI-ban végeztük. A pasztőrözés PA lemezpasztőrözővel (Nagema, Németország), a sűrítés ejtőcsöves vákuumsűrítővel (Anhydro, Dánia), míg a porítás Niro porító (Anhydro, Dánia) berendezéssel történt.

A nyugat-magyarországi tehenészeti telepek tejmintáinak fehérje- és zsírtartalmát az Óvártej Zrt. (Mosonmagyaróvár) munkatársai vizsgálták ugyancsak MilkoScan™ Minor 4 (FossAnalytical, Hillerød, Dánia) típusú berendezéssel.

### **3.7. A kísérleti eredmények statisztikai értékelése**

A kísérleti eredmények statisztikai értékelését (*Kolmogorov-Smirnov teszt; t-próba, egy- és többtényezős varianciaanalízis, Kruskal-Wallis teszt, Mann-Whitney teszt, korreláció analízis*) az SPSS 15.0. for Windows program (SPSS Inc., Chicago, USA) segítségével végeztük el.

A statisztikai vizsgálatban az Adware Research Kft. (Balatonfüred) munkatársai nyújtottak segítséget.

## 4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

### 4.1. A tehéntej zsír-, és fehérjetartalmának, továbbá zsírsav-összetételének évszakonkénti változása

A két éves vizsgálat – 2008. szeptember 1. és 2010. augusztus 31. – során hetente egy alkalommal nyers tejmintát vettünk az Óvártej Zrt. mosonmagyaróvári tejuzemében. A vizsgált tejminták zsír- és fehérje tartalmát a 8. táblázatban foglaltuk össze.

#### 8. táblázat: A tehéntej zsír-, és fehérjetartalmának évszakonkénti alakulása a vizsgálat során (g/100 g)

	Ősz	Tél	Tavaszi	Nyár
Tejzsír	3,86±0,12 <sup>a</sup>	3,92±0,08 <sup>a</sup>	3,78±0,09 <sup>b</sup>	3,64±0,07 <sup>c</sup>
Tejfehérje	3,43±0,21 <sup>a</sup>	3,35±0,07 <sup>a</sup>	3,24±0,07 <sup>b</sup>	3,17±0,07 <sup>c</sup>

A vízszintes sorokon belül szereplő eltérő betűjelzésű átlagok szignifikánsan különböznek egymástól, P < 0,05

A táblázat adataiból látható, hogy a legnagyobb zsírtartalmat télen (3,92%), míg a legkisebbet a nyári tejmintákban mértük (3,64%). A tej fehérje vonatkozásában a maximális értéket ősszel (3,43%), míg a legkisebb mennyiséget itt is a nyári tejminták esetében kaptuk (3,17%).

Az évszak hatása a tej zsír- és fehérje tartalmára többnyire a különböző tartástechnológiákra és az eltérő takarmányozásra vezethető vissza. Ezt igazolja *White* és *mtsai* (2001) vizsgálata is, melynek során holstein-fríz és jersey tehének tejösszetételét értékelték, zárt tartás, illetve legeltetés mellett. A szerzők, mindkét fajta esetében szignifikánsan alacsonyabb tej zsírtartalmat (3,23% vs. 3,33%, illetve 3,68% vs. 4,10%, az



előző sorrendben) állapítottak meg a legeltetés során. Ugyanakkor a fehérje% csak a jersey tehenek esetében csökkent szignifikánsan a legeltetést követően (3,62% vs. 3,43%). *Pešek* és *mtsai* (2008) holstein-fríz tehenekkel végzett vizsgálatában a nyári, fűszilázsra alapozott takarmányozás magasabb tejszír %-ot (4,29%) eredményezett, mint a téli, kukoricaszilázs alapú takarmányadag (4,07%) etetése. Kapott adatainkkal egyezően *Heck* és *mtsai* (2009) vizsgálatában a legmagasabb zsír %-ot januárban (4,57%), míg a legalacsonyabbat júniusban (4,10%) mérték. Az évszakhatás tekintetében *Butler* és *mtsai* (2011) szignifikáns különbséget mértek a tejszír vonatkozásában. Ugyanakkor a tej fehérje tartalmát illetően nem tapasztaltak változást. *Bedő* és *mtsai* (2005) merinó juhokkal végzett vizsgálatában az évszaknak nem volt hatása a tej összetételére.

A nyers tej-minták évszakonkénti átlagos zsírsav-összetétele a 9. táblázatban található meg. Az SFA zsírsav csoporton belül a 2 éves adatsor esetében – a C17:0 zsírsav kivételével – valamennyi zsírsav esetében szignifikáns ( $P=0,05$ ) különbséget kaptunk. Az SFA zsírsavcsoport részaránya tekintetében a legnagyobb értéket télen (64,70%), míg a legkisebbet nyáron (63,72%) kaptuk. A téli és az őszi (64,70% és 64,40%, sorrendben) tejminták között nem, ugyanakkor a téli és a tavaszi (64,70% és 64,27%, sorrendben) tejminták esetében szignifikáns ( $P=0,05$ ) különbséget kaptunk. Adatainkkal egyezően *Salamon* és *mtsai* (2005) szintén a téli tejmintáknál mérték a legnagyobb C10:0 (kaprinsav), C12:0 (laurinsav) és a C14:0 (mirisztinsav) részarányt.

**9. táblázat: A tehéntej zsírsav-összetételének évszakonkénti alakulása a vizsgálat során (g /100 g összes zsírsav)**

Zsírsav	Ősz	Tél	Tavasza	Nyár
C <sub>8:0</sub>	1,07±0,07 <sup>a</sup>	1,11±0,06 <sup>ab</sup>	1,10±0,12 <sup>a</sup>	1,02±0,07 <sup>b</sup>
C <sub>10:0</sub>	2,82±0,16 <sup>b</sup>	2,94±0,14 <sup>a</sup>	2,80±0,04 <sup>b</sup>	2,62±0,13 <sup>c</sup>
C <sub>11:0</sub>	0,35±0,03 <sup>a</sup>	0,34±0,02 <sup>a</sup>	0,32±0,01 <sup>b</sup>	0,31±0,02 <sup>c</sup>
C <sub>12:0</sub>	3,52±0,22 <sup>ab</sup>	3,63±0,07 <sup>a</sup>	3,52±0,07 <sup>b</sup>	3,26±0,16 <sup>c</sup>
C <sub>13:0</sub>	0,24±0,03 <sup>a</sup>	0,24±0,01 <sup>a</sup>	0,22±0,01 <sup>b</sup>	0,21±0,01 <sup>b</sup>
C <sub>14:0</sub>	10,95±0,31 <sup>b</sup>	11,15±0,10 <sup>a</sup>	11,03±0,11 <sup>b</sup>	10,73±0,26 <sup>c</sup>
C <sub>15:0</sub>	1,26±0,10 <sup>a</sup>	1,23±0,02 <sup>ac</sup>	1,20±0,03 <sup>b</sup>	1,22±0,04 <sup>c</sup>
C <sub>16:0</sub>	33,33±0,48 <sup>a</sup>	33,02±0,43 <sup>ac</sup>	32,50±0,28 <sup>b</sup>	32,79±0,47 <sup>bc</sup>
C <sub>17:0</sub>	0,72±0,07	0,72±0,02	0,72±0,02	0,72±0,24
C <sub>18:0</sub>	9,96±0,39 <sup>b</sup>	10,16±0,29 <sup>bc</sup>	10,68±0,22 <sup>a</sup>	10,65±0,46 <sup>a</sup>
C <sub>20:0</sub>	0,15±0,01 <sup>b</sup>	0,14±0,00 <sup>b</sup>	0,15±0,01 <sup>a</sup>	0,16±0,01 <sup>a</sup>
C <sub>21:0</sub>	0,025±0,06 <sup>bc</sup>	0,023±0,00 <sup>c</sup>	0,028±0,00 <sup>ab</sup>	0,029±0,00 <sup>a</sup>
<b>SFA</b>	<b>64,40±0,92<sup>ab</sup></b>	<b>64,70±0,35<sup>a</sup></b>	<b>64,27±0,37<sup>b</sup></b>	<b>63,72±0,59<sup>c</sup></b>
C <sub>14:1</sub>	0,98±0,05 <sup>a</sup>	0,95±0,03 <sup>b</sup>	0,90±0,02 <sup>c</sup>	0,90±0,04 <sup>c</sup>
C <sub>16:1</sub>	2,19±0,07 <sup>a</sup>	2,13±0,05 <sup>b</sup>	2,09±0,04 <sup>c</sup>	2,14±0,06 <sup>b</sup>
C <sub>17:1</sub>	0,23±0,01 <sup>ab</sup>	0,22±0,01 <sup>b</sup>	0,22±0,01 <sup>b</sup>	0,24±0,01 <sup>a</sup>
C <sub>18:1</sub>	22,34±0,89 <sup>bc</sup>	22,08±0,66 <sup>c</sup>	22,53±0,39 <sup>b</sup>	23,09±0,48 <sup>a</sup>
c-C <sub>18:1</sub>	0,70±0,11 <sup>c</sup>	0,71±0,14 <sup>bc</sup>	0,78±0,11 <sup>ab</sup>	0,85±0,08 <sup>a</sup>
9t-C <sub>18:1</sub>	1,59±0,18	1,70±0,13	1,69±0,14	1,64±0,14
C <sub>20:1</sub>	0,11±0,01	0,11±0,00	0,11±0,01	0,11±0,01
<b>MUFA</b>	<b>28,14±0,72<sup>b</sup></b>	<b>27,90±0,64<sup>b</sup></b>	<b>28,32±0,42<sup>b</sup></b>	<b>28,97±0,54<sup>a</sup></b>
C <sub>18:2</sub> (n-6)	2,97±0,21 <sup>ab</sup>	2,97±0,12 <sup>a</sup>	2,96±0,12 <sup>a</sup>	2,84±0,09 <sup>b</sup>
CLA (c9, t11)	0,43±0,02	0,42±0,01	0,43±0,02	0,43±0,03
C <sub>18:3</sub> (n-6)	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00
C <sub>18:3</sub> (n-3)	0,39±0,05	0,39±0,04	0,38±0,02	0,38±0,03
C <sub>20:2</sub> (n-6)	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00	0,03±0,00
C <sub>20:3</sub> (n-6)	0,12±0,00 <sup>b</sup>	0,12±0,00 <sup>a</sup>	0,12±0,00 <sup>a</sup>	0,11±0,01 <sup>b</sup>
C <sub>20:4</sub> (n-6)	0,19±0,01	0,20±0,01	0,20±0,01	0,19±0,01
C <sub>20:5</sub> (n-3)	0,02±0,01	0,02±0,00	0,02±0,00	0,02±0,00
C <sub>22:2</sub> (n-6)	0,01±0,00	0,02±0,01	0,02±0,01	0,01±0,01
C <sub>22:4</sub> (n-6)	0,04±0,00	0,04±0,00	0,04±0,00	0,04±0,00
C <sub>22:5</sub> (n-3)	0,06±0,00	0,06±0,00	0,06±0,00	0,06±0,00
<b>PUFA</b>	<b>4,29±0,26<sup>ab</sup></b>	<b>4,30±0,14<sup>a</sup></b>	<b>4,29±0,12<sup>a</sup></b>	<b>4,14±0,12<sup>b</sup></b>
<b>UFA</b>	<b>32,43</b>	<b>32,20</b>	<b>32,61</b>	<b>33,11</b>
<b>Egyéb</b>	<b>3,17</b>	<b>3,10</b>	<b>3,12</b>	<b>3,17</b>

a,b,c: P&lt;0,05

A MUFA csoportba tartozó zsírsavak többségénél (C14:1, C16:1, C17:1, C18:1, c-C18:1) ugyancsak ki lehetett mutatni évszakhatást. Ugyanakkor az egyes évszakok között nem kaptunk statisztikailag igazolható különbséget a t9-C18:1 (elaidinsav) és C20:1 (eikozénsav) vonatkozásában. *Butler* és *mtsai* (2011) vizsgálatában ugyancsak szignifikáns különbséget tapasztaltak a C16:1 zsírsav vonatkozásában az évszakokat tekintve. *Petrzak-Fiecko* és *mtsai* (2007) lengyel UHT tejminták vizsgálatakor a C14:1 és a C16:1 mennyiségét átlagosan 0,97 és 1,63%-ban (sorrendben) határozták meg. A rendelkezésre álló irodalmi forrásokkal (*Fox* és *mtsai*, 1989; *Csapó* és *Csapóné*, 2002; *Butler* és *mtsai* 2011) összehangban a legnagyobb olajsav részarányt a nyári (23,09%), míg a legkisebbet a téli mintákban (22,08%) mértünk. Ezzel egyezően a vakcénsav (c-C18:1) részaránya is a nyári mintákban emelkedett. *Collomb* és *mtsai* (2008) vizsgálatában az eltérő takarmányozás a c-18:1 mennyiségét nem befolyásolta, ugyanakkor a t9-C18:1 részarányában szignifikáns különbség mutatkozott.

A PUFA zsírsav csoporton belül csak a C18:2-linolsav és a C20:3-eikozatriénsav esetében mértünk szignifikáns ( $P=0,05$ ) különbséget. A linolsavra (C18:2) kapott adatunk ellentétes tendenciát mutat *Salamon* és *mtsai* (2005) eredményével. A táplálkozási szempontból fontos n-3 zsírsavakra és a c9,t11-C18:2-ra vonatkozóan nem kaptunk statisztikailag igazolt különbséget az egyes évszakok között. *Ledoux* és *mtsai* (2005) francia vajak vizsgálatakor az átlagos c9,t11-C18:2 tartalmat télen 0,40; tavasszal 0,52; nyáron 0,74 g/100 g vaj mennyiségben határozták meg. Svájci tejminták CLA tartalmáról *Collomb* és *Bühler* (2000) közölnek adatokat, melyek szerint télen 0,70, míg nyáron 1,55 g/100 g zsír CLA

menntiséget mérték a tejben. Izlandi és az északi országok tejmintáinak elemzésekor *Iggman* és *mtsai* (2003) az izlandi tejek esetében 0,64 míg az északi mintáknál 0,57%-ot mérték. *Prandini* és *mtsai* (2007) olaszországi sajtok vizsgálatakor a kecskesajt esetében szignifikánsan kisebb CLA tartalmat állapítottak meg, mint juh, illetve tehénsajt esetében (4,29; 7,77; 7,66 mg/g zsír, sorrendben). Takarmányozási szempontból *Collomb* és *mtsai* (2002) szignifikáns különbségről számolnak be a kizárólagosan csak legeltetett állatok, és az abrakot is fogyasztó állatok tejének CLA tartalma között (2,18; 0,81 g/100 g zsír, sorrendben).

Eredményeink megerősítették azt a tényt, hogy a hazai szarvasmarha telepek a tartósított tömegtakarmányokra (döntően kukoricaszilázs és lucernaszenázs) alapozott takarmányozásának köszönhetően a termelt tej tekintetében kedvezőtlenebb zsírsav-összetétellel rendelkeznek, mint amit az irodalmi adatok az európai nyerstej mintákra, illetve a legeltetett kérődző állatokra vonatkozóan közölnek (*Dhiman* és *mtsai*, 1999; *Precht* és *Molkentin*, 2000; *Reklewska* és *mtsai*, 2003; *Thorsdottir* és *mtsai*, 2004b; *Heck* és *mtsai*, 2009). Az n-6/n-3 zsírsav arány a nyári minták esetében volt a legkedvezőbb (7,06:1). Adatainkkal egyezően *Butler* és *mtsai* (2011) ugyancsak a nyári tejminták esetében kaptak kedvezőbb n-6/n-3 zsírsav arányt a téli mintákkal szemben (2,64:1 vs. 3,76:1).

## 4.2. Bendőkanüllel ellátott tinókkal végzett I. modellvizsgálat eredményei

### 4.2.1. *In situ* vizsgálat

A vizsgált hidrogénezett zsírkészítmény és a saját fejlesztésű I. omega-3 készítmény aktuális bendőbeli stabilitásának vizsgálatakor megállapítottuk, hogy a telítetlen zsírsavhányad növekedése rontja a bendőbeli stabilitást. A hidrogénezett zsírkészítmény (Hidropalm) bendőbeli stabilitása 80,1%, míg az omega-3 készítmény bendőbeli stabilitása 62,5% volt. *Kitessa* és *mtsai* (2003) *in vitro* vizsgálatában a kazein-formaldehid alapú védett halolaj készítmény bendőbeli stabilitása 82% volt. *Schmidt* és *mtsai* (2000) vizsgálatában az általuk fejlesztett Ca-szappan alapú védett zsírkészítmény 71,5%-os stabilitással rendelkezett. Az ebben a témában végzett korábbi hazai vizsgálatok eredményei (*Ribács* és *Schmidt*, 2006) azt mutatták, hogy a nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappanok bendőbeli stabilitásának *in situ* eljárással történő vizsgálatakor a szappan disszociációjából származó zsírsavak egy része bizonyos esetekben nem lép ki a zsákocskákból, hanem a telítetlen zsírsavak – melyek a bendő hőmérsékletén olajszerű folyadékok – a zsákocskák belső felületére rátapadva eltömik annak pórusait. Ezek a zsírsavak, mivel vízben nem oldódnak, az inkubációt követő többszöri vizes atmoszással sem távolíthatók el a zsákocskákból. Ebből következik, hogy az *in situ* vizsgálati módszer a több telítetlen zsírsavat tartalmazó Ca-szappanok bendőbeli stabilitásának megállapítására nem minden esetben alkalmas. A kísérletünkben egy burkolásos technikával előállított készítményt értékeltünk és a Hidropalm-

hoz viszonyított rosszabb bendőstabilitási eredmény – valószínűleg – nem az előbb említett felvetésnek köszönhető. A kedvezőtlenebb bendőbeli stabilitás fő oka a készítmény nem tökéletes burkolása, továbbá annak jelentős telítetlen zsírsavhányada lehetett.

#### **4.2.2. Bendőfermentáció**

A bendőfermentációs kísérletekben arra kerestük a választ, hogy az alkalmazott zsírkészítmények hogyan befolyásolják a bendőfolyadék fontosabb paramétereit (pH, ammónia, ecetsav, propionsav, vajsav, valeriansav, illetve mikrobiális aktivitás).

Az etetett zsírkészítményeket naponta és állatonként 0,25 kg-os mennyiségben alkalmaztuk, ami ebben az esetben a napi szárazanyag felvétel (10,9 illetve 11 kg) kb. 2,1-2,2%-ának felel meg. A nagy tejtermelésű teheneknél a laktáció első szakaszában az etetett takarmányadagok kb. 2-2,5% bendőben le nem bomló (védett) zsírt tartalmaznak, és az etetett adag kb. 5-6% összes zsírt tartalmaz. Fontos megemlíteni, hogy a zsírokkal úgy növelhetjük az adagok energiakonzentrációját, hogy azok a bendőmikrobák részére nem jelentenek energiaforrást.

A vizsgálat során kapott adatokat a *10-13. táblázatban*, illetve az *1. és a 2. ábrán* szemléltetjük.

Az etetés előtt vett bendőfolyadék mintákban (*10. táblázat*) az I. omega-3 készítmény szignifikáns mértékben növelte a propionsav koncentrációt a kontroll szakaszhoz képest. Ugyanakkor a hidrogénezett zsírkészítmény statisztikailag is igazolható mértékben csökkentette az i-

vajsav részarányát a kísérleti szakasz-2-ben. Míg az i,- és n-valeriánsav koncentrációt mindkét zsírkészítmény etetése szignifikáns mértékben növelte a kontroll szakaszhoz képest.

**10. táblázat: Az I. omega-3 készítmény és a Hidropalm etetésének hatása az etetés előtt vett bendőfolyadék néhány paraméterére**

Megnevezés	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz 1 ( <i>omega-3 készítmény</i> )	Kísérleti szakasz 2 ( <i>Hidropalm</i> )
pH	6,88±0,12 <sup>a</sup>	6,88±0,15 <sup>a</sup>	6,96±0,17 <sup>a</sup>
NH <sub>3</sub> , mmol/l	3,75±2,21 <sup>a</sup>	4,73±2,37 <sup>a</sup>	4,73±2,51 <sup>a</sup>
Összes illózsírsav, mmol/l	102,58±11,65 <sup>a</sup>	105,91±7,75 <sup>a</sup>	108,24±10,19 <sup>a</sup>
Ecetsav, mmol/l	73,84±8,69 <sup>ab</sup>	72,16±6,08 <sup>b</sup>	77,01±7,23 <sup>a</sup>
Propionsav, mmol/l	16,66±1,83 <sup>b</sup>	20,47±5,49 <sup>a</sup>	18,47±2,73 <sup>ab</sup>
Ecetsav/Propionsav	4,43	3,52	4,16
izo-vajsav, mmol/l	0,60±0,13 <sup>a</sup>	0,57±0,11 <sup>a</sup>	0,49±0,10 <sup>b</sup>
n-vajsav, mmol/l	10,14±1,72 <sup>a</sup>	10,92±1,10 <sup>a</sup>	10,53±1,44 <sup>a</sup>
izo-valeriánsav, mmol/l	1,00±0,18 <sup>b</sup>	1,30±0,24 <sup>a</sup>	1,28±0,22 <sup>a</sup>
n-valeriánsav, mmol/l	0,31±0,04 <sup>b</sup>	0,47±0,29 <sup>a</sup>	0,43±0,19 <sup>a</sup>

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)

A 11. táblázatban közölt adatokból látható, hogy az etetést követően 2 órával a bendőfolyadék pH-ja, ammónia-, ecetsav-, n-vajsav, i- és n-valeriánsav koncentrációja továbbá a bendőmikrobák aktivitása nem változott szignifikáns mértékben. Ugyanakkor az alkalmazott zsírkészítmények szignifikáns mértékben növelték a propionsav koncentrációt, továbbá a hidrogénezett zsír szignifikánsan, míg a bypass omega-3 készítmény kismértékben csökkentette a bendőfolyadék i-vajsav

koncentrációját. A kontroll szakaszhoz képest a bendőfolyadék összes illózsírsav koncentrációja (VFA) sem változott szignifikáns mértékben, a kísérleti szakaszokban. Ugyanakkor az alkalmazott zsírkiegészítések közül a több telítetlen zsírsavat tartalmazó készítmény jelentősebben, míg a Hidropalm kisebb mértékben, de ugyancsak szűkítette az C2:C3 arányt.

**11. táblázat: Az I. omega-3 készítmény és a Hidropalm etetésének hatása az etetés után 2 órával vett bendőfolyadék néhány paraméterére**

Megnevezés	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz 1 ( <i>omega-3</i> készítmény)	Kísérleti szakasz 2 ( <i>Hidropalm</i> )
pH	6,55±0,17 <sup>a</sup>	6,52±0,13 <sup>a</sup>	6,52±0,18 <sup>a</sup>
NH <sub>3</sub> , mmol/l	9,11±4,79 <sup>a</sup>	9,76±2,54 <sup>a</sup>	10,18±4,17 <sup>a</sup>
KNO <sub>2</sub> red. 0,2 ml, perc	3,12±0,49 <sup>a</sup>	3,08±0,40 <sup>a</sup>	3,18±0,78 <sup>a</sup>
KNO <sub>2</sub> red. 0,5 ml, perc	5,15±2,34 <sup>a</sup>	5,16±1,73 <sup>a</sup>	5,90±2,14 <sup>a</sup>
KNO <sub>2</sub> red. 0,7 ml, perc	7,62±2,99 <sup>a</sup>	7,37±2,74 <sup>a</sup>	8,53±3,46 <sup>a</sup>
Összes illózsírsav, mmol/l	94,83±12,40 <sup>a</sup>	93,80±9,59 <sup>a</sup>	97,92±14,04 <sup>a</sup>
Ecetsav, mmol/l	69,47±11,83 <sup>a</sup>	62,31±8,18 <sup>a</sup>	69,57±12,91 <sup>a</sup>
Propionsav, mmol/l	16,07±2,35 <sup>b</sup>	19,48±3,35 <sup>a</sup>	18,09±3,02 <sup>a</sup>
Ecetsav/Propionsav	4,32	3,19	3,84
izo-vajsav, mmol/l	0,52±0,16 <sup>a</sup>	0,42±0,13 <sup>ab</sup>	0,38±0,12 <sup>b</sup>
n-vajsav, mmol/l	10,32±2,10 <sup>a</sup>	10,04±2,30 <sup>a</sup>	10,57±1,95 <sup>a</sup>
izo-valeriánsav, mmol/l	1,04±0,24 <sup>a</sup>	1,19±0,24 <sup>a</sup>	1,14±0,29 <sup>a</sup>
n-valeriánsav, mmol/l	0,68±0,15 <sup>a</sup>	0,71±0,16 <sup>a</sup>	0,63±0,28 <sup>a</sup>

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)

Az etetést követő 4. órában vett minták esetében a bendőfolyadék pH-értékét mindkét készítmény, míg annak ecetsav koncentrációját csak az omega-3 készítmény csökkentette szignifikáns mértékben a kontroll



szakaszhoz viszonyítva (12. táblázat). A bendőfolyadék magasabb propionsav és alacsonyabb i-vajsav tartalmát, továbbá szűkebb ecetsav:propionsav arányát a kísérleti szakaszokban (1 és 2) ebben az esetben is megfigyeltük.

**12. táblázat: Az I. omega-3 készítmény és a Hidropalm etetésének hatása az etetés után 4 órával vett bendőfolyadék néhány paraméterére**

Megnevezés	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz 1 (omega-3 készítmény)	Kísérleti szakasz 2 (Hidropalm)
pH	6,45±0,16 <sup>a</sup>	6,30±0,17 <sup>b</sup>	6,24±0,54 <sup>b</sup>
NH <sub>3</sub> , mmol/l	4,64±2,34 <sup>a</sup>	3,14±1,33 <sup>a</sup>	5,11±2,24 <sup>a</sup>
Összes illózsírsav, mmol/l	110,94±13,83 <sup>a</sup>	108,11±10,49 <sup>a</sup>	111,69±19,44 <sup>a</sup>
Ecetsav, mmol/l	78,78±10,48 <sup>a</sup>	72,37±9,22 <sup>b</sup>	78,42±14,10 <sup>ab</sup>
Propionsav, mmol/l	18,05±2,31 <sup>b</sup>	21,43±4,50 <sup>a</sup>	19,02±3,58 <sup>ab</sup>
Ecetsav/Propionsav	4,36	3,37	4,12
izo-vajsav, mmol/l	0,54±0,16 <sup>a</sup>	0,40±0,11 <sup>b</sup>	0,42±0,19 <sup>b</sup>
n-vajsav, mmol/l	11,77±2,05 <sup>a</sup>	11,96±1,60 <sup>a</sup>	11,95±2,11 <sup>a</sup>
izo-valeriánsav, mmol/l	1,04±0,23 <sup>a</sup>	1,21±0,26 <sup>a</sup>	1,18±0,31 <sup>a</sup>
n-valeriánsav, mmol/l	0,72±0,17 <sup>a</sup>	0,73±0,22 <sup>a</sup>	0,68±0,27 <sup>a</sup>

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)

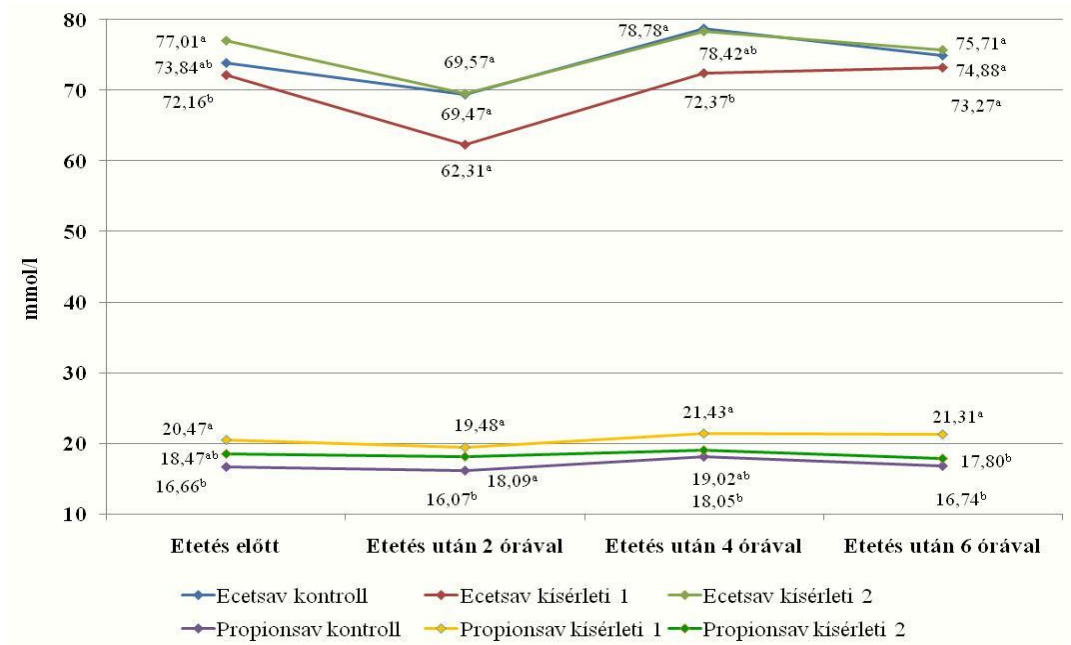
Az etetés után 6 órával vett bendőfolyadék mintákban a bypass omega-3 készítmény etetése szignifikáns mértékben csökkentette a bendőfolyadék pH-ját a kontroll és a kísérleti 2-es szakaszhoz képest (13. táblázat). A propionsav koncentráció ugyancsak szignifikánsan nőtt, aminek következtében az ecetsav:propionsav arány ebben az esetben is szűkült. A zsírkiegészítés hatására (kísérleti 1 és 2 szakaszok) a

bendőfolyadék i-vajsav koncentrációja szintén statisztikailag igazolható mértékben csökkent. Ezzel ellentétben az i-valeriánsav koncentráció a kísérleti 1-es szakaszban szignifikánsan nagyobb volt a kontroll szakaszhoz viszonyítva.

**13. táblázat: Az I. omega-3 készítmény és a Hidropalm etetésének hatása az etetés után 6 órával vett bendőfolyadék néhány paraméterére**

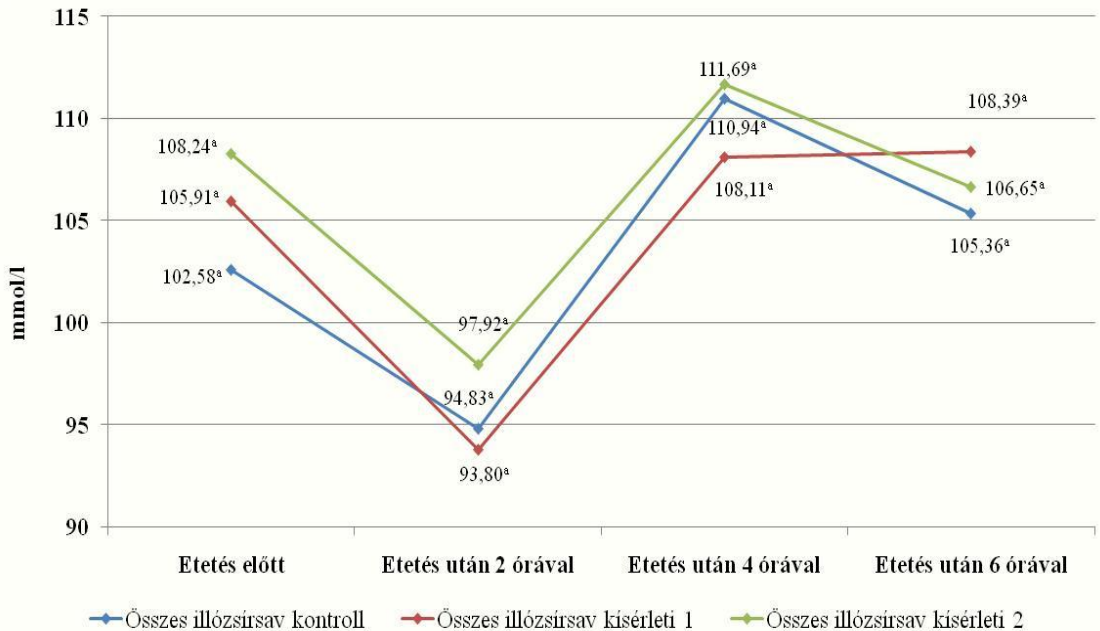
Megnevezés	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz 1 (omega-3 készítmény)	Kísérleti szakasz 2 (Hidropalm)
pH	6,61±0,14 <sup>a</sup>	6,46±0,21 <sup>b</sup>	6,55±0,23 <sup>a</sup>
NH <sub>3</sub> , mmol/l	1,09±0,36 <sup>a</sup>	1,17±0,60 <sup>a</sup>	1,04±0,94 <sup>a</sup>
Összes illózsírsav, mmol/l	105,36±11,84 <sup>a</sup>	108,39±11,70 <sup>a</sup>	106,65±11,88 <sup>a</sup>
Ecetsav, mmol/l	74,88±8,92 <sup>a</sup>	73,27±9,31 <sup>a</sup>	75,71±8,92 <sup>a</sup>
Propionsav, mmol/l	16,74±1,67 <sup>b</sup>	21,31±5,65 <sup>a</sup>	17,80±1,86 <sup>b</sup>
Ecetsav/Propionsav	4,47	3,43	4,25
izo-vajsav, mmol/l	0,54±0,14 <sup>a</sup>	0,41±0,16 <sup>b</sup>	0,37±0,10 <sup>b</sup>
n-vajsav, mmol/l	11,60±2,33 <sup>a</sup>	11,63±2,82 <sup>a</sup>	11,10±1,72 <sup>a</sup>
izo-valeriánsav, mmol/l	1,02±0,14 <sup>b</sup>	1,19±0,28 <sup>a</sup>	1,07±0,31 <sup>ab</sup>
n-valeriánsav, mmol/l	0,56±0,16 <sup>a</sup>	0,56±0,27 <sup>a</sup>	0,58±0,81 <sup>a</sup>

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)



a,b:  $P < 0,05$

**1. ábra: Az ecetsav és a propionsav koncentráció alakulása a kísérlet során**



a,b:  $P < 0,05$

## 2. ábra: Az összes illózsírsav koncentráció alakulása a kísérlet során

A bendőfolyadék illózsírsav koncentrációjának egyes zsírforrások etetését követő csökkenése alapvetően két okra vezethető vissza. Az egyik ezek közül a mikrobiális aktivitás mérséklődése, ami annak a káros hatásnak a következménye, amit a zsírok a mikrobák sejtmembránjára gyakorolnak (Ikwuegbu és Sutton, 1982). Az illózsírsav-tartalom csökkenésének másik oka, hogy a zsírok – főleg ha azok sok telítetlen zsírsavat tartalmaznak – vékony, filmszerű réteggel vonják be a takarmány részecskéket a bendőben. Ez a mechanizmus akadályozza, hogy a mikrobiális enzimek lebonthassák a takarmány táplálóanyagait (Devendra és Lewis, 1974; Rohr és mtsai, 1978;

*Oslage*, 1984). Elsősorban a nyersrost bendőbeli lebomlása mérséklődik e hatás következtében (*Magdus*, 1991; *Várhegyiné és Várhegyi*, 1992).

A különböző részarányú halolaj (300-400 g/nap) etetés hatására történő propionsav koncentráció növekedést számos vizsgálatban megerősítették (*Nicholson és Sutton*, 1971; *Brumby és mtsai*, 1972; *Sutton és mtsai*, 1975; *Doreau és Chilliard*, 1997; *Keady és Mayne*, 1999; *Fievez és mtsai*, 2003). Ennek feltehetően az lehet az oka, hogy a propionsavat termelő baktériumok kevésbé érzékenyek a telítetlen zsírsavak negatív hatásaira, mint az ecetsavtermelők (*White és mtsai*, 1958; *Henderson*, 1973).

A rendelkezésre álló irodalmi adatok – saját eredményeinkkel egyezően – azt mutatják, hogy a halolaj kiegészítés hatására a propionsav növekedésével párhuzamosan csökken a bendőfolyadék ecetsav koncentrációja (*Keady és Mayne*, 1999; *Fievez és mtsai*, 2003; *Toral és mtsai*, 2009), miközben az ecetsav:propionsav arány szűkül (*Keady és Mayne*, 1999).

### **4.3. Bendőkanüllel ellátott tinókkal végzett II. modellvizsgálat eredményei**

#### **4.3.1. *In situ* vizsgálat**

A II. modellvizsgálat során már az előzőekben (4.2. fejezetben) vizsgált bypass omega-3 készítmény továbbfejlesztett változatának bendőbeli stabilitását kívántuk meghatározni. Ez a továbbfejlesztett II. készítmény már egy jóval kedvezőbb – 70,5%-os – bendőbeli stabilitással rendelkezett, az I. készítményhez képest.

### 4.3.2. Bendőfermentáció

A II. modellvizsgálat keretein belül azt vizsgáltuk, hogy a nagyobb bendőbeli stabilitással rendelkező védett halolaj készítmény hogyan befolyásolja a bendőfermentáció néhány paraméterét. A vizsgálat során kapott eredményeket a 14-17. táblázatban és a 3. és 4. ábrán mutatjuk be. Az etetést előtt vett bendőfolyadék mintákból megállapítható, hogy II. omega-3 készítmény szignifikáns mértékben növelte a bendőfolyadék pH-értékét, továbbá i-valeriánsav koncentrációját (14. táblázat). Ugyanakkor az n-vajsav tekintetében statisztikailag is igazolható mértékű csökkenést tapasztaltunk a kísérleti szakaszban. Az ecetsav koncentráció csökkenése és a propionsav koncentráció növekedése egy szűkebb C2:C3 arányt eredményezett az etetés előtt vett bendőfolyadék mintákban a kísérleti szakaszban.

**14. táblázat: A II. omega-3 készítmény etetésének hatása az etetés előtt vett bendőfolyadék néhány paraméterére**

Megnevezés	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz (omega-3 készítmény)
pH	7,11±0,09 <sup>b</sup>	7,25±0,14 <sup>a</sup>
NH <sub>3</sub> , mmol/l	3,38±1,87 <sup>a</sup>	2,99±2,51 <sup>a</sup>
Összes illózsírsav, mmol/l	70,88±8,28 <sup>a</sup>	70,83±10,84 <sup>a</sup>
Ecetsav, mmol/l	51,00±6,44 <sup>a</sup>	46,84±7,42 <sup>b</sup>
Propionsav, mmol/l	11,60±2,24 <sup>b</sup>	16,24±3,99 <sup>a</sup>
Ecetsav/Propionsav	4,39	2,88
izo-vajsav, mmol/l	0,34±0,14 <sup>a</sup>	0,35±0,10 <sup>a</sup>
n-vajsav, mmol/l	7,02±1,06 <sup>a</sup>	6,07±1,37 <sup>b</sup>
izo-valeriánsav, mmol/l	0,62±0,19 <sup>b</sup>	0,91±0,33 <sup>a</sup>
n-valeriánsav, mmol/l	0,30±0,16 <sup>a</sup>	0,42±0,24 <sup>a</sup>

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)

Az adatokból látható, hogy az etetés után 2 órával a bendőfolyadék pH-ja, ammónia-, ecetsav-, és i-vajsav koncentrációja nem változott statisztikailag is igazolható mértékben (15. táblázat). Ugyanakkor az etetett halolaj-alapú készítmény szignifikáns mértékben megnövelte a bendőfolyadék propionsav-, i-, és n-valeriánsav koncentrációját, illetve csökkentette az n-vajsav koncentrációját. Az összes illózsírsav koncentráció nem változott a kontroll szakaszhoz képest, míg a megnövekedett propionsav koncentráció egy szűkebb C2:C3 arányt eredményezett.

**15. táblázat: A II. omega-3 készítmény etetésének hatása az etetés után 2 órával vett bendőfolyadék néhány paraméterére**

Megnevezés	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz (omega-3 készítmény)
pH	6,80±0,11 <sup>a</sup>	6,79±0,14 <sup>a</sup>
NH <sub>3</sub> , mmol/l	8,89±1,84 <sup>a</sup>	9,74±4,87 <sup>a</sup>
Összes illózsírsav, mmol/l	73,86±10,48 <sup>a</sup>	74,57±15,50 <sup>a</sup>
Ecetsav, mmol/l	51,05±8,15 <sup>a</sup>	46,89±9,84 <sup>a</sup>
Propionsav, mmol/l	13,96±2,46 <sup>b</sup>	19,28±4,83 <sup>a</sup>
Ecetsav/Propionsav	3,65	2,43
izo-vajsav, mmol/l	0,32±0,13 <sup>a</sup>	0,34±0,19 <sup>a</sup>
n-vajsav, mmol/l	7,27±1,41 <sup>a</sup>	6,21±1,60 <sup>b</sup>
izo-valeriánsav, mmol/l	0,71±0,25 <sup>b</sup>	1,19±0,56 <sup>a</sup>
n-valeriánsav, mmol/l	0,54±0,16 <sup>b</sup>	0,67±0,20 <sup>a</sup>

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)

Etetést követően a 4. órában az omega-3 készítmény szignifikáns mértékben megnövelte a propionsav-, i-, és n-valeriánsav továbbá az összes

illózsírsav koncentrációját, miközben az n-vajsav koncentráció szignifikánsan csökkent (16. táblázat). A kontroll szakaszhoz képest a pH, ammónia-, ecetsav-, és i-vajsav koncentráció nem változott. A szűkebb C2:C3 arány ebben az esetben is megfigyelhető volt.

**16. táblázat: A II. omega-3 készítmény etetésének hatása az etetés után 4 órával vett bendőfolyadék néhány paraméterére**

Megnevezés	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz (omega-3 készítmény)
pH	6,72±0,21 <sup>a</sup>	6,59±0,33 <sup>a</sup>
NH <sub>3</sub> , mmol/l	0,82±0,79 <sup>a</sup>	1,19±1,21 <sup>a</sup>
Összes illózsírsav, mmol/l	81,37±9,69 <sup>b</sup>	87,93±14,53 <sup>a</sup>
Ecetsav, mmol/l	56,10±6,85 <sup>a</sup>	54,49±9,00 <sup>a</sup>
Propionsav, mmol/l	15,19±3,41 <sup>b</sup>	23,54±5,53 <sup>a</sup>
Ecetsav/Propionsav	3,69	2,31
izo-vajsav, mmol/l	0,32±0,11 <sup>a</sup>	0,35±0,17 <sup>a</sup>
n-vajsav, mmol/l	8,52±1,50 <sup>a</sup>	7,73±1,51 <sup>b</sup>
izo-valeriánsav, mmol/l	0,67±0,25 <sup>b</sup>	1,06±0,49 <sup>a</sup>
n-valeriánsav, mmol/l	0,59±0,25 <sup>b</sup>	0,76±0,34 <sup>a</sup>

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)

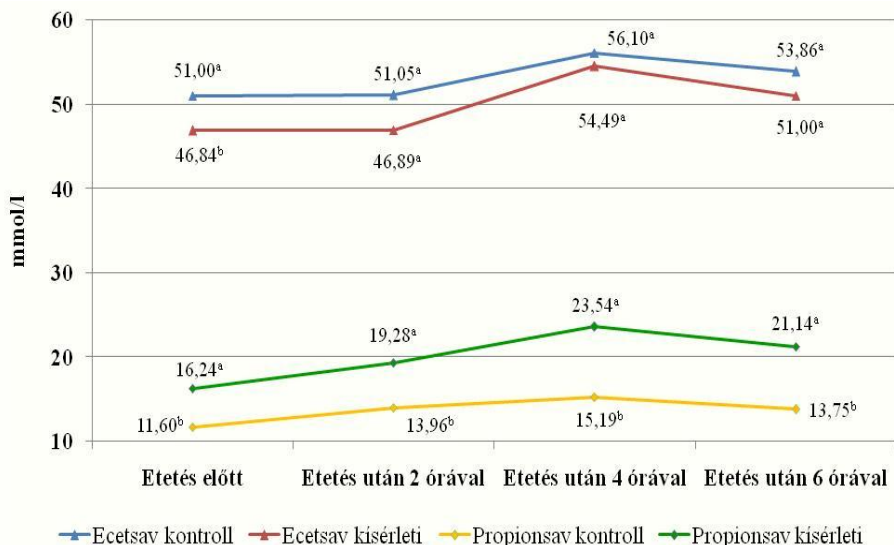
Az etetés után 6 órával az omega-3 készítmény szignifikáns mértékben csökkentette a pH értéket, ammónia-, és n-vajsav koncentrációt, illetve statisztikailag is igazolható mértékben megnövelte a propionsav koncentrációját (17. táblázat). A kísérleti szakaszban az ecetsav-, i-vajsav-, i-, és n-valeriánsav koncentráció ugyanakkor nem változott.



**17. táblázat: A II. omega-3 készítmény etetésének hatása az etetés után 6 órával vett bendőfolyadék néhány paraméterére**

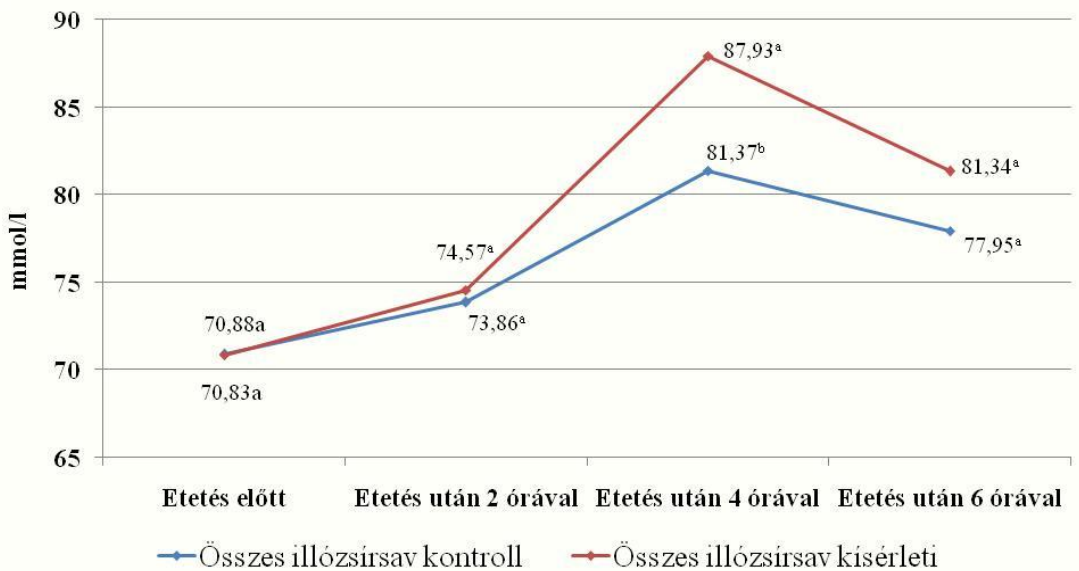
Megnevezés	Kontroll szakasz	Kísérleti szakasz ( <i>omega-3 készítmény</i> )
pH	6,87±0,20 <sup>a</sup>	6,75±0,28 <sup>b</sup>
NH <sub>3</sub> , mmol/l	0,47±0,46 <sup>a</sup>	0,25±0,23 <sup>b</sup>
Összes illózsírsav, mmol/l	77,95±10,45 <sup>a</sup>	81,34±11,66 <sup>a</sup>
Ecetsav, mmol/l	53,86±7,36 <sup>a</sup>	51,00±7,75 <sup>a</sup>
Propionsav, mmol/l	13,75±3,31 <sup>b</sup>	21,14±4,67 <sup>a</sup>
Ecetsav/Propionsav	3,91	2,41
izo-vajsav, mmol/l	0,30±0,10 <sup>a</sup>	0,39±0,38 <sup>a</sup>
n-vajsav, mmol/l	8,87±1,81 <sup>a</sup>	7,38±1,53 <sup>b</sup>
izo-valeriánsav, mmol/l	0,70±2,22 <sup>a</sup>	0,86±0,38 <sup>a</sup>
n-valeriánsav, mmol/l	0,46±0,22 <sup>a</sup>	0,59±0,41 <sup>a</sup>

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)



a,b: P<0,05

**3. ábra: Az ecetsav és a propionsav koncentráció alakulása a kísérlet során**



a,b:  $P < 0,05$

#### 4. ábra: Az összes illózsírsav koncentráció alakulása a kísérlet során

A zsírok etetésekor a bendőfolyadék illózsírsav koncentrációjára gyakorolt hatásáról már a 4.2.2. fejezetben részletesen kitértünk. Említettük, hogy a propionsav koncentráció növekedéséről számos irodalmi forrás tesz említést (Sutton és mtsai, 1975; Doreau és Chilliard, 1997; Keady és Mayne, 1999; Amorocho és mtsai, 2009).

Eredményeinkhez hasonlóan Toral és mtsai (2009) is a bendőfolyadék vajsav koncentrációjának szignifikáns mértékű csökkenését figyelték meg hal- és napraforgóolaj etetésekor. Ugyanakkor Fievez és mtsai (2003) Palmquist és Griinari (2006) vizsgálatában a vajsav koncentráció nem változott a halolaj önálló, illetve napraforgóolajjal való kombinált etetése során. Az n-valeriánsav tekintetében eredményeinktől eltérően Keady és

*Mayne* (1999) nem tapasztalt változást a takarmány halolajjal történő kiegészítése során. Ugyanakkor *Palmquist* és *Griinari* (2006) vizsgálatában a hal- és napraforgóolaj kombinált etetésekor az n-valeriánsav koncentrációja, etetés után 6 órával szignifikáns mértékben növekedett. Az I. modellvizsgálat során etetett halolaj készítménnyel ellentétben, a jelenlegi zsírkészítmény nem befolyásolta a bendőfolyadék ecetsav koncentrációját a mintavételt követő 2-6 órán belül. A kapott eredmény kismértékben eltér a rendelkezésre álló irodalmi adatoktól (*Nicholson* és *Sutton*, 1971; *Brumby* és *mtsai*, 1972; *Amorochó* és *mtsai*, 2009).

#### **4.4. A bevezető üzemi kísérlet eredményei**

Annak eldöntésére, hogy a kifejlesztett I. omega-3 készítmény hogyan befolyásolja a tehének tejtermelését, a tej beltartalmát, továbbá a tejszír zsírsav-összetételét, egy bevezető üzemi kísérletet végeztünk. A napi átlagos tejtermelés, illetve a termelt tej (esti mintavételezést követően) fontosabb táplálóanyag-tartalmát a 18. táblázatban foglaltuk össze.

**18. táblázat: A tejtermelés és a tej összetételének alakulása a mintavételi napokon**

	Kontroll	Kísérleti
	szakasz	
<b>Tejtermelés (kg/nap)</b>	18,04±2,19	17,00±2,06*
<i>A tej összetétele, % (m/m)</i>		
<b>Tejzsír (%)</b>	5,26±0,50	4,81±0,51***
<b>Tejfehérje (%)</b>	3,65±0,24	3,62±0,23 NS
<b>Tejcukor (%)</b>	4,34±0,36	4,53±0,24*
<b>Száranyag (%)</b>	13,94±0,87	13,58±0,77 NS

\*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001; NS: nem szignifikáns

Az adatokból látható, hogy a kísérleti szakaszban a kontroll szakaszhoz viszonyítva szignifikáns mértékben csökkent a termelt tej (kg/nap) mennyisége (17,00±2,06 vs. 18,04±2,19, az előző sorrendben). Adatainkkal egyezően *Rego* és *mtsai* (2005) szintén a tejtermelés szignifikáns mértékű csökkenését tapasztalták halolaj kiegészítés hatására. Ezzel ellentétben *Fatahnia* és *mtsai* (2008), továbbá *Gonzalez* és *Bas* (2002) vizsgálatában a tejtermelés növekedett a 3-, illetve 6% halolaj kiegészítést követően. Egyes irodalmi adatok viszont azt jelzik, hogy a halolaj alkalmazása nem befolyásolja szignifikáns mértékben a tehenek tejtermelését (*Spain* és *Polan*, 1995; *Mattos* és *mtsai*, 2002). Az általunk kapott eredmény egyik oka az lehet, hogy mivel a kísérletet ugyanazokkal a tehenekkel végeztük el az állatok a laktáció későbbi szakaszában voltak, így a termelés csökkenése természetesnek tekinthető. Ismert az is, hogy a laktációs stádium mellett a termelési szint ugyancsak befolyásolja a zsírkiegészítés tejtermelésre gyakorolt hatását. Pozitív eredményre elsősorban a nagy tejtermelésű, laktáció elején lévő tehenek esetében számíthatunk (*Neményi*, 2002).

Az adatokból látható, hogy az etetett zsírkészítmény szignifikáns ( $P < 0,01$ ) mértékben csökkentette a termelt tej zsírtartalmát, miközben a tejcukor tartalom statisztikailag igazolhatóan ( $P < 0,05$ ) nőtt. *Keady* és *mtsai* (2000) vizsgálatában a tejszír 15 g/kg-mal csökkent a halolaj etetésének hatására (450 g/ nap/állat). *Shingfield* és *mtsai* (2006) vizsgálatában a tejszír ugyancsak csökkent a halolaj és napraforgóolaj kombinált etetésekor (32,6 g/kg) a kontroll csoport értékéhez viszonyítva (47,7 g/kg). Ehhez hasonlóan a takarmányadag halolajjal történő kiegészítésekor más szerzők is tejszír csökkenésről számolnak be (*Cant* és *mtsai*, 1997; *Chilliard* és *Doreau*, 1997; *Fatahnia* és *mtsai*, 2008). Ezzel ellentétben *Gonzalez* és *Bas* (2002) nem tapasztalták a tejszír statisztikailag igazolható mértékű változását halolaj etetésekor.

A rendelkezésre álló irodalmakban több magyarázat is található arra vonatkozóan, hogy mi okozhatja a tej zsírtartalmának csökkenését különböző zsírforrások etetését követően. *Hagemeister* és *Kauffmann* (1979) a telítetlen zsírsavak hidrogenálódásakor keletkező transz-izomerek hatásával magyarázzák ezt a jelenséget. *Christie* (1981) véleménye szerint a tej zsírtartalmának negatív irányú változása a korábban már említett bendőbeli ecetsav részarány csökkenésére vezethető vissza. *Kirchgessner* és *Kaufmann* (1986) a tőgyben végbemenő *de novo* szintézis mérséklődésére vezetnek vissza a tej zsírtartalmának csökkenését. *Chilliard* és *mtsai* (2001) a halolajban található C20:5 zsírsavnak (EPA) speciális, tejszírszekréciót csökkentő hatást tulajdonítanak. *Baumgard* és *mtsai* (2001), valamint *Peterson* és *mtsai* (2002) szerint a t10,c12-C18:2 típusú konjugált linolsav ugyanilyen hatással bír.

A kísérleti szakaszban, az alkalmazott I. omega-3 készítmény etetésének hatására a tejcukor tartalom szignifikáns mértékű ( $P < 0,05$ ) növekedését tapasztaltuk a kontrollhoz képest (4,53% vs. 4,34%, az előző sorrendben). Adatainkkal egyezően *Murphy* és *mtsai* (2008) vizsgálatában mind a napi tejjel termelt tejcukor mennyisége (1001 g/nap vs. 1142 g/nap), mind pedig a tejcukor koncentráció (45,5 g/kg vs. 46,8 g/kg) szignifikánsan nőtt a naponta és állatonként etetett 105 g-os halolaj kiegészítést követésében. Ugyanakkor más szerzők adatai azt igazolják, hogy a tejcukor %-os részaránya nem változik szignifikáns mértékben a halolaj alkalmazását követően (*Ramaswamy* és *mtsai*, 2001).

Eredményeink szerint a halolaj kiegészítés hatására a szárazanyag és fehérje tartalom nem változott szignifikáns mértékben. A tejfehérjére vonatkozóan hasonló eredményről számolnak be *Gonzalez* és *Bas* (2002) is. *Rego* és *mtsai* (2005) kísérletében azonban az alkalmazott halolaj csökkentette a tejfehérje koncentrációt. *Murphy* és *mtsai* (2008) kísérletében a tejfehérje % csökkenése ellenére a napi tejjel termelt fehérje mennyisége nőtt az etetett halolaj hatására. *Ramaswamy* és *mtsai* (2001) vizsgálatában a tejfehérje nem változott, viszont a tej szárazanyag tartalma a 2% halolaj etetésekor statisztikailag is igazolhatóan csökkent. Az esti tejjel termelt táplálóanyagok mennyiségét a 19. táblázatban foglaltuk össze.

**19. táblázat: Az esti tejjel termelt táplálóanyagok mennyisége a mintavételi napokon**

Összetevők	Kontroll	Kísérleti szakasz
Tejzsír (g/nap)	949	818
Tejfehérje (g/nap)	658	615
Tejcukor (g/nap)	783	770
Szárazanyag (g/nap)	2515	2309
Zsírimentes szárazanyag (g/nap)	1566	1491

Az adatokból látható, hogy az I. omega-3 készítmény alkalmazása csökkentette a tejjel termelt táplálóanyagok mennyiségét, aminek a fő oka a csökkent tejtermelés és a tejzsír koncentráció visszaesése volt. A közölt adatoknál azonban figyelembe kell venni azt a tényt is, hogy a tehenek a laktációs stádiumban előrehaladtak, ami a kapott eredmény egyik oka lehet.

A kifejlesztett I. omega-3 készítménynek a tejzsír zsírsav-összetételére gyakorolt hatását a 20. táblázat foglalja össze.

Kísérletünkben az SFA zsírsavak tekintetében – az arachidsav (C20:0) kivételével – nem tapasztaltunk szignifikáns mértékű különbséget a kontroll és a kísérleti szakasz adatai között (64,46% vs. 62,75%, sorrendben). *Kitessa* és *mtsai* (2003) juhokkal végzett kísérletében az SFA zsírsavak részaránya szintén nem változott szignifikáns mértékben a halolaj kiegészítés hatására. Ezzel ellentétben *Ramaswamy* és *mtsai* (2001) vizsgálatában a telített zsírsavak részaránya szignifikánsan csökkent a 2% halolaj etetést követően (60,94 g/100 g zsírsav vs. 69,59 g/100 g zsírsav). Hasonló eredményt kaptak *Kitessa* és *mtsai* (2004) és *Rego* és *mtsai* (2005) is.

**20. táblázat: Az I. omega-3 zsírkészítmény (kísérleti szakasz) etetésének hatása a tej zsírsav-összetételére**

Zsírsav	Kontroll	Kísérleti
C8:0	1,05±0,07	1,02±0,04
C10:0	2,89±0,30	2,61±0,11
C11:0	0,35±0,03	0,34±0,04
C12:0	3,65±0,34	3,30±0,13
C13:0	0,22±0,03	0,20±0,01
C14:0	11,94±0,57	11,69±0,21
C15:0	1,23±0,73	1,22±0,04
C16:0	32,46±1,16	31,72±0,31
C17:0	0,76±0,03	0,74±0,03
C18:0	9,73±0,48	9,56±0,23
C20:0	0,15±0,01 <sup>b</sup>	0,31±0,01 <sup>a</sup>
C21:0	0,03±0,00	0,04±0,01
<b>SFA</b>	<b>64,46±2,11</b>	<b>62,75±0,42</b>
C14:1	1,16±0,07	1,16±0,06
C16:1	2,47±0,17	2,43±0,06
C17:1	0,25±0,03	0,26±0,01
C18:1	22,95±1,71	22,79±0,50
c-C18:1	0,55±0,11 <sup>b</sup>	0,72±0,03 <sup>a</sup>
t9-C18:1	1,14±0,25 <sup>b</sup>	1,84±0,21 <sup>a</sup>
C20:1	0,12±0,01 <sup>b</sup>	0,31±0,03 <sup>a</sup>
<b>MUFA</b>	<b>28,64±1,92</b>	<b>29,51±0,42</b>
C18:2 (n-6)	2,28±0,15	2,17±0,13
CLA (c9,t11)	0,43±0,05 <sup>b</sup>	0,61±0,04 <sup>a</sup>
C18:3 (n-3)	0,38±0,05 <sup>b</sup>	0,44±0,03 <sup>a</sup>
C18:3 (n-6)	0,03±0,00	0,02±0,00
C20:2 (n-6)	0,04±0,00	0,04±0,00
C20:3 (n-6)	0,13±0,01	0,12±0,01
C20:4 (n-6)	0,21±0,01	0,19±0,01
C20:5 (n-3)	0,03±0,00 <sup>b</sup>	0,04±0,00 <sup>a</sup>
C22:2 (n-6)	0,02±0,01 <sup>b</sup>	0,04±0,00 <sup>a</sup>
C22:4 (n-6)	0,05±0,00	0,04±0,00
C22:5 (n-3)	0,06±0,01 <sup>b</sup>	0,08±0,00 <sup>a</sup>
<b>PUFA</b>	<b>3,66±0,23</b>	<b>3,79±0,13</b>
Egyéb zsírsav	3,24±0,25	3,95±0,22
$\Sigma n6$	2,76	2,62
$\Sigma n3$	0,47	0,56
n-6/n-3 arány	5,87	4,68

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)



Saját adatainkkal egyezően a C20:0 zsírsav részarányának növekedését állapították meg *Loor* és *mtsai* (2005c), abban az esetben, ha a halolaj készítményt (276 g/nap) közvetlenül az állatok bendőjébe juttatták. Az említett zsírsav szignifikáns mértékű növekedését tapasztalták 3, illetve 4,5% halolaj kiegészítés esetén *Mozzon* és *mtsai* (2002) is.

Kísérletünkben a MUFA zsírsavak közül a vakcénsav (c-C18:1), az elaidinsav (t9-C18:1) és az eikozénsav (C20:1) mennyisége statisztikailag igazolható mértékben nőtt a kísérleti szakaszban a kontrollhoz képest. Adatainkkal egyezően *Ramaswamy* és *mtsai* (2001) vizsgálatában a kontroll szakaszhoz képest a 2% halolaj kiegészítést követően a c-C18:1 zsírsav mennyisége csaknem a duplájára nőtt (0,58 g/100 g zsírsav vs. 1,15 g/100 g zsírsav, sorrendben). *Loor* és *mtsai* (2005c) adatai szintén megerősítik a vakcénsavra és az elaidinsavra vonatkozó eredményeinket. A napraforgóolaj és halolaj kombinált etetésekor viszont a vakcénsav részaránya nem nőtt *Cruz-Hernandez* és *mtsai* (2007) kísérletében. A transz-zsírsavak káros hatásait (pl. növelik a triglicerid és LDL koleszterin szintet, csökkentik a HDL koleszterin részarányát, fokozzák az elhízás mértékét és az inzulinrezisztenciát, szív- és érrendszeri betegségek rizikó faktorai, stb.) számos vizsgálat adata megerősíti (*Hunter*, 2005; *Martin* és *mtsai*, 2005; *Micha* és *Mozzaffarian*, 2008; *Wandall*, 2008).

Az alkalmazott omega-3 készítmény 3,66%-ról 3,79%-ra növelte a tej PUFA-tartalmát. Ezen belül a tej CLA (c9,t11-C18:2), linolénsav (C18:3, n-3), EPA (C20:5, n-3), dokozadiénsav (C22:2, n-6) és DPA (C22:5, n-3) tartalma szignifikáns mértékben ( $P < 0,05$ ) nőtt. Az n-3 zsírsavak részarányának növekedése szűkítette az n-6/n-3 zsírsavak arányát. A halolaj önálló etetésekor az előbb említett zsírsavak növekedését számos

vizsgálatban leírták (*Mozzon és mtsai, 2002; Kitessa és mtsai, 2003; Loor és mtsai, 2005c; Rego és mtsai, 2005; Fatahnia és mtsai, 2008; Toral és mtsai, 2010*). Hasonló eredményt kaptak faggyú és halolaj kombinált kiegészítését követően is (*Jones és mtsai, 2000*). Ugyanakkor *Cruz-Hernandez és mtsai (2007)* vizsgálatában a napraforgóolaj és halolaj kombinált etetésekor csökkent az  $\alpha$ -linolénsav és a DPA zsírsavak részaránya a tejben. 3 olajforrás (2,5% halolaj, 5% lenolaj és 5% napraforgóolaj) összehasonlításakor *Loor és mtsai (2005b)* megállapították, hogy a lenolaj etetésekor leginkább az  $\alpha$ -linolénsav, míg a halolaj esetében az EPA (C20:5) és a DPA (C22:5) nőtt szignifikáns mértékben.

A humánegészség-ügyi szempontból kiemelkedő jelentőségű CLA szignifikáns mértékű növekedését ugyancsak megállapítottuk (0,43% vs. 0,61%). Adatainkkal egyezően a halolaj önálló (*Murphy és mtsai, 2008*) és egyéb olajforrásokkal (pl. napraforgóolaj) történő kombinálása esetén (*AbuGhazaleh és Holmes, 2007*) ugyancsak nőtt a tejsírban a c9,t11-C18:2 részaránya. A tej CLA tartalmának növekedését leginkább natúr halolaj adagolásával érték el a kutatók (*Offer és mtsai, 1999; Donovan és mtsai, 2000; Baer és mtsai, 2001; Ramaswamy és mtsai, 2001; Mozzon és mtsai, 2002*).

#### **4.5. Az I. nagyüzemi kísérlet eredményei**

Az alkalmazott takarmányozás tehenek tejtermelésére, továbbá a reggeli és esti tejminták összetételére gyakorolt hatását a 21. táblázatban foglaltuk össze.

**21. táblázat: A tejtermelés és a tej összetételének alakulása a vizsgálat során**

	<b>Kontroll</b>	<b>Kísérleti</b>
	<b>szakasz</b>	
<b>Tejtermelés (kg/nap)</b>	22,47±0,99	21,46±1,42
<i>A tej összetétele, % (m/m)</i>		
<b>Tejsír %</b>		
Reggel	3,97±0,15 <sup>a</sup>	2,98±0,22 <sup>b</sup>
Este	4,38±0,23 <sup>a</sup>	3,36±0,34 <sup>b</sup>
<b>Tejfehérje %</b>		
Reggel	3,51±0,11	3,38±0,15
Este	3,56±0,12	3,47±0,13
<b>Tejcukor %</b>		
Reggel	4,57±0,04	4,60±0,03
Este	4,57±0,07	4,58±0,07
<b>Szárazanyag %</b>		
Reggel	12,70±0,21 <sup>a</sup>	11,62±0,28 <sup>b</sup>
Este	13,15±0,28 <sup>a</sup>	12,08±0,31 <sup>b</sup>

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ( $P < 0,05$ )

Az adatokból látható, hogy a kontroll és kísérleti csoport egyedeinek tejtermelése között nem kaptunk szignifikáns különbséget (22,47±0,99 vs. 21,46±1,42, sorrendben). A statisztikai analízis során megállapítottuk, hogy a mérési napnak, illetve a kezelés×napnak szignifikáns (min.  $P < 0,05$ ) hatása van a tejmennyiségre vonatkozóan. A mérési nap szignifikáns hatása természetesen azzal magyarázható, hogy a tehenek tejtermelése a laktáció végére folyamatosan csökken. A kezelés×nap interakció pedig azt jelzi, hogy egyes tejtermelési napokon szignifikáns (min.  $P < 0,05$ ) különbség volt a kontroll és a kísérleti csoport tejtermelése között. A rendelkezésre álló irodalmi adatokban a halolaj tejelő tehenek tejtermelésére gyakorolt hatásáról meglehetősen ellentmondásos eredmények találhatók. Kapott

adatainkkal egyezően *AbuGhazaleh* (2008) 100 g halolaj és 300 g napraforgóolaj kombinált etetésekor, illetve *Bharathan* és *mtsai* (2008) 0,5% halolaj önálló etetéskor nem tapasztaltak változást a tejtermelésben. Ugyanakkor *Rego* és *mtsai* (2005) vizsgálatában a 160 és a 320 g/nap halolaj kiegészítés hatására a termelt tej mennyisége csökkent. Ezzel ellentétben *Fatahnia* és *mtsai* (2008) eredményei alapján a 3% halolaj kiegészítés növelte a tejtermelést (32,15 kg/nap) a kontroll csoport (30,31 kg/nap) egyedeihez viszonyítva. Hasonló eredményeket kapott *Gonzalez* és *Bas* (2002) is, akik a tejtermelés szignifikáns mértékű növekedését (+3,4 l/állat) tapasztalták 3-, és 6%-os halolaj kiegészítést követően.

Az etetett takarmányadag szignifikáns mértékben csökkentette mind a reggeli, mind az esti tejminták esetében a tejsír %-ot. A reggeli tejminták esetében 0,99 százalékponttal, míg az esti tejeknél 1,02 százalékponttal csökkent a kísérleti csoport egyedeinél a tejsír koncentráció. A kezelésen kívül a kapott adatokra a mintavétel időpontjának, a napszaknak (reggel, este), illetve a kezelés×mintavételi időpontnak is szignifikáns hatása van (min.  $P < 0,05$ ).

A zsírtartalom jelentős mértékű csökkenése miatt szignifikánsan csökkent a szárazanyag-tartalom is. Utóbbi paraméter a reggeli tejminták esetében 1,08 százalékponttal, míg az esti mintákban 1,07 százalékponttal csökkent. Ebben az esetben szintén igazoltuk a mintavételi időpont, a napszak, illetve a kezelés×mintavételi időpont, továbbá kezelés×mintavételi időpont×napszak szignifikáns hatását (min.  $P < 0,05$ ). Kapott adatainkkal egyezően *Ramaswamy* és *mtsai* (2001) vizsgálatában a 2% halolaj etetés hatására szignifikánsan csökkent a tejsír % (2,58% vs. 3,31%), továbbá a

szárazanyag koncentráció (11,47% vs. 12,46%). Hasonló adatokat kaptak más szerzők is (*Donovan és mtsai, 2000; Keady és mtsai, 2000; Murphy és mtsai, 2008*). Ezzel ellentétben *Gonzalez és Bas (2002)* nem tapasztaltak statisztikailag igazolható mértékű változást a tejsír tartalomban 3-, és 6% halolaj alkalmazása esetén.

A fehérje és a laktóz vonatkozásában, nem kaptunk statisztikailag igazolható különbséget a kontroll és a kísérleti csoport között. Hasonló eredményekről számol be *Ramaswamy és mtsai (2001), Gonzalez és Bas (2002)*, illetve *Bharathan és mtsai (2008)* is különböző részarányú (2%; 3 és 6%; illetve 0,5%, sorrendben) halolaj kiegészítést követően. Ugyanakkor más vizsgálatokban a halolaj etetés hatására a laktóz tartalom növekedését (*Murphy és mtsai, 2008*), továbbá a tejfehérje csökkenését tapasztalták (*Rego és mtsai, 2005; AbuGhazaleh és mtsai, 2004*).

A kísérletben etetett takarmányadagok reggeli és esti tejminták zsírsav-összetételére gyakorolt hatását a 22. és 23. táblázatban foglaltuk össze.

**22. táblázat: A kontroll és a kísérleti csoport tejének zsírsav-összetétele (reggeli elegytej minták, n=12; g zsírsav/ 100 g zsír)**

Zsírsav	Kontroll	Kísérleti
C8:0	0,98±0,07 <sup>a</sup>	0,79±0,05 <sup>b</sup>
C10:0	2,49±0,08 <sup>a</sup>	1,98±0,18 <sup>b</sup>
C11:0	0,31±0,00	0,30±0,08
C12:0	3,16±0,14 <sup>a</sup>	2,66±0,23 <sup>b</sup>
C13:0	1,19±0,01 <sup>a</sup>	0,16±0,01 <sup>b</sup>
C14:0	10,63±0,39	10,54±0,58
C15:0	1,02±0,02	1,16±0,34
C16:0	35,43±0,52 <sup>a</sup>	33,37±0,47 <sup>b</sup>
C17:0	0,59±0,02 <sup>b</sup>	0,77±0,02 <sup>a</sup>
C18:0	9,93±0,71 <sup>a</sup>	6,95±0,97 <sup>b</sup>
C20:0	0,15±0,01 <sup>b</sup>	0,22±0,03 <sup>a</sup>
C22:0	0,04±0,00 <sup>b</sup>	0,05±0,00 <sup>a</sup>
<b>SFA</b>	<b>65,92±0,71<sup>a</sup></b>	<b>58,95±1,68<sup>b</sup></b>
C14:1	0,97±0,05 <sup>b</sup>	1,44±0,06 <sup>a</sup>
C16:1	2,17±0,09 <sup>b</sup>	2,95±0,17 <sup>a</sup>
C17:1	0,19±0,01 <sup>b</sup>	0,27±0,02 <sup>a</sup>
C18:1	22,98±0,53 <sup>a</sup>	19,50±1,89 <sup>b</sup>
c-C18:1	0,64±0,05 <sup>b</sup>	0,79±0,04 <sup>a</sup>
t9-C18:1	1,54±0,14 <sup>b</sup>	5,60±1,54 <sup>a</sup>
C20:1	0,13±0,00 <sup>b</sup>	0,21±0,02 <sup>a</sup>
<b>MUFA</b>	<b>28,62±0,67<sup>b</sup></b>	<b>30,76±1,12<sup>a</sup></b>
C18:2 (n-6t)	0,03±0,01 <sup>b</sup>	0,06±0,01 <sup>a</sup>
C18:2 (n-6)	2,50±0,23	2,68±0,39
CLA 1 (c9,t11)	0,42±0,02 <sup>b</sup>	1,44±0,39 <sup>a</sup>
CLA 2 (t10,c12)	0,02±0,00 <sup>b</sup>	0,05±0,01 <sup>a</sup>
CLA 3 (c9,c11)	0,02±0,00 <sup>b</sup>	0,06±0,00 <sup>a</sup>
CLA 4 (t9,t11)	0,03±0,00 <sup>b</sup>	0,05±0,00 <sup>a</sup>
C18:3 (n-3)	0,32±0,04 <sup>b</sup>	0,59±0,05 <sup>a</sup>
C18:3 (n-6)	0,03±0,00 <sup>a</sup>	0,01±0,00 <sup>b</sup>
C20:2 (n-6)	0,03±0,00	0,04±0,00
C20:3 (n-6)	0,12±0,00 <sup>a</sup>	0,09±0,01 <sup>b</sup>
C20:4 (n-6)	0,18±0,00 <sup>a</sup>	0,13±0,01 <sup>b</sup>
C20:5 (n-3)	0,02±0,00 <sup>b</sup>	0,06±0,01 <sup>a</sup>
C22:2 (n-6)	0,01±0,00	0,02±0,00
C22:4 (n-6)	0,05±0,00 <sup>a</sup>	0,03±0,00 <sup>b</sup>
C22:5 (n-3)	0,05±0,00 <sup>b</sup>	0,09±0,00 <sup>a</sup>
C22:6 (n-3)	-	0,05±0,02
<b>PUFA</b>	<b>3,83±0,29<sup>b</sup></b>	<b>5,45±0,53<sup>a</sup></b>
Egyéb zsírsav	1,63	4,84
Σn6	2,95	3,06
Σn3	0,39	0,79
n-6/n-3 arány	7,56	3,87

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)

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

**23. táblázat: A kontroll és a kísérleti csoport tejének zsírsav-összetétele (esti elegytej minták, n=12; g zsírsav/100 g zsír)**

Zsírsav	Kontroll	Kísérleti
C8:0	0,94±0,03 <sup>a</sup>	0,79±0,07 <sup>b</sup>
C10:0	2,39±0,12 <sup>a</sup>	1,97±0,22 <sup>b</sup>
C11:0	0,34±0,07	0,28±0,02
C12:0	3,07±0,17 <sup>a</sup>	2,62±0,26 <sup>b</sup>
C13:0	0,19±0,00 <sup>a</sup>	0,16±0,01 <sup>b</sup>
C14:0	10,48±0,45	10,31±0,50
C15:0	1,00±0,03	1,04±0,06
C16:0	34,73±0,38 <sup>a</sup>	32,62±0,31 <sup>b</sup>
C17:0	0,57±0,00 <sup>b</sup>	0,76±0,02 <sup>a</sup>
C18:0	9,88±0,54 <sup>a</sup>	7,39±0,74 <sup>b</sup>
C20:0	0,15±0,01 <sup>b</sup>	0,23±0,03 <sup>a</sup>
C22:0	0,04±0,00 <sup>b</sup>	0,05±0,00 <sup>a</sup>
<b>SFA</b>	<b>63,78±0,76<sup>a</sup></b>	<b>58,22±1,40<sup>b</sup></b>
C14:1	1,00±0,06 <sup>b</sup>	1,43±0,10 <sup>a</sup>
C16:1	2,28±0,06 <sup>b</sup>	2,91±0,26 <sup>a</sup>
C17:1	0,20±0,00 <sup>b</sup>	0,28±0,02 <sup>a</sup>
C18:1	23,75±0,66 <sup>a</sup>	20,47±0,52 <sup>b</sup>
c-C18:1	0,69±0,02 <sup>b</sup>	0,78±0,03 <sup>a</sup>
t9-C18:1	1,56±0,06 <sup>b</sup>	5,31±1,18 <sup>a</sup>
C20:1	0,13±0,00 <sup>b</sup>	0,23±0,02 <sup>a</sup>
<b>MUFA</b>	<b>29,61±0,70<sup>b</sup></b>	<b>31,41±0,99<sup>a</sup></b>
C18:2 (n-6t)	0,02±0,00 <sup>b</sup>	0,06±0,00 <sup>a</sup>
C18:2 (n-6)	2,61±0,13	2,73±0,23
CLA 1 (c9,t11)	0,43±0,02 <sup>b</sup>	1,38±0,26 <sup>a</sup>
CLA 2 (t10,c12)	0,03±0,00 <sup>b</sup>	0,04±0,01 <sup>a</sup>
CLA 3 (c9,c11)	0,02±0,00 <sup>b</sup>	0,06±0,00 <sup>a</sup>
CLA 4 (t9,t11)	0,03±0,00 <sup>b</sup>	0,05±0,01 <sup>a</sup>
C18:3 (n-3)	0,31±0,01 <sup>b</sup>	0,62±0,10 <sup>a</sup>
C18:3 (n-6)	0,03±0,00 <sup>a</sup>	0,01±0,00 <sup>b</sup>
C20:2 (n-6)	0,03±0,00	0,04±0,00
C20:3 (n-6)	0,12±0,00 <sup>a</sup>	0,10±0,00 <sup>b</sup>
C20:4 (n-6)	0,19±0,00 <sup>a</sup>	0,14±0,02 <sup>b</sup>
C20:5 (n-3)	0,02±0,00 <sup>b</sup>	0,06±0,00 <sup>a</sup>
C22:2 (n-6)	0,01±0,00	0,02±0,00
C22:4 (n-6)	0,05±0,00 <sup>a</sup>	0,03±0,00 <sup>b</sup>
C22:5 (n-3)	0,05±0,00 <sup>b</sup>	0,10±0,00 <sup>a</sup>
C22:6 (n-3)	-	0,05±0,02
<b>PUFA</b>	<b>3,95±0,15<sup>b</sup></b>	<b>5,49±0,50<sup>a</sup></b>
Egyéb zsírsav	2,66	4,88
Σn6	3,06	3,13
Σn3	0,38	0,83
n-6/n-3 arány	8,05	3,77

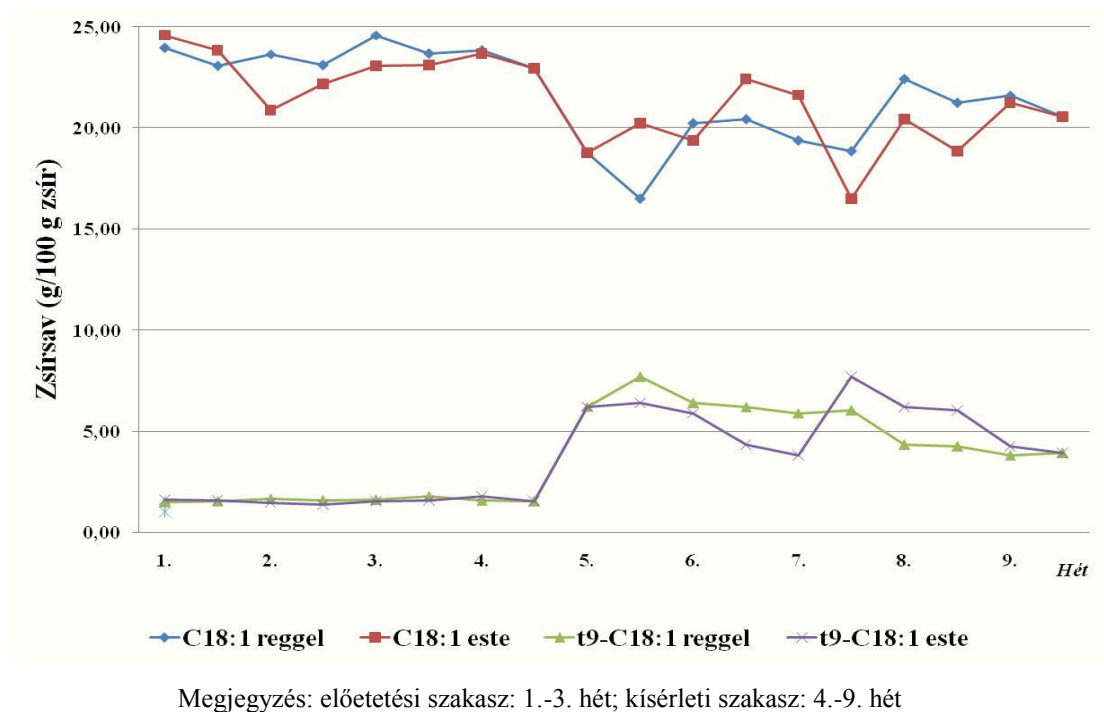
a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)



A 22. és a 23. táblázatban közölt adatokból látható, hogy az egyszeresen telítetlen zsírsavak részaránya – az olajsav (C18:1) kivételével – szignifikánsan nőtt a kísérleti takarmányadag etetésének hatására mind a reggeli, mind pedig az esti tejmintákban. A tejzsírban a t9-C18:1 (elaidinsav) és a c-C18:1 (vakcénsav) részarányának növekedése táplálkozás-élettani szempontból kedvezőtlen változásnak tekinthető (Willett és mtsai, 1993; Hodgson és mtsai, 1996; Mihályiné, 1997; Hunter, 2005; Martin és mtsai, 2005; Micha és Mozzaffarian, 2008; Wandall, 2008). Eredményeinkhez hasonlóan Whitlock és mtsai (2006) is az említett zsírsavak növekedését tapasztalták halolaj és szója kombinált (0,33; 0,67 és 1%, sorrendben) etetésekor. Vizsgálatukban a t9-C18:1 zsírsav részaránya 0,25 g/100 g zsírról 0,44 g/100 g zsírra, míg a c-C18:1 zsírsav mennyisége 0,44 g/100 g zsírról 0,51 g/100 g zsírra nőtt. Más szerzők is a transz zsírsavak (TFA) növekedését tapasztalták 1; 2 és 3% halolaj, illetve 0,5% halolaj és 2% szója kombinált etetésekor (Donovan és mtsai, 2000; AbuGhazaleh és mtsai, 2004). A vakcénsav részarányának növekedését nemcsak halolaj, hanem legeltetést követően is leírták (Bauman és Griinari, 2000; Kolver és mtsai, 2002). Ennek oka, hogy a legelőfü gazdag C18:3 zsírsavban és a bendőbeli biohidrogénezés folyamatában a vakcénsav egy köztes termék.

A C18:1 (olajsav) és a t9-C18:1 (elaidinsav) zsírsavak adatainak részletesebb értékelésekor megfigyeltük, hogy a 3 hétig tartó előtetési szakaszt követően – a kísérlet 5-7. hete között – a C18:1 zsírsav részaránya jelentősen csökkent, míg a t9-C18:1 zsírsav részaránya ugrásszerűen megnőtt (5. ábra). Ezt követően a t9-C18:1 zsírsav részaránya mind a reggeli, mind az esti tejminták esetében folyamatosan mérséklődött (8-9.

hét). Ez a tény egyértelműen felhívja a figyelmet arra, hogy az ilyen típusú kísérletek esetében hosszabb vizsgálati szakaszt kell alkalmazni, mivel a rövid ideig tartó kísérletek félrevezető eredményt adhatnak.



**5. ábra: A C18:1 és a t9-C18:1 zsírsavak részarányának változása az előtétetés és a kísérleti szakasz során**

Az elvégzett korreláció vizsgálat során a C18:1 és a t9-C18:1 zsírsavak között igen szoros ( $-0,902$ ;  $P < 0,01$ ), negatív korrelációt mértünk. Ez a rendelkezésre álló irodalmi adatokkal összhangban van. Adatainkkal egyezően *Ramaswamy és mtsai* (2001), *Palmquist és Griniari* (2006), illetve *Murphy és mtsai* (2008) szintén a t9-C18:1 zsírsav növekedését tapasztalták halolaj, továbbá hal-, és napraforgóolaj kombinált kiegészítése

során. Más szerzők a c-C18:1 zsírsav nagyobb részarányú növekedését is megfigyelték az említett zsírkészítmények etetésekor (*Ramaswamy és mtsai*, 2001; *Mozzon és mtsai* 2002; *Palmquist és Griniari* 2006; *AbuGhazaleh* 2008). A C18:1 (olajsav) vonatkozásában *Nielsen és mtsai* (2006) eredményeinktől eltérően nem tapasztalt változást kukoricaszilázs és fűszénázs kombinált etetésekor. Meg kell említeni azt is, hogy a kísérleti csoport egyedeinek tejében jelentős mértékben megnőtt a nem azonosított zsírsavak mennyisége. Ez pozitív és negatív élettani hatással rendelkező zsírsavakat egyaránt magába foglalhat.

A 22. és a 23. táblázat adataiból látható, hogy a kidolgozott fűalapú takarmányadag és a II. omega-3 zsírkészítmény együttes etetése szignifikánsan megnövelte a többszörösen telítetlen zsírsavak részarányát a tejzsírban. A kontroll egyedek reggeli és esti tejéhez viszonyítva a következő PUFA zsírsavak részarányának szignifikáns növekedését tapasztaltuk: C18:2 n-6t, C18:3 n-3, C20:5, C22:5, továbbá CLA (c9,t11; t10,c12; c9,c11; t9,t11) izomerek. A kontroll tejben C22:6 zsírsavat nem tudunk kimutatni, ugyanakkor a dokozahexaénsav a kísérleti tehének reggeli és esti tejében 0,05 g/100 g zsír mennyiségben megjelent. Az n-3 zsírsavak mellett számos n-6 zsírsav részaránya szignifikánsan csökkent (C20:3, C20:4, C22:4), miközben a linolsav (C18:2, LA) mennyisége kismértékben nőtt (NS). Az n-6/n-3 arány mind a reggeli (7,56:3,87), mind az esti (8,05:3,77) elegytej mintákban jelentős mértékben szűkült. Ez az irodalmi adatok szerint humántáplálkozási szempontból számos betegség (pl. szív- és érrendszeri) megelőzésében előnyös lehet (*Wahrburg*, 2004; *Thorsdottir és mtsai*, 2004a; *Simopoulos*, 2008).

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

A CLA-ra vonatkozó pozitív eredményünket más szerzők adatai szintén megerősítik. Így pl. *Bharathan és mtsai (2008)* vizsgálatában a takarmányadag 0,5% halolajjal történő kiegészítése esetén a CLA részaránya szignifikánsan nőtt (0,52 g/100 g zsír vs. 0,90 g/100 zsír). Ugyanakkor a tej CLA tartalmának növekedésekor a transz-zsírsavak megnövekedett részarányát több szerző is megfigyelte halolaj, illetve lenolaj etetésekor (*Ramaswamy és mtsai 2001; Baer és mtsai 2001; Toral és mtsai 2010*). A tej CLA-tartalmának növekedését a halolaj önálló, illetve szójaolajjal történő kombinált etetésekor ugyancsak igazolták (*Donovan és mtsai, 2000; AbuGhazaleh és mtsai, 2004; Murphy és mtsai, 2008*). Oka lehet a CLA növekedésének az is, hogy a fű alapú takarmányozás szintén növeli a tejszír CLA (különösen a c9,t11-C18:2) tartalmát (*Kelly és mtsai, 1998a; Dhiman és mtsai, 1999; White és mtsai, 2001*). Ismert az is, hogy a

tejsír CLA-tartalmát nemcsak az alkalmazott zsírkiegészítés, hanem a laktációk száma, a takarmányadag típusa és a szezon is befolyásolja (Lawless és mtsai, 1998; Lock és Garnsworthy, 2003).

#### 4.6. A II. nagyüzemi kísérlet eredményei

A II. nagyüzemi kísérlet során arra kerestük a választ, hogy milyen különbségek mutatkoznak a fűszenázs alapú takarmányozás (kontroll), illetve a fűszenázs II. omega-3 készítménnyel történő kombinált etetése (kísérleti) között a tehenek tejtermelését, a tej beltartalmát, továbbá a tejsír zsírsav-összetételét tekintve. A napi átlagos tejtermelést, illetve a termelt tej fontosabb táplálóanyag-tartalmát a 24. táblázatban foglaltuk össze.

**24. táblázat: A tejtermelés és a tej összetételének alakulása a mintavételi napokon**

	Kontroll	Kísérleti
	szakasz	
<b>Tejtermelés (kg/nap)</b>	30,25±6,53 <sup>a</sup>	26,85±3,98 <sup>b</sup>
<i>A tej összetétele, % (m/m)</i>		
<b>Tejsír (%)</b>	4,61±0,67 <sup>a</sup>	3,88±0,57 <sup>b</sup>
<b>Tejfehérje (%)</b>	3,60±0,27 <sup>a</sup>	3,65±0,32 <sup>a</sup>
<b>Tejcukor (%)</b>	4,65±0,18 <sup>b</sup>	4,70±0,22 <sup>a</sup>
<b>Szárazanyag (%)</b>	13,53±0,86 <sup>a</sup>	12,90±0,74 <sup>b</sup>

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)

Az adatokból látható, hogy a termelt tej mennyisége (kg/nap) szignifikáns mértékben (P<0,05) csökkent a kísérleti szakaszban a kontrollhoz képest. Ennek az lehetett az elsődleges oka, hogy a laktáció előrehaladtával csökken az állatok termelése. A tej összetételét tekintve – az előbb említett ok miatt – csak a zsír % szignifikáns csökkenését célszerű

megemlíteni. A kísérleti szakaszban 0,73 százalékponttal csökkent a zsír %, és ennek oka egyértelműen az etetett zsírkészítmény lehetett, mivel a laktáció későbbi szakaszában, illetve a termelt tej mennyiségének csökkenésével a tejszír % nő. *Nielsen és mtsai* (2006) vizsgálatában a fűszénázs alapú takarmányozás következtében a tejszír % emelkedett a kukoricaszilázs alapú takarmányozáshoz képest. Ugyanakkor *Fitzgerald és Murphy* (1999) fűszénázs etetésekor, továbbá *Shingfield és mtsai* (2005) fűszénázs és halolaj kiegészítésekor nem tapasztaltak változást a tej zsírtartalmát illetően.

A kísérlet során etetett fűszénázs, illetve a fűszénázs alapú takarmányozás halolaj-alapú zsírkiegészítéssel történő kombinált etetésének hatását a tej zsírsav-összetételére vonatkozóan a 25. táblázatban foglaltuk össze. Az SFA zsírsavak közül a C8:0, C10:0, C11:0, C12:0, C13:0, C16:0, C17:0, C18:0 zsírsavak részaránya statisztikailag is igazolt mértékben csökkent, míg a hosszú szénláncú telített zsírsavakhoz tartozó C20:0 és a C22:0 zsírsavak mennyisége szignifikánsan nőtt a kontroll szakaszhoz képest. Ugyanakkor a C14:0 zsírsav mennyisége nem változott a kísérleti szakaszban, míg a C15:0 zsírsav részaránya pedig csak kis mértékben csökkent a kísérleti szakaszban kontrollhoz képest. Az összes SFA zsírsav részaránya a kontroll szakaszhoz viszonyítva szignifikánsan csökkent a halolaj alapú II. omega-3 készítmény etetését követően.

Eredményeinkhez hasonlóan más szerzők is a C8:0, C10:0 és C12:0 zsírsavak mennyiségének csökkenését tapasztalták fűszénázs önálló (*Chilliard és mtsai*, 2001), továbbá fűszénázs és halolaj (250 g/nap) kombinált etetésekor is (*Offer és mtsai*, 1999). Ugyanakkor egy összehasonlító vizsgálatban a hagyományos kukoricaszilázs alapú

takarmányozás *Jenkins* (1998) vizsgálatában viszont alacsonyabb koncentrációt eredményezett a C8:0 és a C10:0 zsírsavak esetében, mint *Ryhänen és mtsai* (2005) fűszenázs alapú takarmányozása során.

A MUFA zsírsavakon belül a C18:1 (olajsav) részaránya szignifikáns mértékben csökkent, míg a c-18:1 (vakcénsav) t9-C18:1 (elaidinsav), a C20:1 és a C22:1 zsírsavak mennyisége szignifikáns mértékben nőtt a kísérleti szakaszban a kontrollhoz képest. Továbbá a kísérleti tejmintákban a t-C18:1 zsírsav is megjelent 1,37 g/ 100 g zsír mennyiségben. Adatainkhoz hasonlóan *Nielsen és mtsai* (2006) fűszenázs önálló etetésekor szintén a C18:1 zsírsav csökkenését figyelték meg. Míg *Shingfield és mtsai* (2005) ugyancsak fűszenázs etetésekor a t9-C18:1 (elaidinsav) részarányának csökkenését tapasztalták a kukoricaszilázs etetéshez képest.

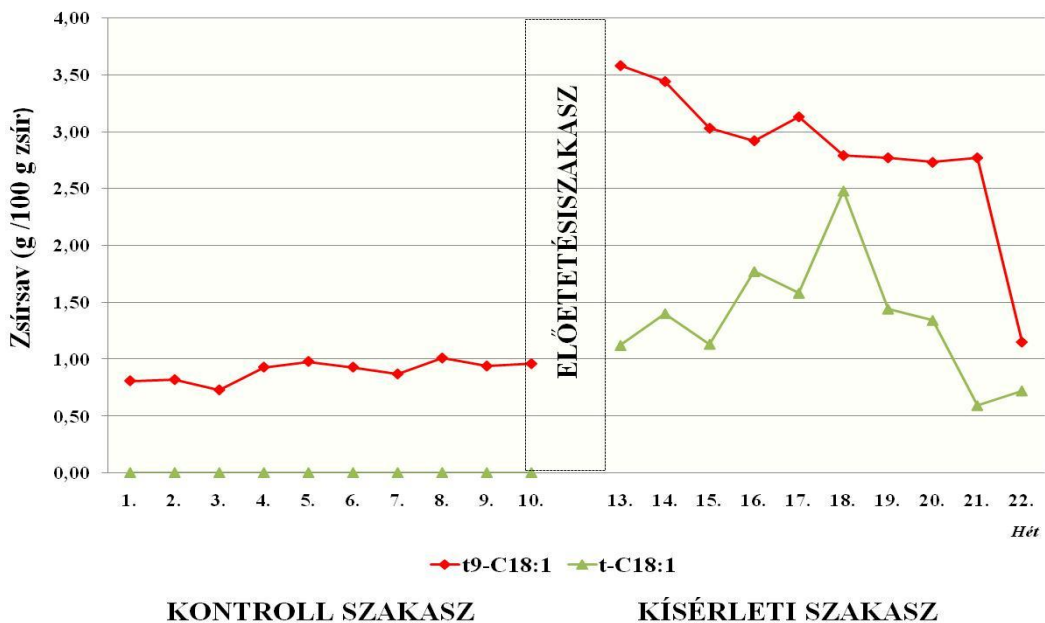
A t-C18:1 és a t9-C18:1 zsírsavak adatainak elemzésekor ebben az esetben is megfigyelhető, hogy azok részaránya a kísérlet előrehaladtával csökken (6. ábra). Ez ismételten azt jelzi, hogy az ilyen típusú kísérletek esetében hosszabb adaptációs és/vagy vizsgálati szakaszokat célszerű alkalmazni. Mindemellett az összes MUFA zsírsav mennyisége nem változott statisztikailag igazolható mértékben a kísérlet során.

**25. táblázat: A fűszénáz alapú takarmányozás és a fűszénáz II. omega-3 zsírkészítménnyel történő kombinált etetésének hatása a tej zsírsav-összetételére (g zsírsav/ 100 g zsír)**

<b>Zsírsav</b>	<b>Kontroll</b>	<b>Kísérleti</b>
C8:0	1,07±0,09 <sup>a</sup>	0,93±0,08 <sup>b</sup>
C10:0	2,73±0,23 <sup>a</sup>	2,31±0,27 <sup>b</sup>
C11:0	0,36±0,05 <sup>a</sup>	0,30±0,03 <sup>b</sup>
C12:0	3,41±0,37 <sup>a</sup>	2,97±0,32 <sup>b</sup>
C13:0	0,23±0,05 <sup>a</sup>	0,18±0,02 <sup>b</sup>
C14:0	11,42±0,88 <sup>a</sup>	11,48±0,54 <sup>a</sup>
C15:0	1,15±0,10 <sup>a</sup>	1,11±0,05 <sup>a</sup>
C16:0	34,38±1,41 <sup>a</sup>	31,76±0,71 <sup>b</sup>
C17:0	0,74±0,02 <sup>a</sup>	0,66±0,04 <sup>b</sup>
C18:0	8,77±0,55 <sup>a</sup>	7,89±0,90 <sup>b</sup>
C20:0	0,15±0,01 <sup>b</sup>	0,34±0,05 <sup>a</sup>
C22:0	0,05±0,01 <sup>b</sup>	0,08±0,01 <sup>a</sup>
<b>SFA</b>	<b>64,46±2,73<sup>a</sup></b>	<b>60,01±2,21<sup>b</sup></b>
C14:1	1,16±0,14 <sup>a</sup>	1,28±0,17 <sup>a</sup>
C16:1	2,70±0,12 <sup>a</sup>	2,69±0,30 <sup>a</sup>
C17:1	0,30±0,05 <sup>a</sup>	0,28±0,04 <sup>a</sup>
C18:1	22,91±2,44 <sup>a</sup>	20,86±0,69 <sup>b</sup>
c-C18:1	0,57±0,06 <sup>b</sup>	0,69±0,07 <sup>a</sup>
t-C18:1	-	1,37±0,47
t9-C18:1	0,90±0,09 <sup>b</sup>	2,89±0,58 <sup>a</sup>
C20:1	0,12±0,01 <sup>b</sup>	0,32±0,06 <sup>a</sup>
C22:1	0,02±0,01 <sup>b</sup>	0,08±0,02 <sup>a</sup>
<b>MUFA</b>	<b>28,68±2,42<sup>a</sup></b>	<b>30,46±1,41<sup>a</sup></b>
C18:2 (n-6t)	0,04±0,01 <sup>b</sup>	0,49±0,09 <sup>a</sup>
C18:2 (n-6)	2,47±0,23 <sup>a</sup>	2,35±0,25 <sup>a</sup>
CLA 1 (c9,t11)	0,39±0,10 <sup>b</sup>	1,38±0,31 <sup>a</sup>
CLA 2 (t10,c12)	-	0,06±0,02
CLA 3 (c9,c11)	0,03±0,00 <sup>b</sup>	0,07±0,01 <sup>a</sup>
CLA 4 (t9,t11)	0,02±0,00 <sup>b</sup>	0,06±0,01 <sup>a</sup>
C18:3 (n-3)	0,56±0,01 <sup>b</sup>	0,68±0,05 <sup>a</sup>
C18:3 (n-6)	0,02±0,00 <sup>a</sup>	0,01±0,01 <sup>b</sup>
C20:2 (n-6)	0,04±0,00 <sup>a</sup>	0,04±0,01 <sup>a</sup>
C20:3 (n-6)	0,11±0,01 <sup>a</sup>	0,09±0,01 <sup>b</sup>
C20:4 (n-6)	0,18±0,02 <sup>a</sup>	0,11±0,02 <sup>b</sup>
C20:5 (n-3)	0,03±0,01 <sup>b</sup>	0,07±0,01 <sup>a</sup>
C22:2 (n-6)	0,02±0,01 <sup>b</sup>	0,03±0,01 <sup>a</sup>
C22:4 (n-6)	0,05±0,01 <sup>a</sup>	0,02±0,01 <sup>b</sup>
C22:5 (n-3)	0,08±0,01 <sup>b</sup>	0,11±0,02 <sup>a</sup>
C22:6 (n-3)	-	0,05±0,01
<b>PUFA</b>	<b>4,04±0,32<sup>b</sup></b>	<b>5,62±0,47<sup>a</sup></b>
Egyéb zsírsav	2,82	3,91
$\Sigma n6$	2,93	3,14
$\Sigma n3$	0,67	0,91

a, b: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)





**6. ábra: A t9-C18:1 és a t-C18:1 zsírsavak részarányának változása a kontroll és a kísérleti szakasz során**

Az n-3 zsírsavak közül a legjelentősebb változás a C18:3 (0,56 vs. 0,68%), C20:5 (0,03 vs. 0,07%), és a C22:5 (0,08 vs. 0,11%) esetében volt (kontroll vs. kísérleti). Továbbá az előző kísérlethez hasonlóan a C22:6 zsírsav itt is kimutatható volt – 0,05 g/ 100 g zsír mennyiségben – a kísérleti szakaszban. Adatainktól részben eltérően *Offer* és *mtsai* (1999) C18:3 zsírsav esetében a fűszenázs és halolaj kombinált etetésekor viszont csak kis mértékű növekedést tapasztaltak a fűszenázs önálló etetéséhez képest (0,72 g/100 vs. 0,74 g/100 g összes zsírsav, sorrendben). Ugyanakkor – eredményeinkhez hasonlóan – az előbb említett szerzők a C20:5 és a C22:6 zsírsavak esetében már jelentős növekedésről számolnak be. Több irodalmi forrás beszámol arról, hogy a fűszenázs alapú takarmányozás a

kukoricaszilázs alapú takarmányozáshoz képest, megnöveli a tejben a C18:3 zsírsav mennyiségét (*Chilliard és mtsai, 2001; Ryhänen és mtsai, 2005; Nielsen és mtsai, 2006*). A 25. táblázat adataiból jól látszik, hogy az n-6 zsírsavak közül a C18:3 n-6, C20:3 n-6, C20:4 n-6 és a C22:4 n-6 zsírsavak részaránya szignifikáns mértékben csökkent a kísérleti szakaszban a kontrollhoz képest.

A humánegészség-ügyi szempontból nagy jelentőségű CLA pozitív élettani hatásairól már az előző fejezetekben említést tettünk. A tejszírban a CLA izomerek közül a c9,t11-C18:2 a teljes CLA-tartalom több mint 80%-át teszi ki (*Chin és mtsai, 1992; Parodi, 1994*). Kísérletünk során a c9,t11-C18:2 mennyisége 0,39%-ról 1,38%-ra nőtt a kontroll szakaszhoz képest. *Offer és mtsai (1999)* vizsgálatukban ugyancsak a CLA mennyiségének növekedéséről számolnak a fűszénázs és halolaj kombinált etetése során a fűszénázs önálló etetéséhez képest (1,55 g/100 g összes zsírsav vs. 0,16 g/100 g összes zsírsav, sorrendben). *Shingfield és mtsai (2005)* hal- és napraforgóolaj etetésének hatását vizsgálták, fűszénázs és kukoricaszilázs alapú takarmányozás mellett. Megállapították, hogy a CLA mennyisége fű etetésekor 2,4 g, míg a kukoricaszilázs esetében 2,2 g/100 g zsírsav volt. *Chilliard és Ferlay (2004)* vizsgálatában ehhez hasonló CLA mennyiséget állapítottak meg a fűszénázs és a kukoricaszilázs alapú takarmányozás mellett.

## **4.7. A halolaj és a fűszenázs etetésének hatása a tej organoleptikus tulajdonságaira**

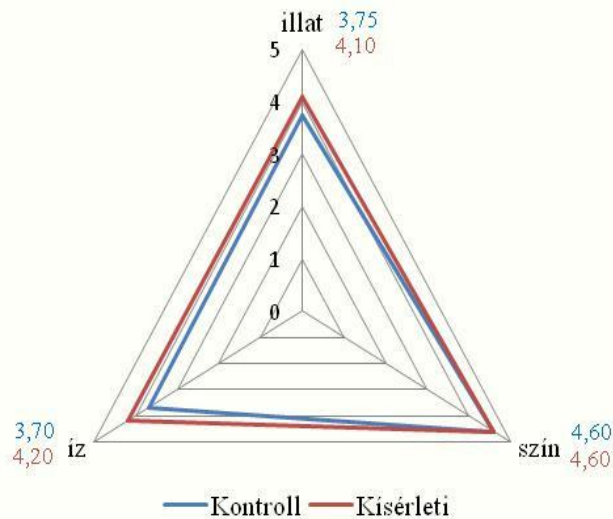
Abban az esetben, ha a gazdasági állatok takarmányozásában különböző zsírkészítményeket használunk (pl.: zsírsavösszetétel módosítása céljából), figyelembe kell venni azt a tényt, hogy az alkalmazott zsír- és olajforrások módosíthatják az állati eredetű élelmiszerek organoleptikus (érezkszervi) tulajdonságait (pl. íz, illat, szín). Annak megállapítására, hogy a fűszenázs alapú takarmányadag és/vagy a védett halolaj-alapú készítmény etetése milyen hatást gyakorol a tej organoleptikus tulajdonságaira, érezkszervi vizsgálatokat végeztünk a reggeli és az esti fejből származó, pasztőrözött tejmintákból.

### **4.7.1. Érezkszervi vizsgálat (I. nagyüzemi kísérlet)**

#### ***Egyetemi kóstolópróba***

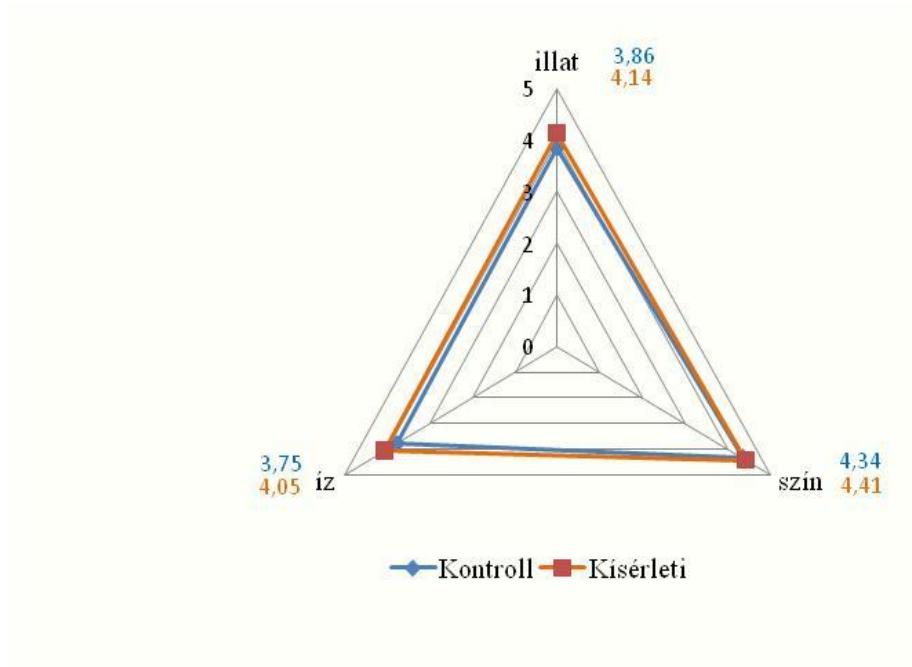
A 0,5 kg/nap/állat mennyiségű halolaj alapú védett zsírkiegészítés és a fűszenázs etetésének hatását a tej érezkszervi tulajdonságaira az I. nagyüzemi kísérlet során végzett kóstolópróbával kívántuk megállapítani. A reggeli tejmintákra vonatkozó 7. ábra adataiból jól látszik, hogy szín tekintetében a bírálók (n=20 fő) azonos pontszámmal értékelték mind a kontroll (kukoricaszilázs-lucernaszenázs alapú takarmányadag), mind pedig a kísérleti tejmintákat. Ugyanakkor az íz és az illat vonatkozásában a kísérleti tejmintákat egyértelműen kedvezőbbnek ítélték a bírálók. A kapott eredményekből az a következtetés vonható le, hogy a takarmányadagban a kukoricaszilázs, fűszenázzsal történő helyettesítése, továbbá a 0,5

kg/nap/állat mennyiségben történő II. omega-3 készítmény etetése előnyösebb ízvilágot eredményezett.



### 7. ábra: Az I. nagyüzemi kísérletben etetett takarmányadagok etetésének hatása a reggeli tejminták érzékszervi tulajdonságaira

Az este fejt tejminták érzékszervi tulajdonságait az 8. ábra szemlélteti. Látható, hogy szín esetében nincs lényeges különbség a kukoricaszilázst, illetve a fűszenázs+halolaj-alapú készítményt fogyasztó csoportok tejmintái között. Ezzel ellentétben illat és íz vonatkozásában a bírálók (n=44 fő) jóval magasabb pontszámmal értékelték a kísérleti mintákat.



**8. ábra: Az I. nagyüzemi kísérletben etetett takarmányadagok etetésének hatása az esti tejminták érzékszervi tulajdonságaira**

#### 4.7.2. Érzékszervi vizsgálat (II. nagyüzemi kísérlet)

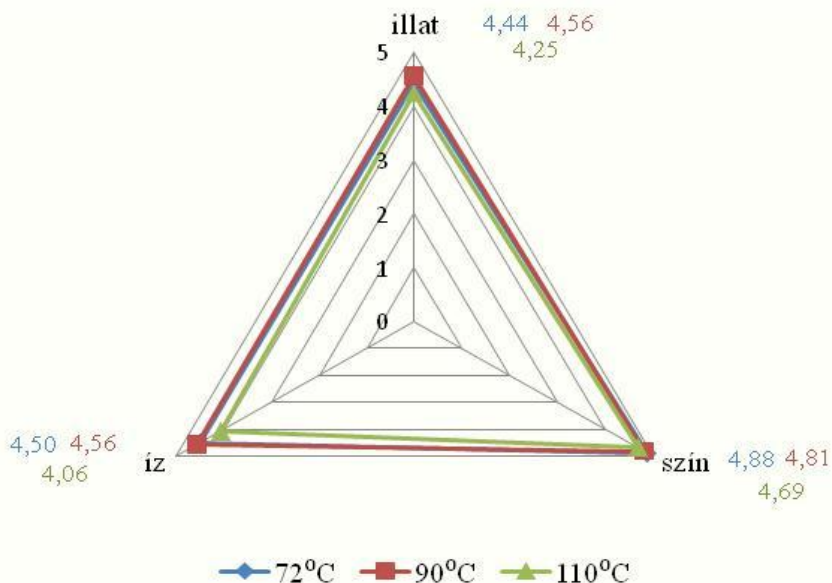
##### *Egyetemi kóstolópróba*

A II. nagyüzemi kísérlet során is végeztünk kóstolópróbát (n=16 fő) annak megállapítására, hogy a különböző pasztörözési hőmérsékleten (72°C; 90°C; 110°C) kezelt kísérleti tejminták (fűszénázs alapú takarmányozás+halolaj alapú II. omega-3 készítmény) milyen fontosabb organoleptikus tulajdonságokkal rendelkeznek.

A 9. ábra adataiból jól látszik, hogy a tejminták közül a 110°C-on hőkezelt minta kapta a legkisebb pontszámot, mindhárom vizsgált tulajdonság tekintetében. Az illat esetében a fogyasztók a 90 °C-on hőkezelt

tejmintát részesítették a legmagasabb pontszámmal, amely lényegesen nagyobb a 72°C-on kezelt minta értékénél. Szín vonatkozásában a 72°C és 90°C-os minta között nem volt lényeges különbség, ugyanakkor a 110°C-os mintát lényegesen kisebb pontszámmal értékelték a bírálók. Íz tekintetében a legkedvezőbb pontszámot a 90°C-on kezelt tejminta érte el. Ennél valamivel kevesebb pontot kapott a 72°C-on kezelt minta, de lényeges különbség csak a legmagasabb hőmérsékleten hőkezelt minta esetében tapasztalható.

Összességében megállapítható, hogy az alacsonyabb hőmérsékleten kezelt tejmintákat részesítették előnyben a bírálók, mindhárom vizsgált tulajdonság esetében. Az illat és az íz vonatkozásában a 90°C-on, míg a szín esetében a 72°C-on kezelt minta kapta a legmagasabb pontszámot.



**9. ábra: A 72-, 90 és 110°C-on hőkezelt tejminták érzékszervi tulajdonságai**

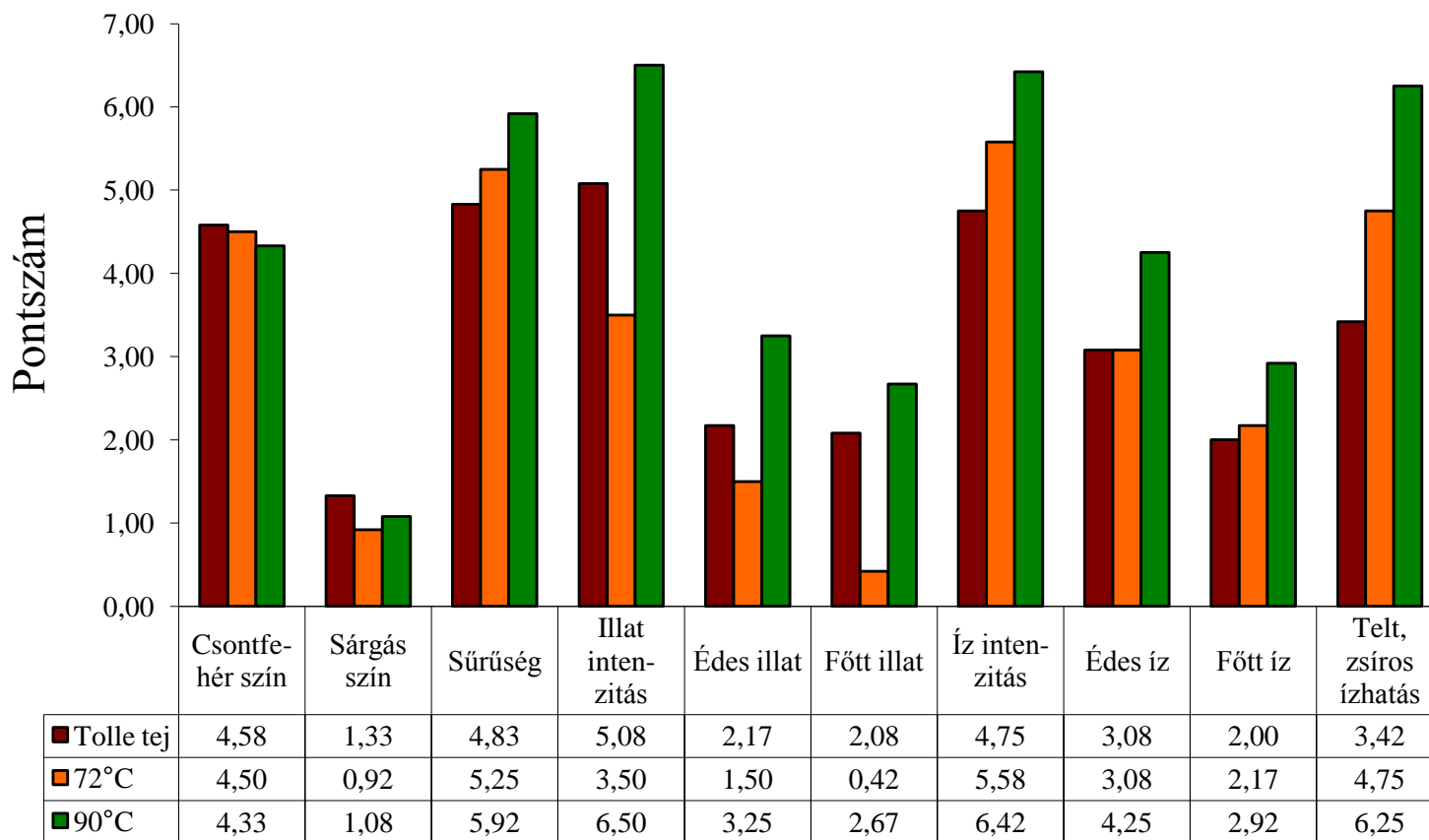
### ***Campden BRI érzékszervi vizsgálata***

A II. nagyüzemi kísérlet során a Campden BRI Magyarország Nonprofit Kft. munkatársai az általunk előállított kísérleti tejet (min. 3,5%-os zsírtartalom, 72°C-os, és 90°C-os hőkezelés) és egy kereskedelmi forgalomban lévő terméket (Tolle tej, 2,8%-os zsírtartalom), leíró jelleggel értékelték (mennyiségi leíró és érzékszervi profil vizsgálatok; MSZ ISO 6685:2007 5.4.3. szakasz). A 3 jegyű kóddal ellátott mintákat 6 képzett bíráló egyénileg értékelte, 2 ismétlésben, 0-9 pontig terjedő intenzitás skála alapján. A 2,8% zsírtartalmú Tolle Tejet azért választottuk, mert a magyar fogyasztók számára ez a zsírtartalom tekinthető elfogadottnak, így kíváncsiak voltunk arra, hogy egy ilyen típusú tejhez képest az általunk kidolgozott takarmányozásnak van-e negatív hatása.

A vizsgálat során a következő 14 tulajdonságot értékelték:

- csontfehér szín intenzitás
- sárga szín intenzitás
- sűrűség, telt külső megjelenés
- illat intenzitás
- édes illat
- főtt illat
- savanyú illat
- idegen illat
- íz intenzitás
- édes íz
- főtt íz
- telt, zsíros ízhatás
- savanyú íz
- idegen íz

A következőkben csak azokat a tulajdonságokat elemezném részletesen, amelyek esetében a bírálók is jelentős változást tapasztaltak. A tejminták vizsgált fontosabb érzékszervi tulajdonságait a *10. ábra* mutatja be.



**10. ábra: A Tolle tej (2,8%), a 72-, és a 90°C-on hőkezelt tejminták érzékszervi tulajdonságai**



A 10. ábra adataiból látható, hogy a bírálók a csontfehér szín intenzitásában nem tapasztaltak jelentős különbséget a vizsgált tejminták között. Adataink szerint a legtöbb tulajdonság vonatkozásában (sűrűség, illat intenzitás, édes illat, íz intenzitás, édes íz, főtt íz, telt, zsíros ízhatás) a 90°C-on hőkezelt minta kapta a legnagyobb pontszámot. Ez feltehetően azzal áll összefüggésben, hogy a fogyasztók többsége a kereskedelmi forgalomban kapható, magas hőmérsékleten hőkezelt tejet fogyasztja, és annak ízvilágát preferálja. Az általunk vizsgált tulajdonságok zöménél a 72°C-on hőkezelt minta kapta a második legmagasabb pontszámot, viszont a bírálók egyes tulajdonságok (sárgás szín, illat intenzitás, édes illat, főtt illat) esetében a kereskedelmi forgalomban kapható tejet ítélték jobbnak.

A bírálók szerint savanyú íz-, és illat, továbbá idegen íz-, és illat nem jellemezte a mintákat.

Az irodalomban kevés adat található arra vonatkozóan, hogy a halolajkiegészítés, illetve a fűszernáz alapú takarmányozás hogyan befolyásolta a tej érzékszervi tulajdonságait. A szerzők többsége azon a véleményen van, hogy a különböző halolajkiegészítések nem befolyásolták negatívan a tej érzékszervi tulajdonságait. *Ramaswamy és mtsai (2001)* eredményei alapján a 2%-os halolajkiegészítés során nem tapasztaltak különbséget, a tej ízét illetően. Más szerzők ugyancsak arról számolnak be, hogy a különböző halolajkiegészítések – önállóan, illetve más olajokkal kombinált etetése – szintén nem befolyásolták a tej organoleptikus tulajdonságait (*Baer és mtsai, 2001; Allred és mtsai, 2006; Nelson és Martini, 2009*). *Kolanowski és Wießbrodt (2007)* különböző tejtermékek (joghurt, sajt, vaj) vizsgálatakor szintén arról számolnak be, hogy a halolajkiegészítés nem volt negatív hatással a termékek érzékszervi tulajdonságaira.

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az állati eredetű élelmiszerek közül a tej magas telített (SFA) és alacsony többszörösen telítetlen zsírsav (PUFA) tartalma miatt meglehetősen negatív megítélésben részesül. Annak érdekében, hogy a tej PUFA – ezen belül is ALA, EPA és DHA – tartalmát megnöveljék, mindezidáig számos kísérlet során különböző olaj-, és zsírkészítményeket alkalmaztak a kérődzők takarmányozásában. Ismert az is, hogy a halolaj magas EPA és DHA tartalma miatt különösen alkalmas arra, hogy a tej n-3 zsírsav tartalmát megnövelje. Ugyanakkor kevés adattal rendelkezünk arra vonatkozóan, hogy a halolaj kiegészítés natúr, illetve bendővédett formában milyen hatást gyakorol a tejtermelésre, a tej beltartalmára, illetve zsírsav-összetételére.

PhD munkám során 2 éves vizsgálsorozatban értékeltém a nyugat-dunántúli régió egyik sajtüzemébe beszállított nyers tej-minták fehérje- és zsírtartalmát, továbbá zsírsav-összetételét. Az irodalmi adatokkal összehangban a legnagyobb zsírtartalmat a téli (3,92%), míg a legkisebb értéket a nyári tejmintákban kaptuk (3,64%). A fehérje % az őszi mintákban volt a legnagyobb (3,43%), míg a legkisebb értéket ebben az esetben is nyáron mértük (3,17%). A vizsgált két év adatai között a zsírtartalomban nem, viszont a fehérjetartalom esetében szignifikáns ( $P=0,01$ ) különbséget állapítottunk meg. Valamennyi telített zsírsav (SFA) esetében – a C17:0 kivételével – statisztikailag ( $P=0,05$ ) igazolható különbséget tapasztaltunk az évszakhatás tekintetében. Az egyszerűen telítetlen zsírsavak (MUFA) esetében a nyári mintákban mértük a legnagyobb értékeket (28,97%), ami

elsősorban a megnövekedett C18:1 (olajsav) zsírsavnak köszönhető. A többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) közül csak a C18:2 (linolsav) és a C20:3 (eikozatriénsav) esetében tapasztaltunk szignifikáns ( $P=0,05$ ) különbséget az egyes évszakok között. A tartósított takarmányok (pl. kukoricaszilázs) etetésének évszaktól független elterjedtségét a vizsgálat közvetve szintén igazolta.

Kísérleteink során – a bendőkanüllel ellátott tinókkal végzett – első modellvizsgálatban azt vizsgáltuk, hogy egy kereskedelmi forgalomban kapható zsírkészítmény (Hidropalm) és a saját fejlesztésű bypass I. omega-3 készítmény milyen bendőbeli stabilitással rendelkezik, és hogyan befolyásolja a bendőfermentációt. Megállapítottuk, hogy a Hidropalm készítménynek 80,1%, míg a halolaj készítménynek 62,5%-os a bendőbeli stabilitása. Az I. omega-3 készítmény valamennyi vizsgált időpontban (etetés után 2, 4 és 6 órával) szignifikáns mértékben megnövelte a bendőfolyadék propionsav koncentrációját a kontroll szakaszhoz képest. Míg a Hidropalm készítmény csak az etetést követő 2. órában növelte meg statisztikailag is igazolható mértékben a propionsav koncentrációt a kontroll szakaszhoz képest. Ezzel ellentétben a bendőfolyadék i-vajsav koncentrációja az omega-3 készítmény esetében az etetést követő 4. és 6. órában, míg a Hidropalm esetében az etetést követő valamennyi vizsgált időpontban szignifikáns mértékben csökkent a kontroll szakaszhoz viszonyítva.

A 2. modellvizsgálatban az omega-3 készítmény egy továbbfejlesztett változatát vizsgáltuk (II. omega-3), ami magasabb EPA és DHA tartalmú halolajat tartalmazott és elsősorban a burkolás technológiáját tekintve különbözött az I. omega-3 készítménytől. Az *in situ* kísérlet során

megállapítottuk, hogy a halolaj-alapú zsírkészítmény 70,5%-os bendőbeli stabilitással rendelkezik. A készítmény valamennyi mintavételi időpontban (etetés után 2, 4 és 6 órával) szignifikáns mértékben megnövelte a bendőfolyadék propionsav koncentrációját, míg az n-vajsav koncentrációt szignifikáns mértékben csökkentette a kontroll szakaszhoz képest.

Egy tehenészeti telepen tejtermelő tehenekkel végzett bevezető üzemi kísérletben vizsgáltuk azt, hogy a 62,5%-os bendőbeli stabilitással rendelkező, 0,25 kg/nap/állat mennyiségben etetett I. omega-3 készítmény milyen hatást gyakorol a tejtermelésre, a tej táplálóanyag-tartalmára és zsírsav-összetételére. Az eredmények alapján megállapítottuk, hogy a zsírkészítmény szignifikáns mértékben csökkentette a termelt tej mennyiségét, illetve zsírtartalmát, míg a tejcukor tartalom szignifikáns mértékben növekedett a kontroll szakaszhoz képest. A zsírsavösszetétel tekintetében a C20:0, c-C18:1, t9-C18:1, C20:1, c9,t11-C18:2, C20:5 (EPA), C22:2 és C22:5 (DPA) zsírsavak részaránya szignifikáns mértékben nőtt a kísérleti szakaszban.

Az I. nagyüzemi vizsgálat során a tartósított fűszenázs takarmányozás és a II. omega-3 zsírkészítmény 0,5 kg/nap/állat mennyiségű (bendőbeli stabilitás: 70,5%) kombinált etetése nem befolyásolta a tehenek tejtermelését, illetve a tej fehérje és laktóz tartalmát. Ugyanakkor szignifikáns mértékben csökkent a tejminták szárazanyag- és zsírtartalma. Az etetett kísérleti takarmányadag a fontosabb n-3 zsírsavak (C18:3; C20:5 és C22:5), továbbá a vizsgált CLA izomerek részarányát szignifikánsan javította. Ez egyben megnövelte a tej PUFA tartalmát, illetve szűkítette az n-6/n-3 arányt. A kísérleti csoportban a t9-C18:1 zsírsav részaránya 3,40-, illetve 3,64-szeresére növekedett az esti és a reggeli tejmintákban

(sorrendben). A kísérleti takarmányadag etetését követően mért kiugróan magas t9-C18:1 zsírsav mennyisége fokozatosan csökkenő tendenciát mutatott.

A II. nagyüzemi kísérlet során arra kerestük a választ, hogy milyen különbségek mutatkoznak a tejtermelésben, a tej beltartalmi paramétereiben, illetve zsírsav-összetételében a csak fűszenázs alapú takarmányozás (kontroll szakasz), és a fűszenázs halolajjal való kombinált etetése (kísérleti szakasz) során. A kísérleti szakaszban etetett takarmányadag szignifikáns mértékben csökkentette a tejtermelést, a tejszír,- és szárazanyag tartalmát, míg a tejcukor mennyisége szignifikáns mértékben nőtt. Ennek elsődleges oka az volt, hogy a kísérleti szakaszban a tehenek már a laktáció későbbi szakaszában voltak. A kísérleti tejmintákban a telített (SFA) zsírsav mennyiség statisztikailag igazolható mértékben csökkent a kontroll szakaszban gyűjtött tejmintákhoz képest. A MUFA zsírsavcsoporton belül az olajsav (C18:1) részaránya szignifikáns mértékben csökkent, míg a c-C18:1, t9-C18:1, C20:1 és a C22:1 zsírsavak mennyisége szignifikánsan nőtt a kísérleti szakaszban. Az n-3 zsírsavak közül a C18:3, C20:5, C22:5 zsírsavak, továbbá a c9,t11; c9,c11; t9,t11-C18:2 izomerek mennyisége statisztikailag is igazolható mértékben nőtt a kontroll szakaszhoz viszonyítva.

Az I. és a II. nagyüzemi kísérlet során elvégzett organoleptikus vizsgálatok eredményeképpen megállapítható, hogy a halolaj-alapú II. omega-3 zsírtkiegészítő etetése nem befolyásolta negatívan a tej vizsgált érzékszervi tulajdonságait. A kóstolópróbák alkalmával a kísérleti tejminták egyértelműen pozitív megítélésben részesültek a kontroll tejmintákhoz képest.

## 6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az elvégzett kísérletek alapján az alábbi új tudományos eredmények fogalmazhatók meg:

1. A különböző évszakokban (tavasz, nyár, ősz, tél) vizsgált tehén elegytej minták zsírsav összetételében statisztikailag ( $P \leq 0,05$ ) igazolható különbséget tapasztaltunk az egyes évszakok között valamennyi telített zsírsavnál (SFA) – a heptadekánsav (C17:0) kivételével – és a többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) közül a linolsav (C18:2) és az eikozatriénsav (C20:3) esetében. Az egyszerűen telítetlen zsírsavak (MUFA) részaránya a nyári mintákban volt a legnagyobb (28,97%), ami elsősorban a megnövekedett olajsav-tartalomnak (C18:1) köszönhető.
2. A burkolásos technológiával előállított halolaj-alapú II. omega-3 zsírkészítmény – az elvégzett *in situ* vizsgálatok alapján – 70,5%-os bendőbeli stabilitással rendelkezett. A készítmény a napi szárazanyagfelvétel 2,2%-ában alkalmazva nem befolyásolta kedvezőtlenül a fontosabb bendőfermentációs paramétereket (pH, ammónia, illózsírsav-koncentráció).

3. A halolaj-alapú II. omega-3 zsírkészítmény 0,5 kg-os napi fejadagja a fűszénázs–lucernaszenázs–kukoricadara alapú takarmányozás mellett szignifikánsan ( $P \leq 0,05$ ) javította a tejszírből az n-3 zsírsavak és a vizsgált CLA izomerek részarányát. Az etetett kísérleti takarmányadag nem befolyásolta negatívan a pasztőrözött tejminták fontosabb organoleptikus tulajdonságait (illat, íz, szín).
  
4. A tej zsírsavösszetételének módosítását célzó kísérletekben hosszabb (10 hetet meghaladó) vizsgálati szakaszok beiktatása javasolt, mivel a kezdeti kiugróan magas transz-vakcénsav (t11-C18:1) és elaidinsav (t9-C18:1) részarány ( $P \leq 0,05$ ) fokozatosan csökkenő tendenciát mutatott a 10 hétig tartó kísérleti szakaszban.

## TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE

### Táblázatok:

1.	A kontroll- és kísérleti szakaszokban etetett takarmányadag összetétele és számított táplálóanyag-tartalma	41.o.
2.	Az I. omega-3 zsírkészítmény vizsgált zsírsav-összetétele (nyerszsír tartalom: 61,3%)	43.o.
3.	A hidrogénezett zsírkészítmény (Hidropalm) vizsgált zsírsav-összetétele (nyerszsír tartalom: 99,6%)	43.o.
4.	A II. omega-3 készítmény vizsgált zsírsav-összetétele (nyerszsír tartalom: 63,25%)	45.o.
5.	A bevezető üzemi kísérlet során etetett takarmányadag összetétele és a napi adag számított táplálóanyag-tartalma	47.o.
6.	Az I. üzemi kísérlet során etetett takarmányadag számított táplálóanyag-tartalma és vizsgált zsírsav-összetétele (g zsírsav/ 100 g zsír)	49.o.
7.	A II. üzemi kísérlet kontroll és a kísérleti szakaszában etetett takarmányadag összetétele (a szárazanyag %-ában) és vizsgált zsírsav-profilja (g/ 100 g zsír)	51.o.
8.	A tehéntej zsír-, és fehérjetartalmának évszakonkénti alakulása a vizsgálat során (g/ 100 g)	55.o.
9.	A tehéntej zsírsav-összetételének évszakonkénti alakulása a vizsgálat során	57.o.
10.	Az I. omega-3 készítmény és a Hidropalm etetésének hatása az etetés előtt vett bendőfolyadék néhány paraméterére	62.o.
11.	Az I. omega-3 készítmény és a Hidropalm etetésének hatása az etetés után 2 órával vett bendőfolyadék néhány paraméterére	63.o.



12.	Az I. omega-3 készítmény és a Hidropalm etetésének hatása az etetés után 4 órával vett bendőfolyadék néhány paraméterére	64.o.
13.	Az I. omega-3 készítmény és a Hidropalm etetésének hatása az etetés után 6 órával vett bendőfolyadék néhány paraméterére	65.o.
14.	A II. omega-3 készítmény etetésének hatása az etetés előtt vett bendőfolyadék néhány paraméterére	69.o.
15.	A II. omega-3 készítmény etetésének hatása az etetés után 2 órával vett bendőfolyadék néhány paraméterére	70.o.
16.	A II. omega-3 készítmény etetésének hatása az etetés után 4 órával vett bendőfolyadék néhány paraméterére	71.o.
17.	A II. omega-3 készítmény etetésének hatása az etetés után 6 órával vett bendőfolyadék néhány paraméterére	72.o.
18.	A tejtermelés és a tej összetételének alakulása a mintavételi napokon	75.o.
19.	Az esti tejjel termelt táplálóanyagok mennyisége a mintavételi napokon	78.o.
20.	Az I. omega-3 zsírkészítmény (kísérleti szakasz) etetésének hatása a tej zsírsav-összetételére	79.o.
21.	A tejtermelés és a tej összetételének alakulása a vizsgálat során	82.o.
22.	A kontroll és a kísérleti csoport tejének zsírsav-összetétele (reggeli elegytej minták, n=12)	85.o.
23.	A kontroll és a kísérleti csoport tejének zsírsav-összetétele (esti elegytej minták, n=12)	87.o.
24.	A tejtermelés és a tej összetételének alakulása a mintavételi napokon	92.o.
25.	A fűszenázs alapú takarmányozás és a fűszenázs II. omega-3 zsírkészítménnyel történő kombinált etetésének hatása a tej zsírsav-összetételére (g zsírsav/ 100 g zsír)	95.o.

**Ábrák**

1.	Az ecetsav és a propionsav koncentráció alakulása a kísérlet során	66.o.
2.	Az összes illózsírsav koncentráció alakulása a kísérlet során	67.o.
3.	Az ecetsav és a propionsav koncentráció alakulása a kísérlet során	72.o.
4.	Az összes illózsírsav koncentráció alakulása a kísérlet során	73.o.
5.	A C18:1 és a t9-C18:1 zsírsavak részarányának változása az előtetetés és a kísérleti szakasz során	89.o.
6.	A t9-C18:1 és a t-C18:1 zsírsavak részarányának változása a kontroll és a kísérleti szakasz során	96.o.
7.	Az I. nagyüzemi kísérletben etetett takarmányadagok etetésének hatása a reggeli tejminták érzékszervi tulajdonságaira	99.o.
8.	Az I. nagyüzemi kísérletben etetett takarmányadagok etetésének hatása az esti tejminták érzékszervi tulajdonságaira	100.o.
9.	A 72-, 90 és 110°C-on hőkezelt tejminták érzékszervi tulajdonságai	101.o.
10.	A Tolle tej (2,8%), a 72-, és a 90°C-on hőkezelt tejminták érzékszervi tulajdonságai	103.o.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Dr. Tóth Tamás egyetemi docensnek, aki témavezetőként a kutatómunkához szükséges feltételeket biztosította, és szakmai iránymutatásával segítette munkámat.

Köszönettel és hálával tartozom a Takarmányozástani Intézeti Tanszék valamennyi munkatársának (Dr. Dr. h.c. Schmidt János, Rigó Eszter, Dr. Tanai Attila, Németh Valéria, Meszlényi Lászlóné, Tölts Sándorné, Vedródi Istvánné) azért a segítségért, amit a kísérletek lebonyolításához, a laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséhez és az adatok értékeléséhez nyújtottak.

Külön köszönet Dr. Zsédely Eszter intézeti mérnöknek a dolgozat elkészítésében nyújtott kitartó és fáradhatatlan segítségéért, továbbá Tóthné Erdős Csilla Gyöngyi labortechnikusnak a tejminták zsírsav-összetételének vizsgálatában végzett lelkiismeretes munkájáért. Köszönöm a Kar Állattenyésztési és Takarmányozási Kísérleti Telepén dolgozó munkatársaknak (Lengyelne Thurner Hajnalka, Szűcsné Rigó Lívia, Horváth Zsolt) a vizsgálatokban és a takarmányadagok összeállításában kifejtett lelkiismeretes munkájukat.

Végül, de nem utolsósorban köszönet a Magyar Tejgazdasági Kutató Intézet (Mosonmagyaróvár), az Óvártej Zrt. (Mosonmagyaróvár), a Solum Zrt. (Komárom) és az Adware Research Kft. (Balatonfüred) munkatársainak a kísérletekben, illetve a vizsgálatok elvégzésében, továbbá az adatok statisztikai értékelésében nyújtott segítségükért.

A kutatási munkát az Adexgo Kft. a GOP 1.1.1-08/1-2008-0024 azonosító számú pályázati keretéből támogatta.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Abe, M. – Yamamoto, Y. – Uehara, R. – Ogiwara, K. – Satoh, T. (1976): Untersuchungen zur Fütterung eingekapselten Safrolöls an Milchkühe und Mastrindern. *Japense J. Zootechnical Sci.* 47. 639-647.
2. AbuGhazaleh, A.A. (2008): Effect of fish oil and sunflower oil supplementation on milk conjugated linoleic acid content for grazing dairy cows. *Anim. Feed Sci. Tech.* 141. 220-232.
3. AbuGhazaleh, A.A. – Holmes, L.D. (2007): Diet supplementation with fish oil and sunflower oil to increase conjugated linoleic acid levels in milk fat of partially grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90. 2897-2904.
4. AbuGhazaleh, A.A. – Schingoethe, D.J. – Hippen, A.R. – Kalscheur, K.F. (2003): Conjugated linoleic acid and vaccenic acid in rumen, plasma, and milk of cows fed fish oil and fats differing in saturation of 18 carbon fatty acids. *J. Dairy Sci.* 86. 3648-3660.
5. AbuGhazaleh, A.A. – Schingoethe, D.J. – Hippen, A.R. – Kalscheur, K.F. (2004): Conjugated linoleic acid increases in milk when cows fed fish meal and extruded soybeans for an extended period of time. *J. Dairy Sci.* 87. 1758-1766.
6. Addis, M. – Cabiddu, A. – Pinna, G. – Decandia, M. – Piredda, G. – Pirisi, A. – Molle, G. (2005): Milk and cheese fatty acid composition in sheep fed Mediterranean forages with reference to conjugated linoleic acid cis-9,trans-11. *J. Dairy Sci.* 88. 3443-3454.
7. Aii, T. – Takahashi, S. – Kurihara, M. – Kume, S. (1988): The effects of Italian ryegrass hay, haylage and fresh Italian ryegrass on the fatty acid composition of cows' milk. *Japanese Journal of Zootechnical Science.* 59. 718-724.
8. Albert, C.M. – Oh, K. – Wang, W. – Manson, J.E. – Chae, C.U. – Stampfer, M.J. – Willett, W.C. – Hu, F.B. (2005): Dietary  $\alpha$ -linolenic acid intake and risk of sudden cardiac death and coronary heart disease. *American Heart Association.* 112. 3232-3238.
9. Allred, S.L. – Dhiman, T.R. – Brennand, C.P. – Khanal, R.C. – McMahan, 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. *J. Dairy Sci.* 89. 234-248.
10. AlZahal, O. – Or-Rashid, M.M. – Greenwood, S.L. – Douglas, M.S. – McBride, B.W. (2009): The effect of dietary fiber level on milk fat

- concentration and fatty acid profile of cows fed diets containing low levels polyunsaturated fatty acids. *J. Dairy Sci.* 92. 1108-1116.
11. Amorocho, A.K. – Jenkins, T.C. – Staples, C.R. (2009): Evaluation of catfish oil as a feedstuff of lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 92. 5178-5188.
  12. Astrup, H.N. – Nedkvitne, J.J. (1972): Experimente mit Caseinstabilisiertem Fett für die Wiederkäuer. *Tag. Ges. Ernährungsphysiol. Haustiere. München, April, 1972. Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.* 30. (1972) 3 s. 145-146.
  13. Atti, N. – Rouissi, H. – Othmane, M.H. (2006): Milk production, milk fatty acid composition and conjugated linoleic acid (CLA) content in dairy ewes raised on feedlot or grazing pasture. *Livest. Sci.* 104. 121-127.
  14. Auldish, M.J. – Walsh, B.J. – Thomson, N.A. (1998): Seasonal and lactational influences on bovine milk composition in New Zealand. *J. Dairy Res.* 65. 401-411.
  15. Baer, R.J. – Ryali, J. – Schingoethe, D.J. – Kasperson, K.M. – Donovan, D.C. – Hippen, A.R. – Franklin, S.T. (2001): Composition and properties of milk and butter from cows fed fish oil. *J. Dairy Sci.* 84. 345-353.
  16. Bang, H.O. – Dyerberg, J. – Sinclair, H.M. (1980): The composition of the Eskimo food in north western Greenland. *Am. J. Clin. Nutr.* 33. 2657-2661.
  17. Bargo, F. – Delahoy, J.E. – Schroeder, G.F. – Baumgard, L.H. – Müller, L.D. (2006): Supplementing total mixed rations with pasture increase the content of conjugated linoleic acid in milk. *Anim. Feed Sci. Tech.* 131. 226-240.
  18. Bauman, D.E. – Griinari, J.M. (2000): Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livest. Prod. Sci.* 70. 15-29.
  19. Baumgard, L.H. – Sangster, J.K. – Bauman, D.E. (2001): Milk fat synthesis in dairy cows is progressively reduced by increasing supplemental amounts of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). *J. Nutr.* 131. 1764-1769.
  20. Beaulieu, A.D. – Palmquist, D.L. (1995): Differential effects of high fat diets on fatty acid composition in milk of jersey and holstein cows. *J. Dairy Sci.* 78. 1336-1344.

21. Bedő, S. – Póti, P. – Köles, P. (2005): A magyar merinó anyajuhok tejtermelésének és tejösszetételének évszaki változása. *Tejgazdaság*. LXV. 32-39.
22. Benitez, H.F.I. (1988): Einfluss gestaffelter oraler Gaben geschützer Fette auf verdauungsphysiologische Parameter im Pansen, Ileochoymus und Kot des Schaffes. Dissertation, Hannover.
23. Bharathan, M. – Schingoethe, D.J. – Hippen, A.R. – Kalscheur, K.F. – Gibson, M.L. – Karges, K. (2008): Conjugated linoleic acid increases in milk from cows fed condensed corn distillers soluble and fish oil. *J. Dairy Sci.* 91. 2796-2807.
24. Bisig, W. – Collomb, M. – Bütikofer, U. – Sieber, R. – Bregy, M. – Etter, L. (2008): Seasonal variation of fatty acid composition in Swiss mountain milk. *Bundesamt für Landwirtschaft*. 15. 38-43.
25. Bonanome, A. – Grundy, S.M. (1988): Effects of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein levels. *New Eng. J. Med.* 318. 1244-1248.
26. Brumby, P.E. – Storry, J.E. – Sutton, J.D. (1972): Metabolism of cod-liver oil in relation to milk fat secretion. *J. Dairy Res.* 39. 167-182.
27. Brzoska, F. (2005): Effect of dietary vegetable oils on milk yield, composition and CLA isomer profile in milk from dairy cows. *J. Anim. Feed Sci.* 14. 445-459.
28. Brzoska, F. – Gasior, R. – Sala, K. – Wiewiora, W. (1999): Effect of calcium salts of fatty acid from animal fat, rape oil, linseed oil and fish oil on the yield and composition of cow's milk. *Roczniki Naukowe Zootechniki*. 26. 105-117.
29. 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. *J. Dairy Sci.* 90. 998-1009.
30. Burr, M.L. – 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). *Lancet*. 334. 757-761.
31. Butler, G. - Stergiadis, S. - Eyre, M. - Leifert, C. (2011): Fat composition of organic and conventional retail milk in northeast England. *J. Dairy Sci.* 94. 24-36.
32. Cabiddu, A. – Addis, M. – Pinna, G. – Decandia, M. – Sitzia, M. – Piredda, G. – Pirisi, A. – Molle, G. (2006): Effect of corn and beet pulp based concentrates on sheep milk and cheese fatty acid

- composition when fed Mediterranean fresh forages with particular reference to conjugated linoleic acid cis-9, trans-11. *Anim. Feed Sci. Tech.* 131. 292-311.
33. Cabrita, A.R.J. – Bessa, R.J.B. – Alves, S.P. – Dewhurst, R.J. – Fonseca, A.J.M. (2007): Effects of dietary protein and starch on intake, milk production, and milk fatty acid profiles of dairy cows fed corn silage-based diets. *J. Dairy Sci.* 90. 1429-1439.
  34. Cant, J.P. – Fredeen, A.H. – MacIntyre, T. – Gunn, J. – Crowe, N. (1997): Effect of fish oil and monensin on milk fat composition in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 77. 125-131.
  35. Casals, R. – Caja, G. – Pol, M.V. – Such, X. – Albanell, E. – Gargouri, A. – Casellas, J. (2006): Response of lactating dairy ewes to various levels of dietary calcium soaps of fatty acids. *Anim. Feed Sci. Tech.* 131. 312-332.
  36. Casper, D.P. – Schingoethe, D.J. – Middaugh, R.P. – Baer, R.J. (1988): Lactational responses of dairy cows to diets containing regular and high oleic acid sunflower seeds. *J. Dairy Sci.* 71. 1267-1274.
  37. Castillo, A.R. – Taverna, M.A. – Páez, R.R. – Cuatrin, A. – Colombatto, D. – Bargo, F. – García, M.S. – García, P.T. – Chavez, M. – Beaulieu, A.D. – Drackley, J.K. (2006): Fatty acid composition of milk from dairy cows fed fresh alfalfa based diets. *Anim. Feed Sci. Tech.* 131. 241-254.
  38. Chilliard, Y. – Doreau, M. (1997): Influence of supplementary fish oil and rumen-protected methionine on milk yield and composition in dairy cows. *J. Dairy Res.* 64. 173-179.
  39. Chilliard, Y. – Ferlay, A. (2004): Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reprod. Nutr. Dev.* 44. 467-492.
  40. Chilliard, Y. – Ferlay, A. – Doreau, M. (2001): Effect of different types of forages, animal fat or marine oils in cow diet on milk fat secretion and composition, especially conjugated linoleic acid (CLA) and polyunsaturated fatty acids. *Livest. Sci.* 70. 31-48.
  41. Chin, S.F. - Liu, W. - Storkson, J.M. - Ha, Y.L. – Pariza, M.W. (1992): Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J. Food Compos. Anal.* 5. 185-197.
  42. Chouinard, P.Y. – Girard, V. – Brisson, G.J. (1998): Fatty acid profile and physical properties of milk fat from cows fed calcium salts of fatty acid with varying unsaturation. *J. Dairy Sci.* 81. 471-481.

43. Christie, W.W. (1981): Lipid metabolism in ruminant animals. Pergamon Press GmbH, Kronberg/Taunus.
44. Collomb, M. - Bisig, W. - Bütikofer, U. - Sieber, R. - Bregy, M - Etter, L. (2008): Fatty acid composition of mountain milk from Switzerland: Comparison of organic and integrated farming system. *Int. Dairy J.* 18. 976-982.
45. Collomb, M. - Bühler, T. (2000): Analyse de la composition en acides gras de la graisse de lait. *Mitteilungen aus Lebensmitteluntersuchung und Hygiene* 91. 306-332.
46. Collomb, M. – Bütikofer, U. - Sieber, R. – Jeangros, B. – Bosste, J.O. (2002): Composition of fatty acids in cow's milk fat produced in the lowlands, mountains and highlands of Switzerland using high-resolution gas chromatography. *Int. Dairy J.* 12. 649-659.
47. Collomb, M. – Schmid, A. – Sieber, R. – Wechsler, D. – Ryänen, E. (2006): Conjugated linoleic acids in milk fat: Variation and physiological effects. *Int. Dairy J.* 16. 1347-1361.
48. Courvreur, S. – Hurtaud, C. – Lopez, C. – Delaby, L. – Peyraud, J.L. (2006): The linear relationship between the proportion of fresh grass in the cow diet, milk fatty acid composition, and butter properties. *J. Dairy Sci.* 89. 1956-1969.
49. Cruz-Hernandez, C. – Kramer, J.K.G. – Kenelly, J.J. – Glimm, D.R. – Sorensen, B.M. – Okine, E.K. – Goonewardene, L.A. – Weselake, R.J. (2007): Evaluating the conjugated linoleic acid and trans 18:1 isomers in milk fat of dairy cows fed increasing amounts of sunflower oil and a constant level of fish oil. *J. Dairy Sci.* 90. 3786-3801.
50. Csapó, J. – Csapóné, K. Zs. (2002): Tej és tejtermékek a táplálkozásban. *Mezőgazda Kiadó. Budapest.* 42-49. 256-258.
51. Csapó, J. – Vargáné, V.É. – Csapóné, K.Zs. – Szakály, S. (2003): Tej és tejtermékek konjugált linolsav-tartalma. *Állattenyésztés és Takarmányozás.* 52. 215-234.
52. Daviglius, M.L. – Stamler, J. - Greenland, P. - Dyer, A.R. - Liu, K. (1997b): Fish consumption and risk of coronary heart disease. What does the evidence show? *Eur. Heart J.* 18. 1841-1842.
53. Daviglius, M.L. – Stamler, J. – Orenca, A.J. – Dyer, A.R. – Liu, K. – Greenland, P. – Walsh, M.K. – Morris, D. – Shekelle, R.B. (1997a): Fish consumption and the 30-year risk of fatal myocardial infarction. *New Engl. J. Med.* 336. 1046-1053.



54. Davis, C.L. - Brown, R.E. (1970): Low-fat milk syndrome. In: Phillipson, A.T. (Ed.), *Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant*. Oriel Press, Newcastle upon Tyne, UK, 545–565.
55. de Marchi, M. – Bittante, G. – Dal Zotto, R. – Dalvit, C. – Cassandro, M. (2008): Effect of holstein friesian and brown swiss breeds on quality of milk and chesse. *J. Dairy Sci.* 91. 4092-4102.
56. de Veth, M.J. – Gulati, S.K. – Luchini, N.D. – Bauman, D.E. (2005): Comparison of calcium salts and formaldehyde-protected conjugated linoleic acid in inducing milk fat depression. *J. Dairy Sci.* 88. 1685-1693.
57. DePeters, E.J. – Medrano, J.F. – Reed, B.A. (1995): Fatty acid composition of milk fat from three breeds of dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 75. 267-269.
58. Devendra, C. – Lewis, D. (1974): The interaction between dietary lipids and fibre in sheep. *Anim. Prod.* 19. 67-76.
59. Dhiman, T.R. – Anand, G.R. – Satter, L.D. – Pariza, M.W. (1999): Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.* 82. 2146-2156.
60. Donovan, D.C. – Schingoethe, D.J. – Baer, R.J. – Ryali, J. – Hippen, A.R. – Franklin, S.T. (2000): Influence of dietary fish oil on conjugated linoleic acid and other fatty acids in milk fat from lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 83. 2620-2628.
61. Doreau, M. – Chilliard, Y. (1997): Effects of ruminal or postruminal fish oil supplementation on intake and digestion in dairy cows. *Reprod. Nutr. Dev.* 37. 113-124.
62. Doreau, M. – Chilliard, Y. – Bauchart, D. – Michalet-Doreau, B. (1990): Influence of different fat supplements on digestibility and ruminal digestion in sheep. *Ann. Zootech.* 40. 19-30.
63. Drackley, J.K. – Elliott, J.P. (1993): Milk composition, ruminal characteristics, and nutrient utilization in dairy cows fed partially hydrogenated tallow. *J. Dairy Sci.* 76. 183-196.
64. Eastridge, M.L. - Firkins, J.L. (1991): Feeding hydrogenated fatty acids and triglycerides to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 74. 2610-2616.
65. Egger, P. – Holzer, G. – Segato, S. – Werth, E. – Schwienbacher, F. – Peratoner, G. (2007): Effects of oilseed supplements on milk production and quality in dairy cows fed a hay-based diet. *Ital. J. Anim. Sci.* 6. 395-405.
66. Elgersma, A. – Tamminga, S. – Ellen, G. (2006): Modifying milk composition through forage. *Anim. Feed Sci. Tech.* 131. 207-225.

67. Elliott, J.P. – Drackley, J.K. – Schauff, D.J. – Jaster, E.H. (1993): Diets containing high oil corn and tallow for dairy cows during early lactation. *J. Dairy Sci.* 76. 775-789.
68. Fatahnia, F. – Nikkhah, A. – Zamiri, M.J. – Kahrizi, D. (2008): Effect of dietary fish oil and soybean oil on milk production and composition of Holstein cows in early lactation. *Asian-Austral. J. Anim.* 21. 386-391.
69. Fébel, H. – Csapó, J. – Huszár, Sz. – Andrásófszky, E. – Miklós, Sz. – Várhegyi, I. (2004): Különböző zsírkészítmények élettani hatásának vizsgálata juhokban. *Magyar Állatorvosok Lapja.* 126. 395-402.
70. Fievez, V. – Dohme, F. – Danneels, M. – Raes, K. – Demeyer, D. (2003): Fish oils as potent rumen methane inhibitors and associated effects on rumen fermentation in vitro and in vivo. *Anim. Feed Sci. Tech.* 104. 41-58.
71. Fitzgerald, J.J. – Murphy, J.J. (1999): A comparison of low starch maize silage and grass silage and the effect of concentrate supplementation of the forages or inclusion of maize grain with the maize silage on milk production by dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 57. 95-111.
72. Flowers, G. – Ibrahim, S.A. – AbuGhazaleh, A.A. (2008): Milk fatty acid composition of grazing dairy cows when supplemented with linseed oil. *J. Dairy Sci.* 91. 722-730.
73. Fox, J.R. – Duthie, A.H. – Wulff, S. (1989): Effect of the seasonal variation of fatty acids in milk fat on the sensitivity of a test for vegetable fat adulteration. *J. Dairy Sci.* 72. 1981-1985.
74. Ganjkhanelou, M. – Rezayazdi, K. – Ghorbani, G.R. – Banadaky, M.D. – Morraveg, H. – Yang, W.Z. (2009): Effects of protected fat supplements on production of early lactation holstein cows. *Anim. Feed Sci. Tech.* 154. 276-283.
75. García, D.C. – Hernandez, M.P. – Cantalapiedra, G. – Salas, J.M. – Merino, J.A. (2005): Bypassing the rumen in dairy ewes: The reticular groove reflex vs. calcium soap of olive fatty acids. *J. Dairy Sci.* 88. 741-747.
76. Gentile, M. – Barbera, S. – Battaglini, L. (2006): Dairy cows system and natural resources utilization for a sustainable and ethical production in NW Italy. *Ethics and the Politics of Food.* 567-568.
77. Gill, C. – Best, P. (2006): Konjugált linolsavak a tejelő teheneknek: többszörös marketingcélok? *Takarmányozás.* 2. 30-31.

78. Gonzalez, F. – Bas, F. (2002): Effect of a hydrogenated fish oil in milk production in Holstein Friesian dairy cows. *Cienc. Investig. Agrar.* 29. 73-82.
79. Grummer, R.R. (1991): Effect of feed on the composition of milk fat. *J. Dairy Sci.* 74. 9. 3244-3257.
80. Gulati, S.K. – Ashes, J.R. – Scott, T.W. (1999): Hydrogenation of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids and the incorporation into milk fat. *Anim. Feed Sci. Tech.* 79. 57-64.
81. Gulati, S.K. – May, C. – Wynn, P.C. – Sott, T.W. (2002): Milk fat enriched in n-3 fatty acids. *Anim. Feed Sci. Tech.* 98. 143-152.
82. Hagemester, H. – Kaufmann, W. (1979): Verwendungsmöglichkeiten von Fett in der Ernährung von Milchkühen. *Übers. Tiernahrung.* 7. 1-30.
83. Hagemester, H. – Voigt, J. (2001): A takarmányozás hatása a tehéntej kedvező zsírsavösszetételére. *Takarmányozás.* 4. 7-11.
84. Hebeisen, D.F. – Hoeflin, F. – Reusch, H.P. – Junker, E. – Lauterburg, B.H. (1993): Increased concentrations of omega-3 fatty acids in milk and platelet rich plasma of grass-fed cows. *International Journal of Vitaminology and Nutrition Research.* 63. 229-233.
85. Heck, J.M.L. – van Valenberg, H.J.F. – Dijkstra, J. – van Hooijdonk, A.C.M. (2009): Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. *J. Dairy Sci.* 92. 4745-4755.
86. Henderson, C. (1973): The effects of fatty acids on pure cultures of rumen bacteria. *J. Agr. Sci.* 81. 107-112.
87. Heravi Moussavi, A.R. – Gilbert, R.O. – Overton, T.R. – Bauman, D.E. – Butler, W.R. (2007): Effects of feeding fish meal and n-3 fatty acids on milk yield and metabolic responses in early lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90. 136-144.
88. Hodgson, J.M. – Wahlqvist, M.L. – Boxall, J.A. – Balazs, N.D. (1996): Platelet trans fatty acids in relation to angiographically assessed coronary artery disease. *Atherosclerosis.* 120. 147-154.
89. Hoffman, L.C. – Joubert, M – Brand, T.S. – Manley, M. (2005): The effect of dietary fish oil rich in n-3 fatty acids on the organoleptic, fatty acid and physicochemical characteristics of ostrich meat. *Meat Sci.* 70. 45-53.
90. Holter, J.B. – Hayes, H.H. (1994): No advantage to delaying the introduction of calcium soaps of palm oil fatty acids early lactation dairy rations. *J. Dairy Sci.* 77. 799-812.

91. Hornyák, Z. – Kovács, A.Z. – Szakály, S. (2005): A fehér-kék belga húsmarhafajta elsőfejű kolosztrumának összetétele 2. Zsír-sav-összetétel. *Tejgazdaság*. LXV. 15-21.
92. Horváth, Z. (1979): Állatorvosi klinikai laboratóriumi vizsgálatok. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
93. Hu, F.B. – Manson, J.E. – Willett, W.C. (2001): Types of dietary fat and risk of coronary heart disease: A critical review. *J. Am. Coll. Nutr.* 20. 5-19.
94. Huang, Y. – Schoonmaker, J.P. – Bradford, B.J. – Beitz, D.C. (2008): Response of milk fatty acid composition to dietary supplementation of soy oil, conjugated linoleic acid, or both. *J. Dairy Sci.* 91. 260-270.
95. Hunter, J.E. (2005): Dietary levels of trans-fatty acids: basis for health concerns and industry efforts to limit use. *Nutr. Res.* 25. 499-513.
96. Husvéth, F. – Galamb, E. – Gaál, T. – Dublec, K. – Wágner, L. – Pál, L. (2010): Milk production, milk composition, liver lipid contents and C18 fatty acid composition of milk and liver lipids in Awassi ewes fed a diet supplemented with protected cis-9, trans-11 and trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA) isomers. *Small Ruminant Res.* 94. 25-31.
97. Iggman, D. - Birgisdottir, B. - Ramel, A - Hill, J. - Thorsdottir, I. (2003): Differences in cow's milk composition between Iceland and the other Nordic countries and possible connections to public health. *Scandinavian Journal of Nutrition* 74. 194-198.
98. Ikwuegbu, O.A. – Sutton, J.D. (1982): The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on rumen metabolism in sheep. *Brit. J. Nutr.* 48. 365-375.
99. Ivan, M. – Mir, S.P. – Koenig, K.M. – Rode, L.M. – Neill, L. – Entz, T. – Mir, Z. (2001): Effects of dietary sunflower seed oil on rumen protozoa population and tissue concentration of conjugated linoleic acid in sheep. *Small Ruminant Res.* 41. 215-227.
100. Jahreis, G. – Fritsche, J. – Steinhart, H. (1997): Conjugated linoleic acid in milk fat: high variation depending on production system. *Nutr. Res.* 17. 1479-1484.
101. Janeczek, W. – Szoltysik, M. – Kupczynski, R. – Chrzanowska, J. – Kinal, S. – Korczynski, M. – Bartkowiak, A. (2007): Effect of fat-mineral preparation from fish oil on fatty acid content on cows milk. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences.* 2. 276-283.

102. Jenkins, T.C. (1998): Fatty acid composition of milk from Holstein cows fed oleamide or canola oil. *J. Dairy Sci.* 81. 794-800.
103. Jenkins, T.C. – Jenny, B.F. (1989): Effect of hydrogenated fat on feed intake, nutrient digestion, and lactational performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72. 2316-2324.
104. Jenkins, D.J.A. – Josse, A.R. – Dorian, P. – Burr, M.L. – Trangmar, R.L. – Kendall, C.W.C. – Cunnane, S.C. (2008): Heterogeneity in randomized controlled trials of long chain (fish) omega-3 fatty acids in restenosis, secondary prevention and ventricular arrhythmias. *J. Am. Coll. Nutr.* 27. 367-378.
105. Jones, D.F. – Weiss, W.P. – Palmquist, D.L. (2000): Short Communication: Influence of dietary tallow and fish oil on milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 83. 2024-2026.
106. Jones, D.F. – Weiss, W.P. – Palmquist, D.L. – Jenkins, T.C. (1998): Dietary fish oil for dairy cows. 1./ Effect of milk fatty acids production. *Ohio Agric. Res. Dev.* 163. 101-104.
107. Jump, D.B. (2002): The biochemistry n-3 fatty polyunsaturated fatty acids. *J. Biol. Chem.* 277. 8755-8758.
108. Jung, U.J. – Torrejon, C. – Tighe, A.P. – Deckelbaum, R.J. (2008): n-3 fatty acids and cardiovascular disease: mechanisms underlying beneficial effects. *Am. J. Clin. Nutr.* 87. 2003S-2009S.
109. Kakuk, T. - Schmidt, J. (1988): Takarmányozás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
110. Kalscheur, K.F. – Teter, B.B. – Piperova, L.S. – Erdman, R.A. (1997a): Effect of dietary forage concentration and buffer addition and duodenal flow of trans-C<sub>18:1</sub> fatty acids and milk fat production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80. 2104-2114.
111. Kalscheur, K.F. – Teter, B.B. – Piperova, L.S. – Erdman, R.A. (1997b): Effect of fat source on duodenal flow of trans-C<sub>18:1</sub> fatty acids and milk fat production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80. 2115-2126.
112. Kay, J.K. – Weber, W.J. – Moore, C.E. – Bauman, D.E. – Hansen, L.B. – Chester-Jones, H. – Crooker, B.A. – Baumgard, L.H. (2005): Effects of week of lactation and genetic selection for milk yield on milk fatty acid composition in holstein cows. *J. Dairy Sci.* 88. 3886-3893.
113. Keady, T.W.J. – Mayne, C.S. (1999): The effects of level of fish oil inclusion in the diet on rumen digestion and fermentation parameters in cattle offered grass silage based diets. *Anim. Feed Sci. Tech.* 81. 57-68.

114. Keady, T.W.J. – Mayne, C.S. – Fitzpatrick, D.A. (2000): Effects of supplementation of dairy cattle with fish oil on silage intake, milk yield and milk composition. *J. Dairy Res.* 67. 137-153.
115. Keefe, J.H. – Carter, M.D. – Lavie, C.J. (2009): Primary and secondary prevention of cardiovascular diseases a practical evidence-based approach. *Mayo Clin. Proc.* 84. 741-757.
116. 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. *J. Dairy Sci.* 86. 2588-2597.
117. Kelly, M.L. – Berry, J.L. – Dwyer, D.A. – Griinari, J.M. – Chouinard, P.Y. – van Amburgh, M.E. – Bauman, D.E. (1998b) : Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. *Nutr. Metab.* 128. 881-885.
118. Kelly, M.L. – Kolver, E.S. – Bauman, D.E. – van Amburgh, M.E. – Muller, L.D. (1998a): Effect of intake of pasture on concentrations of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 81. 1630-1636.
119. 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*. *J. Biol. Chem.* 241. 1350-1353.
120. Keresztes, M. – Faigl, V. – Márton, A. – Ilnáth, Z. – Kulcsár, M. – Mézes, M. – Husvéth, F. – Huszenicza, Gy. (2007): A védett zsírokkal történő takarmánykiegészítés hatása a kérődzők szaporodásbiológiai jellemzőire. *Magyar Állatorvosok Lapja. Irodalmi átekintés.* 1. rész. 129. 525-530.
121. Khorasani, G.R. – Kennelly, J.J. (2001): Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristics, milk yield, and milk composition in late-lactation holstein cows. *J. Dairy Sci.* 84. 1707-1716.
122. Kirchgessner, M. – Kaufmann, W. (1986): In: Wegel, K.: Einfluss gestaffelter Gaben von Palmölfettsäuren und ihren Calciumseifen auf einige ausgewählte verdauungsphysiologische Parameter im Ileumchimus. Kot und Plasma der Schafes. Diss., Tierärztliche Hochschule, Hannover.
123. Kitessa, S.M. – Gulati, S.K. – Simos, G.C. – Ashes, J.R. – Scott, T.W. – Fleck, E. – Wynn, P.C. (2004): Supplementation of grazing dairy cows with rumen-protected tuna oil enriches milk fat with n-3 fatty acids without affecting milk production or sensory characteristics. *Brit. J. Nutr.* 91. 271-277.

124. Kitessa, S.M. – Peake, D. – Bencini, R. – Williams, A.J. (2003): Fish oil metabolism in ruminants III. Transfer of n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) from tuna oils into sheep's milk. *Anim. Feed Sci. Tech.* 108. 1-14.
125. Kolanowski, W. – Weißbrodt, J. (2007): Sensory quality of dairy products fortified with fosh oil. *Int. Dairy J.* 17. 1248-1253.
126. Kolver, E.S. – de Veth, M.J. – Roche, J.R. – Chand, A. (2002): Enhancing ruminal concentration of conjugated linoleic acid and trans vaccenic acid. *J. Dairy Sci.* 85. (Suppl 1.) 183.
127. Komprda, T. – Dvorak, R. – Fialova, M. – Sustova, K. – Pechova, A. (2005): Fatty acid content in milk of dairy cows in a diet with high fat content derived from rapeseed. *Czech J. Anim. Sci.* 50. 311-319.
128. Kondyli, E. – Tatsiari, M.C. (2002): Fatty acid composition of raw ewe's milk of Boutsiko breed during lactation. *Milchwissenschaft.* 57. 74-76.
129. Kovács, A.Z. – Szirtes, Sz. – Szakály, S. (1999): Az ősi magyar szürke szarvasmarha 2. A magyar szürke tejének összetétele. *Tejgazdaság.* LIX. 27-32.
130. Kraft, J. – Collomb, M. – Mockel, P. – Sieber, R. – Jahreis, G. (2003): Differences in CLA isomer distribution of cow's milk lipids. *Lipids.* 38. 657-664.
131. Kreuder, K. (1976): Der Einsatz von eingekapseltem Öl in der Fütterung von Milchkühen. Vortrag auf der 11. Hochschultagung der Agrar-, Haushalts- und Ernährungswissenschaftlichen Fachbereiche der Universität Giessen.
132. Kris-Etherton, P. – Yu, S. (1997): Individual fatty acids on plasma lipids and lipoproteins human studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 65. Suppl. 1628S-1644S.
133. Kristensen, E.S. - Möller, P.D. - Hvelplund, T. (1982): Estimation of the effective protein degradability in the rumen of cows using the nylon bag technique combined with the outflow rate. *Acta Agri. Scand.* 32. 123-127.
134. 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. *Arch. Anim. Nutr.* 62. 60-69.
135. 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. *J. Dairy Sci.* 81. 3259-3267.
136. Leaf, A. (1999): Dietary prevention of coronary heart disease: The Lyon diet heart study. *American Heart Association.* 99. 733-735.
137. Ledoux, M. - Chardigny, J.M. - Darbois, M. - Soustre, Y. - Sébédio, J.L. - Laloux, L. (2005): Fatty acid composition of French butters, with special emphasis on conjugated linoleic acid (CLA) isomers. *J. Food Compos. Anal.* 18. 409-425.
138. Lemaitre, R.N. - King, I.B. - Mozaffarian, D. - Kuller, L.H. - Tracy, R.P. - Siscovik, D.S. (2003): n-3 polyunsaturated fatty acids, fatal eschismic heart disease, and nonfatal myocardial infarction in older adults: the cardiovascular health study. *Am. J. Clin. Nutr.* 77. 319-325.
139. Liu, S.J. - Wang, J.Q. - Bu, D.P. - Wei, H.Y. - Zhou, L.Y. - Luo, Q.J. (2007): The effect of dietary vegetable oilseeds supplement on fatty acid profiles in milk from lactating dairy cows. *Agricultural Sciences in China.* 6. 1002-1008.
140. Lock, A.L. - Garnsworthy, P.C. (2003): Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and  $\Delta^9$ - desaturase activity in dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 79. 47-59.
141. Loor, J.J. - Doreau, M. - Chardigny, J.M. - Ollier, A. - Sebedio, J.L. - Chilliard, Y. (2005c): Effects of ruminal or duodenal supply of fish oil on milk fat secretion and profiles of trans-fatty acids and conjugated linoleic acid isomers in dairy cow fed maize silage. *Anim. Feed Sci. Tech.* 119. 227-246.
142. Loor, J.J. - Ferlay, A. - Ollier, A. - Doreau, M. - Chilliard, Y. (2005a): Relationship among trans and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. *J. Dairy Sci.* 88. 726-740.
143. Loor, J.J. - Ferlay, A. - Ollier, A. - Ueda, K. - Doreau, M. - Chilliard, Y. (2005b): High-concentrate diets and polyunsaturated oils alter trans and conjugated isomers in bovine rumen, blood, and milk. *J. Dairy Sci.* 88. 3986-3999.
144. Machmüller, A. - Ossowski, D.A. - Kreuzer, M (2000): Comparative evaluation of the effects of coconut oil, oilseeds and crystalline fat on methane release, digestion and energy balance in lambs. *Anim. Feed Sci. Tech.* 85. 41-60.



145. Magdus, M. (1991): A zsírforgalmat befolyásoló tényezők vizsgálata és az energiaellátás javításának lehetőségei zsíretetéssel kérődzőkben. Kandidátusi értekezés, Budapest
146. Magyar Szabvány EN ISO 6865:2001 Nyersrost meghatározás
147. Magyar Szabvány 6830-4:1981 Nyersfehérje meghatározás
148. Magyar szabvány ISO 5984:1992 Nyersshamu meghatározás
149. Magyar Szabvány ISO 6496:2001 Szárazanyag meghatározás
150. Magyar Szabvány 6369-15:1982 Nyerszsír meghatározás
151. Magyar Szabvány ISO 5508:1992 Zsírsvösszetétel meghatározás
152. Magyar Szabvány ISO 6685:2007 Mennyiségi leíró és érzékszervi profil vizsgálatok
153. Martin, C.A. – Carapelli, R. – Visantainer, J.V. – Matsushita, M. – Souza, de N.E. (2005): Trans fatty acid content of Brazilian biscuits. *Food Chem.* 93. 445-448.
154. Mattos, R. – Staples, C.R. – Arteche, A. – Wiltbank, M.C. – Diaz, F.J. – Jenkins, T.C. – Thatcher, W.W. (2007): Halolaj hatása a kérődzők takarmányozásában. *Takarmányozás.* 1. 15-18.
155. Mattos, R. – Staples, C.R. – Williams, J. – Amorochó, A. – McGuire, M.A. – Thatcher, W.W. (2002): Uterine, ovarian, and production responses of lactating dairy cows to increasing dietary concentrations of menhaden fish meal. *J. Dairy Sci.* 85. 755-764.
156. Mel'uchová, B. – Blaško, J. – Kubinec, R. – Górová, R. – Dubravská, J. – Margetín, M. – Soják, L. (2008): Seasonal variations in fatty acid composition of pasture forage plants and CLA content in ewe milk fat. *Small Ruminant Res.* 78. 56-65.
157. Micha, R. – Mozaffarian, D. (2008): Trans fatty acids: Effects on cardiometabolic health and implications for policy. *Prostag. Leukotr. Ess.* 79. 147-152.
158. Mihályi Gy.-né (1997): Transz-zsírsvavak élelmiszereinkben. *A Hús.* 7. 187-189.
159. Moallem, U. – Folman, Y. – Bor, A. – Arav, A. – Sklan, D.(1999): Effect of calcium soaps of fatty acids and administration of somatotropin on milk production, preovulatory follicular development, and plasma and follicular fluid lipid composition in high yielding dairy cows. *J. Dairy Sci.* 82. 2358-2368.
160. Mozaffarian, D. – Rimm, E.B. (2006): Fish intake, contaminants, and human health: evaluating the risk and the benefits. *J. Amer. Med. Assoc.* 296. 1885-1899.

161. Mozzon, M. – Frega, N.G. – Fronte, B. – Tochini, M. (2002): Effect of dietary fish oil supplements on levels of n-3 polyunsaturated fatty acids, trans acids and conjugated linoleic acid in ewe milk. *Food Technol. Biotech.* 40. 213-219.
162. 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. *Livest. Sci.* 116. 332-337.
163. Nelson, K.A.S. – Martini, S. (2009): Increasing omega fatty acid content in cow's milk through diet manipulation: Effect on milk flavor. *J. Dairy Sci.* 92. 1378-1386.
164. Neményi, B. (2002): Védett zsírok. *Magyar Állattenyésztők Lapja.* 30. 9.
165. Nicholson, J.W. – Sutton, J.D. (1971): Some effects of unsaturated oils given to dairy cows with rations of different roughage content. *J. Dairy Res.* 38. 363-366.
166. Nielsen, T.S. – Straarup, E.M. – Vestergaard, M. – Sejrsen, K. (2006): Effect of silage type and concentrate level on conjugated linoleic acids, trans-C18:1 isomers and fat content in milk from dairy cows. *Reprod. Nutr. Dev.* 46. 699-712.
167. Nudda, A. – McGuire, M.A. – Battacone, G. – Pulina, G. (2005): Seasonal variation in conjugated linoleic acid and vaccenic acid in milk fat of sheep and its transfer to cheese and ricotta. *J. Dairy Sci.* 88. 1311-1319.
168. Offer, N.W. (2002): Effect of cutting and ensiling grass on levels of CLA in bovine milk. In: Gechie, L.M. Thomas, C. (Eds) *Proceedings of the XIIIth International Silage Conference.* Auchincruive, Scotland. Scottish Agricultural College. 16-17.
169. Offer, N.W. – Marsen, M. – Dixon, J. – Speake, B.K. – Thacker, F.E. (1999): Effects of dietary fat supplements on levels of n-3-polyunsaturated fatty acids, trans acids and conjugated linoleic acid in bovine milk. *J. Anim. Sci.* 69. 613-625
170. Osborne, V.R. - Radhakrishnan, S. – Odongo, NE - Hill, AR – McBride, BW. (2008): Effects of supplementing fish oil in the drinking water of dairy cows on production performance and milk fatty acid composition. *J. Anim. Sci.* 86. 720-729. 50.
171. Osiegowski, S. – Strzetelski, J.A. – Zymon, M. – Kowalczyk, J. (2007): Effect of fish oil and high or low linolenic acid linseed or rapeseed on fatty acid composition of cow's milk. *Ann. Anim. Sci.* 7. 63-74.

172. Oslage, J.H. (1984): Einsatzmöglichkeiten von Fetten in der Ernährung Landwirtschaftliche Nutztiere. *Fett. Wiss. Technol.* 86. 25-33.
173. Palmquist, D.L. – Beaulieu, A.D. – Barbano, D.M. (1993): Feed and animal factors influencing milk fat composition. *J. Dairy Sci.* 76. 1753-1771.
174. Palmquist, D.L. – Griinari, J.M. (2006): Milk fatty acid composition in response to reciprocal combinations of sunflower and fish oils in the diet. *Anim. Feed Sci. Tech.* 131. 358-369.
175. Parodi, P.W. (1994): Conjugated linoleic acid: An anticarcinogenic fatty acid present in milk fat. *J. Dairy Tech.* 49. 93-97.
176. Pešek, M. – Samková, E. – Špička, J. (2008): Evaluation of changes in the content of adverse saturated fatty acids in cow milk with a view to optimizing the composition of milk fat. *Milchwissenschaft.* 63. 33-36.
177. Peterson, D.G. – Baumgard, L.H. – Bauman, D.E. (2002): Short communication: Milk fat response to low doses of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (CLA). *J. Dairy Sci.* 85. 1764-1766.
178. Petrzak-Fiećko, R. - Borejszo, Z. - Smoczyński, S. (2007): Fatty acid composition in human milk, UHT cow's milk and infant formulas. *Milchwissenschaft.* 62. 380-383.
179. Piperova, L.S. – Moallem, U. – Teter, B.B. – Sampugna, J. – Yurawecz, M.P. – Morehouse, K.M. – Luchini, D. – Erdman, R.A. (2004): Changes in milk fat in response to dietary supplementation with calcium salts of trans 18:1 or conjugated linoleic fatty acid in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87. 3836-3844.
180. Póti, P. – Tóth, L. – Nikodémusz, E. (2007): Takarmány zsíriekiegészítők hatása kecske tej és sajt zsírsavösszetételére. *Tejgazdaság.* LXVII. 15-19.
181. Prandini, A. - Sigolo, S. – Tansini, G. - Brogna, N. - Piva, G. (2007): Different level of conjugated linoleic acid (CLA) in dairy products from Italy. *J. Food Compos. Anal.* 20. 472-479.
182. Precht, D. – Hagemester, H. – Kanitz, W. – Voigt, J. (2002): Milk fat depression and the role of trans and CLA fatty acid isomers by feeding a high fiber diet with calcium soaps of fatty acids in early lactating dairy cows. *Milchwissenschaft.* 57. 518-522.
183. Precht, D. – Molkenin, J. (1997): Effect of feeding on conjugated cis $\Delta$ 9,trans $\Delta$ 11,-octadecadienoic acid and other isomers of linoleic acid in bovine milk fats. *Nahrung.* 41. 330-335.

184. Precht, D. – Molquentin, J. (2000): Frequency distributions of conjugated linoleic acid and trans fatty acid contents in European bovine milk fats. *Michwissenschaft*. 55. 687-691.
185. Rafalowski, W. – Park, C.S. (1982): Whole sunflower seed as a fat supplement for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 65. 1484-1492.
186. Ramaswamy, N. – Baer, R.J. – Schingoethe, D.J. – Hippen, A.R. – Kasperson, K.M. – Whitlock, L.A. (2001): Composition and flavor of milk and butter from cows fed fish oil, extruded soybeans, or their combination. *J. Dairy Sci.* 84. 2144-2151.
187. Rego, O.A. – Rosa, H.J.D. – Portugal, P. – Cordeiro, R. – Borba, A.E.S. – Vouzela, C.M. – Bessa, R.J.B. (2005): Influence of dietary fish oil on conjugated linoleic acid, omega-3 and other fatty acids in milk fat from grazing dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 95. 27-33.
188. Reklewska, B. – Bernatowicz, E. – Reklewski, Z. – Nalecz-Tarwacka, T. – Kuczyńska, B. – Zdziarski, K. – Oprzadek, A. (2003): Concentration of milk functional components in Black-and-White cows, depending on the season and feeding system (in Polish). *Zeszyty Naukowe Przeglądu Hodowlanego*. 68. 85-98.
189. Ribács, A. (2005a): Növényolajipari melléktermékből előállított védett zsír (Ca-szappan) felhasználása a kérődzők takarmányozásában. Doktori (PhD) értekezés. Mosonmagyaróvár.
190. Ribács, A. (2005b): Növényolajipari melléktermékből előállított Ca-szappan felhasználása tejelő tehenek takarmányozásában. *Állattenyésztés és Takarmányozás*. 54. 159-170.
191. Ribács, A. – Schmidt, J. (2006): Lenolajalapú Ca-szappan felhasználása a tehéntej zsírsav-összetételének módosítására. *Acta Agronomica Óváriensis*. 48. 80-81.
192. Riel, R.R. (1963): Physico-chemical characteristics of Canadian milk fat: unsaturated fatty acids. *Journal of Dairy Science*. 46. 102-106.
193. Rohr, K. – Daneicke, R. – Oslage, H.J. (1978): Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Fettbeimischungen zum Futter auf Stoffwechsel und Leistung von Milchkühen. *Landbauforsch. Volk.* 28. 139-147.
194. Roy, A. – Ferlay, A. – Shingfield, KJ Chilliard, Y. (2006): Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to plant oils in cows given different basal diets, with particular emphasis on trans-C<sub>18:1</sub> fatty acids and isomers of conjugated linoleic acid. *J. Anim. Sci.* 82. 479-492.

195. Ryhänen, E.L. – Tallavaara, K. – Griinari, J.M. – Jaakkola, S. – Mantere-Alhonen, S. – Shingfield, K.J. (2005): Production of conjugated linoleic acid enriched milk and dairy products from cows receiving grass silage supplemented with a cereal-based concentrate containing rapeseed oil. *Int. Dairy J.* 15. 207-217.
196. Rymer, C. – Givens, D.I. – Wahle, K.W.J. (2003): Dietary strategies for increasing docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA) concentrations in bovine milk: a review. *Livestock Feeds and Feeding.* 73. 9-25.
197. Sahana, J. – Oudshoorn, F.W. – Larsen, T. – Nielsen, J.H. – Weisbjerg, M.R. – Kristensen, T. (2005): Milk composition as affected by time limited grazing combined with restricted indoor feeding. *Milchwissenschaft.* 60. 235-238.
198. Salamon, R. – Vargáné, V.É. – Csapóné, K.Zs. – Altorjai, A. – Győri, Z. – Borosné, Gy.A. – Sára, P. – Albert, Cs. – Csapó, J. (2005): A tej zsírsavösszetételének és konjugált linolsav-tartalmának változása az évszakok szerint. *Acta Agraria Kaposváriensis.* (Előzetes közlemény) 9. 1-9.
199. Sanjiv, N. – Bector, B.S. – Nigam, S. (1992): Fatty acid composition and chemical constants of milk fat of Karan-Swiss and Karan-Fries cross-bred cattle. *Indian Journal of Dairy Science.* 45. 45-48.
200. Schauff, D.J. – Clark, J.H. (1992): Effects of feeding diets containing calcium salts of long-chain acids to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75. 2990-3002.
201. Schmidt, J. (2003): A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó. Budapest. 42-43.
202. Schmidt, J. (2006): Takarmányozás és a tej minősége. *Állattenyésztés és takarmányozás. Különszám.* 55. 33-40.
203. Schmidt, J. – Cenkvári, É. – Kaszás, I. – Sipőcz, J. (1993): A bendőben kismértékben lebomló „védett” zsírkészítmény kifejlesztése. *OMFB zárójelentés.*
204. Schmidt, E.B. – Dyrberg, J. (1994): Omega-3 fatty acids current status in cardiovascular medicine. *Drugs.* 47. 405-424.
205. Schmidt, J. – Husvéth, F. – Sipőcz, J. – Fábrián, J. – Tóth, T. (2008): Dietary manipulations to increase the concentration of conjugated linoleic acid in milk. *Acta Aliment. Hung.* 37. 53-63.
206. Schmidt, J. – Sipőcz, P. – Sipőcz, J. (2000): Védett zsír hatása a bendőfermentációra és felhasználása a nagy tejtermelésű tehének takarmányozásában. *Állattenyésztés és Takarmányozás.* 49. 139-154.

207. Schroeder, G.F. – Delahoy, J.E. – Vidaurreta, I. – Bargo, F. – Gagliostro, G.A. – Müller, L.D. (2003): Milk fatty acid composition of cows fed a total mixed ration or pasture plus concentrates replacing corn with fat. *J. Dairy Sci.* 86. 10. 3237-3248.
208. Schroeder, G.F. – Gagliostro, G.A. – Becu-Villalobos, D. – Lacau-Mengido, I. (2002): Supplementation with partially hydrogenated oil in grazing dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 85. 580-594.
209. Scollan, N.D. – Dewhurst, R.J. – Moloney, A.P. – Murphy, J.J. (2005): Improving the quality of products from grassland. In: McGilloy, D.A. (Ed), *Grassland: a global resource*. XX. IGC. 41-56.
210. Shingfield, K.J. – Reynolds, C.K. – Hervás, G. – Griinari, J.M. – Grandison, A.S. – Beever, D.E. (2006): Examination of the persistency of milk fatty acid composition responses to fish oil and sunflower oil in the diet of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89. 714-732.
211. Shingfield, K.J. – Reynolds, C.K. – Lupoli, B. – Toivonen, V. – Yurawecz, M.P. – Delmonte, P. – Griinari, J.M. – Grandison, A.S. – Beever, D.E. (2005): Effect of forage type and proportion of concentrate in the diet on milk fatty acid composition in cows given sunflower oil and fish oil. *Anim. Sci.* 80. 225-238.
212. Shorland, F.B. – Weenink, R.O. – Johns, A.T. (1955): Effect of the rumen on the dietary fat. *Nature*. 175. 1129.
213. Simopoulos, A. (2008): The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Exp. Biol. Med.* 233. 674-688.
214. Sipőcz, P. (2000): Védett fehérje és védett zsír a tejelő tehenek takarmányozásában. Doktori (PhD) értekezés. Mosonmagyaróvár.
215. Sklan, D. – Kaim, M. – Moallem, U. – Folman, Y. (1994): Effect of dietary calcium soap on milk yield, body weight, reproductive hormones, and fertility in first parity and older cows. *J. Dairy Sci.* 77. 1652-1660.
216. Soita, H.W. – Fehr, M. – Christensen, D.A. – Mutsvangwa, T. (2005): Effects of corn silage particle length and forage: concentrate ratio on milk fatty acid composition in dairy cows fed supplemental flaxseed. *J. Dairy Sci.* 88. 2813-2819.
217. Soyeurt, H. – Dardenne, P. – Gilon, A. – Croquet, C. – Vanderick, S. – Mayeres, P. – Bertozzi, C. – Gengler, N. (2006): Variation in fatty acid contents of milk and milk fat within and across breeds. *J. Dairy Sci.* 89. 4858-4865.

218. Spain, J.N. – Polan, C.E. (1995): Evaluating effects of fish meal on milk fat yield of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 78. 1142-1153.
219. Steinshamn, H. – Thuen, E. (2008): White or red clover-grass silage in organic dairy milk production: Grassland productivity and milk production responses with different levels of concentrate. *Livest. Sci.* 119. 202-215.
220. Stockdale, C.R. – Walker, G.P. – Wales, W.J. – Dalley, D.E. – Birkett, A. – Shen, Z. – Doyle, P.T. (2003): Influence of pasture and concentrates in the diet of grazing dairy cows on the fatty acid composition of milk. *J. Dairy Res.* 70. 267-276.
221. Stoop, W.M. – Bovenhuis, H. – Heck, J.M.L. – van Arendonk, J.A.M. (2009): Effect of lactation stage and energy status on milk fat composition of Holstein-Friesian. *J. Dairy Sci.* 92. 1469-1478.
222. Streppel, M.T. – Ocké, M.C. – Boshuizen, H.C. – Kok, F.J. – Kromhout, D. (2008): Long-term fish consumption and n-3 fatty acid intake in relation to (sudden) coronary heart disease death: the Zutphen study. *Eur. Heart J.* 29. 2024-2030.
223. Sukhija, P.S. – Palmquist, D.L. (1990): Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. *J. Dairy Sci.* 73. 1784-1787.
224. Sutton, J.D. (1989): Altering milk composition by feeding. *J. Dairy Sci.* 72. 2801-2814.
225. Sutton, J.D. – Smith, R.H. – McAllan, A.B. – Storry, J.E. – Corse, D.A. (1975): Effect of variations in dietary protein and supplements of cod liver oil on energy digestion and microbial synthesis in the rumen of sheep fed hay and concentrates. *J. Agr. Sci.* 84. 317-326.
226. Talpur, F.N. – Bhabger, M.I. – Khuhawar, M.Y. (2006): Comparison of fatty acids and cholesterol content in the milk of Pakistani cow breeds. *J. Food Compos. Anal.* 19. 698-703.
227. Talpur, F.N. – Bhangar, M.I. – Memon, N.N. (2009): Milk fatty acid composition of indigenous goat and ewe breeds from Sindh, Pakistan. *J. Food Compos. Anal.* 22. 59-64.
228. Temme, E. – Mensik, R.P. – Hornstra, G. (1996): Comparison of the effects of diets enriched in lauric, palmitic, or oleic acids on serum lipids and lipoproteins in healthy women and men. *Am. J. Clin. Nutr.* 63. 897-903.
229. 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. *J. Dairy Sci.* 92. 2051-2056.

230. Thorsdottir, I. – Hill, J. – Ramel, A. (2004a): Omega-3 fatty acid supply from milk associates with lower type 2 diabetes in men and coronary heart disease in women. *Prev. Med.* 39. 630-634.
231. Thorsdottir, I. – Hill, J. – Ramel, A. (2004b): Seasonal variation in cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid content in milk fat from Nordic countries. *J. Dairy Sci.* 87. 2800-2802.
232. Timmen, H. – Patton, S. (1988): Milk fat globules: fatty acid composition, size and in vivo regulation of fat liquidity. *Lipids.* 23. 685-689.
233. Toral, P.G. – Belenguer, A. – Frutos, P. – Hervás, G. (2009): Effect of the supplementation of a high-concentrate diet with sunflower and fish oils on ruminal fermentation in sheep. *Small Ruminant Res.* 81. 119-125.
234. Toral, P.G. – Frutos, P. – Hervás, G. – Gómez-Cortés, P. – Juárez, M. – de la Fuente, M.A. (2010): Changes in milk fatty acid profile and animal performance in response to fish oil supplementation, alone or in combination with sunflower oil, in dairy ewes. *J. Dairy Sci.* 93. 1604-1615.
235. Tsiplakou, E. – Mountzouris, K.C. – Zervas, G. (2006): The effect of breed, stage of lactation and parity on sheep milk fat CLA content under the same feeding practices. *Livest. Sci.* 105. 162-167.
236. Varga-Visi, É. – Csapó, J. (2003): Increase of conjugated linoleic acid content of dairy food by feeding. *Agric. Conspec. Sci.* 68. 293-296.
237. Várhegyi, J. (2004): Védett zsírok és fehérjék a tejtermelő tehenek Takarmányozásában. *Agro Napló.* 6. 53-54.
238. 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 zsírkiegészítése esetén. *Állattenyésztés és Takarmányozás.* 56. 343-354.
239. Várhegyi, J.-né. – Várhegyi, J. (1992): Zsír és olajetetés hatása a növendékbikák hízlalási teljesítményére. *Állattenyésztés és Takarmányozás.* 42. 147-156.
240. Wahrburg, U. (2004): What are the health effects of fat? *Eur. J. Nutr.* 43. Suppl 1. 1/6-1/11.
241. Wandall, B. (2008): The controversy over trans fatty acids: Effects early in life. *Food Chem. Toxicol.* 46. 3571-3579.
242. Wang, C. – Harris, W.S. – Chung, M. – Lichtenstein, A.H. – Balk, E.M. – Kupelnick, B. – Jordan, H.S. – Lau, J. (2006): n-3 fatty acids from



- fish or fish-oil supplements, but not  $\alpha$ -linolenic acid, benefit cardiovascular disease outcomes in primary- and secondary-prevention studies: a systematic review. *Am. J. Clin. Nutr.* 84. 5-17.
243. White, S.L. – Bertrand, J.A. – Wade, M.R. – Washburn, S.P. – Green Jr, J.T. – Jenkins, T.C. (2001): Comparison of fatty acid content of milk from jersey and holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 84. 2295-2301.
244. White, T.W. – Grainger, F.H. – Baker, F.H. – Stroud, J.W. (1958): Effect of supplemental fat on digestion and the ruminal calcium requirement of sheep. *J. Anim. Sci.* 17. 797-803.
245. Whiting, C.M. – Mutsvangwa, T. – Walton, J.P. – Cant, J.P. – McBride, B.W. (2004): Effects of feeding either fresh alfalfa or alfalfa silage on milk fatty acid content in Holstein dairy cows. *Anim. Feed Sci. Tech.* 113. 27-37.
246. Whitlock, L.A. – Schingoethe, D.J. – AbuGhazaleh, A.A. – Hippen, A.R. – Kalscheur, K.F. (2006): Milk production and composition from cows fed small amounts of fish oil with extruded soybeans. *J. Dairy Sci.* 89. 3972-3980.
247. Wijesundera, C. – Shen Zhiping Wales, W.J. – Dalley, D.E. (2003): Effect of cereal grain and fibre supplements on the fatty acid composition of milk fat of grazing dairy cows in early lactation. *J. Dairy Res.* 70. 257-265.
248. Wilking, L. – Nielsen, J.H. – Båvius, A.K. – Edvardsson, A. – Svennersten-Sjaunja, K. (2006): Impact of milking frequencies on the level of free fatty acids in milk, fat globule size, and fatty acid composition. *J. Dairy Sci.* 89. 1004-1009.
249. Willett, W.C. – Stamper, M.J. – Manson, J.E. – Colditz, G.A. – Speizer, F.E. – Rosner, B.A. – Sampson, L.A. – Hennekens, H.C. (1993): Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *Lancet.* 341. 581-585.
250. Wonsil, B.J. – Herbein, J.H. – Watkins, B.A. (1994): Dietary and ruminally derived trans-18:1 fatty acids alter bovine milk lipids. *J. Nutr.* 124. 556-565.
251. Zhang, R.H. – Mustafa, A.F. – Zhao, X. (2006): Effects of feeding oilseeds rich in linoleic and linolenic fatty acids to lactating ewes on cheese yield and on fatty acid composition of milk and cheese. *Anim. Feed Sci. Tech.* 127. 220-233.
252. Zheng, H.C. – Liu, J.X. – Yao, J.H. – Yuan, Q. – Ye, H.W. – Ye, J.A. – Wu, Y.M. (2005): Effects of dietary sources of vegetable oils

performance of high-yielding lactating cows and conjugated linoleic acids in milk. *J. Dairy Sci.* 88. 2037-2042.

Internetes hivatkozások:

URL<sub>1</sub> : [http://www.atk.hu/szaktanacsadas/aktual/lehel\\_febr.html](http://www.atk.hu/szaktanacsadas/aktual/lehel_febr.html).

Lehel László. Zsírfeleségek szerepe a kérődzők takarmányozásában.

URL<sub>2</sub> : [http://hvg.hu/egeszseg/20100531\\_tehen\\_tej\\_sziv](http://hvg.hu/egeszseg/20100531_tehen_tej_sziv)

Miért jobb a legeltetett tehén teje?