

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
MOSONMAGYARÓVÁR
TAKARMÁNYOZÁSTANI TANSZÉK**

Doktori iskola vezetője és témavezető:
DR. SCHMIDT JÁNOS
MTA levelező tagja

**NÖVÉNYOLAJIPARI MELLÉKTERMÉKBŐL
ELŐÁLLÍTOTT VÉDETT ZSÍR (Ca-SZAPPAN)
FELHASZNÁLÁSA A KÉRŐDZŐK
TAKARMÁNYOZÁSÁBAN**

Készítette:
RIBÁCS ATTILA

**MOSONMAGYARÓVÁR
2005**

**NÖVÉNYOLAJIPARI MELLÉKTERMÉKBŐL ELŐÁLLÍTOTT VÉDETT
ZSÍR (CA-SZAPPAN) FELHASZNÁLÁSA A KÉRŐDZŐK
TAKARMÁNYOZÁSÁBAN**

A szerző a Tilley - Terry (1963) -féle *in vitro* eljárás több tekintetben történő módosításával új vizsgálati módszert dolgozott ki, amely alkalmas a Ca-szappanok bendőbeli stabilitásának vizsgálatára. Bendő- és duodenum kanülözött növendékbikákkal végzett modell kísérletekben vizsgálta a kezeletlen növényi olajjal, illetve különböző zsírsav-összetételű Ca-szappanokkal végzett zsírkiegészítés bendőfermentációra gyakorolt hatását. Üzemi körülmények között vizsgálta nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappanok etetésének hatását a tejtermelésre, a tej összetételére, valamint a tejszír zsírsav-összetételére.

**USE OF PROTECTED FAT (CA-SOAP) MADE OF A BY-PRODUCT OF
VEGETABLE OIL INDUSTRY IN THE FEEDING OF RUMINANTS**

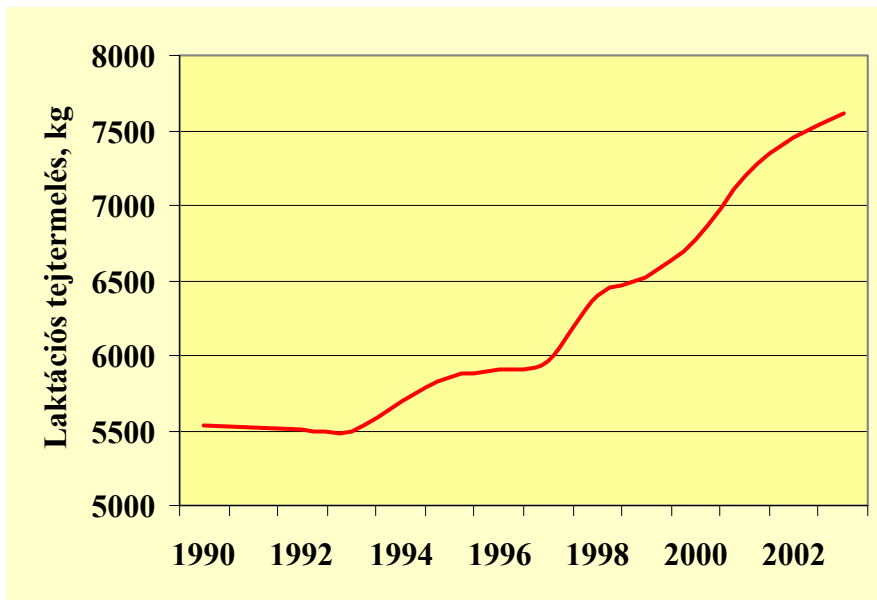
Based on the well-known Tilley - Terry's method, the author developed a new *in vitro* procedure, which is suitable for the examination of rumen stability of Ca-soaps. Rumen and duodenum cannulated steers were used as test animals in the model experiments. The aim of the treatments using untreated sunflower oil and/or Ca-soaps made of different fatty acid composition was to examine the effect of the fat supplementation on rumen fermentation. In some feeding trials the author also examined the effect of different Ca-soaps with high unsaturated fatty acid content on milk production, milk composition and on the fatty acid composition of milk fat.

1. BEVEZETÉS

Az elmúlt években a céltudatos tenyésztői munka, az egyre eredményesebb szelekciós eljárások és a korszerű biotechnológiai módszerek alkalmazása következtében jelentősen növekedett a tehenek laktációs termelése (1. ábra).

1. ábra

A hivatalos tejtermelés-ellenőrzés keretében vizsgált tehénállomány laktációs termelésének alakulása hazánkban, 1990 és 2003 között *



* Készült az OMMI - ÁT kft (Gödöllő) adatai alapján.

Egyes országokban nem ritkák a 10.000-11.000 kg laktációs termelésű állományok sem. Az ilyen nagymértékű termelés jelentősen

megnöveli az állatok energia- és fehérjeszükségletét, illetve rendkívüli mértékben terheli az anyagcserét.

A tejelő tehenek takarmányozásának legkritikusabb időszaka az ellést követő 2-3 hónap, amikor az állatok energiamérlege rendszerint negatív. Ennek az az oka, hogy az állatok szárazanyag felvétele ellés után nem növekszik olyan ütemben, ahogy azt a tejtermelés növekedése megkívánná. A tejtermelés ugyanis már az 5.-6. laktációs héten – első laktációt teljesítő tehenek esetében valamivel később, a 6.-8. laktációs héten – eléri a maximumot, ezzel szemben a szárazanyag-felvétel csak a laktáció 10.-12. hetében kulminál. Az említett fáziseltolódás miatt a laktáció első heteiben energiahiányos állapot lép fel, amely hiányt a tehen zsírszöveteinek lebontásával igyekeznek kompenzálni (Ivings és mtsai, 1993). Gibb és Ivings (1993) vizsgálatai szerint a teheneknek a laktáció első két hónapjában – a kialakult energiahiány mértékétől függően - 15-60 kg testzsírt kell lebontaniuk ahhoz, hogy energiaszükségletüket fedezni tudják. Az ezzel járó fokozott zsírmobilizáció, illetve a szubklinikai zsírmobilizációs betegség magában hordozza a ketózis kialakulásának veszélyét. Az érintett egyedek ellés után nem érik el genetikailag determinált csúcstermelésüket (Brydl, 1990), valamint kitolódik a következő eredményes termékenyítés időpontja is (Haraszti, 1990).

Az említett káros hatások elkerülése érdekében arra kell törekedni, hogy a tehenek napi testtömeg csökkenése ne legyen több 1,0-1,5 kg-nál, az összes csökkenés pedig ne haladja meg a 60 kg-ot (Brydl, 2000). Ez nagy – legalább 6,8-7,0 MJ NE_l/kg szárazanyag – energiakonzentrációjú takarmányadag etetésével érhető el. Az abraktakarmányok részarányának növelésével azonban nem javítható korlátlanul az állatok energiaellátása.

A kifogástalan bendőműködésnek ugyanis az a feltétele, hogy a napi takarmányadag energiájának legalább 45%-a szalastakarmányból származzon (Schmidt, 1995).

Az energiahiány pótlására leginkább a zsírok felelnek meg, mert energiatartalmuk 2,3-2,5-ször nagyobb a többi táplálóanyagénál. Nagy energiakonzentrációjuk következtében jelentős mennyiségű energia jut általuk a szervezetbe anélkül, hogy túlzottan megnövelnék a takarmányadag szárazanyag-tartalmát.

Normál (kezeletlen) zsírok jelentősebb mértékű felhasználása a kérődző állatok takarmányozásában azért nem lehetséges, mert a nagyobb mennyiségű zsír etetésekor már káros következményekkel kell számolni. Ilyen káros hatások lehetnek a nyersrost emésztés romlása, ennek következtében a bendőfolyadék ecetsav-propionsav arányának szűkülése, a takarmányfogyasztás csökkenése. Mindezek eredményeként csökken a tej zsír- és fehérjetartalma, romlik az energiahasznosítás.

A zsírkiegészítés említett hátrányai megelőzhetők, illetve jelentősen mérsékelhetők az ún. védett zsírkészítmények etetésével.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A takarmányok zsírtartalma

A tömegtakarmányok, illetve az abraktakarmányok nyerszsírjának kémiai összetétele lényegesen különbözik egymástól.

A fiatal levelek szárazanyagának mintegy 10%-át teszi ki a nyerszsír, amely arány a levelek elvénülésével fokozatosan kb. 3%-ig csökken. Ennek a nyerszsírnek a 60-70%-a galaktolipid, 20-30%-a pedig foszfolipid (Kakuk és Schmidt, 1988). A glicerin komponenshez zömében telítetlen zsírsavak (linolsav, illetve linolénsav) kapcsolódnak (McDonald és mtsai, 1980). A zöld növényi részek nem tartalmaznak triglicerideket.

Ezzel szemben a növényi magvak nyerszsírja főként trigliceridekből áll. A gabonafélék közül az árpa, a búza, a rozs, a tritikále 1,5-2,0%, a kukorica és a zab pedig 4,0-4,5% nyerszsírt tartalmaz szárazanyagra vetítve. Az olajos magvak (napraforgó, repce, len, kender, tök) szárazanyagára átlagosan 30-40%-os nyerszsírtartalom a jellemző (Schmidt, 2003). A növényi magvak zsírsavkészletének legnagyobb hányadát általában a linolsav teszi ki (Gurr, 1984).

2.2. A zsírok lebomlása a bendőben

2.2.1. A zsírok hidrolízise

A tömegtakarmányok nyerszsírjának akár 80%-át is kitevő galaktolipidek mikrobiális eredetű galaktozidázok segítségével bomlanak le (Dawson és Hemington, 1974), melynek során glicerin, zsírsavak és galaktóz keletkezik. A foszfolipidek hidrolízisére csak néhány

baktériumfaj képes, például a *Butyrivibrio fibrisolvens* rendelkezik az ehhez szükséges enzimmel (Hazelwood, 1975).

A növényi magvakban előforduló trigliceridek részben mikrobiális, részben pedig növényi eredetű lipázok segítségével hidrolizálódnak. Farruque és mtsai (1974) szerint a trigliceridek lebontását főként növényi eredetű lipázok végzik, a mikrobiális eredetű lipázok pedig csak másodlagos jelentőségűek. Ezzel szemben Henderson és Hodgkiss (1973) azon a véleményen vannak, hogy a trigliceridek lebontásában az *Anaerovibrio lypolytica* baktériumfajnak van a legnagyobb szerepe. Henderson (1971) két hidrolitikus enzimet, nevezetesen egy észterázt és egy extracelluláris lipázt talált benne.

A zsírok hidrolízisében a protozoák szerepe nem jelentős (Dawson és Kemp, 1969), sőt Girard és Hawke (1978) véleménye szerint a protozoák nem is rendelkeznek lipolitikus aktivitással.

A zsírok hidrolízisekor keletkező glicerin és galaktóz a bendőfermentáció során illózsírsavakká alakulnak. Főként propionsav, kisebbrészt pedig ecetsav keletkezik belőlük (Demeyer, 1973).

2.2.2. A zsírok hidrogénezése

A hosszú szénláncú telítetlen zsírsavak a hidrolízist követően több lépésben telítődnek hidrogénnel. Mivel a telítetlen zsírsavak károsan befolyásolják a bendőmikrobák működését (Henderson, 1971, Harfoot, 1981, Maczulak és mtsai, 1981), a zsírsavak bendőbeli hidrogénezése úgy is felfogható, mint a mikrobák védekező mechanizmusa a telítetlen zsírsavak toxikus hatása ellen (Harfoot, 1981).

A hidrogénezés során a többszörösen telítetlen zsírsavakból ($C_{18:3}$, $C_{18:2}$) több intermedier vegyületen keresztül sztearinsav ($C_{18:0}$), illetve Kiteša és mtsai (2001) vizsgálatai szerint 10-hidroxi-sztearinsav is képződik. A telítődés folyamata természetesen a C_{18} -nál hosszabb szénláncú (C_{20} , illetve C_{22}) zsírsavak esetében is végbemegy (Doreau és Chilliard, 1997, Gulati és mtsai, 1999, Wachira és mtsai, 2000). A hidrogénezés intermedier vegyületei legnagyobb részben transz- $C_{18:1}$ zsírsavak (Gulati és mtsai, 2000), amelyek a felszívódást követően a tejzsírba is beépülnek (Offer és mtsai, 1999, Ramaswamy és mtsai, 2001), sőt Hagemeier (1990) szerint a tejzsírsekrecióra speciális hatásokat fejtenek ki.

A telítetlen zsírsavak hidrogenálódásának mértékére vonatkozóan eltérő eredmények találhatók az irodalomban. Bickerstaffe és mtsai (1972) kecskékkal végzett kísérleteiben az olajsav, linolsav, illetve linolénsav 90%-a alakult sztearinsavvá a bendőben. Noble (1981) véleménye szerint az említett három zsírsavnak mintegy 80%-a sztearinsavvá alakul, 20%-a pedig intermedier vegyületek formájában, elsősorban mint transz-vakcénsav található meg a bendőben. Gulati és mtsai (2000) vizsgálataiban a szintetikusán előállított konjugált linolsavaknak 24 óra alatt ugyancsak 80-90%-a hidrogenálódott a juhok bendőfolyadékában. Wachira és mtsai (2000) bendőkanülözött juhokkal végzett kísérleteiben a linolénsavnak 80-93%-a telítődött. Mattos és Palmquist (1977) tejelő tehenek esetében csak 68%-nak találták a linolsav telítődésének mértékét. A C_{18} -nál hosszabb szénláncú zsírsavak ($C_{20:5}$, $C_{22:6}$) Wachira és mtsai (2000) említett kísérletében 72-79%-ban hidrogenálódtak. Gulati és mtsai (1999) *in vitro* vizsgálatai szerint a

halolajban található ω -3 zsírsavaknak 24 óra alatt mindössze 10-15%-a telítődött.

Az eltérő eredmények azzal magyarázhatók, hogy a zsírsavak bendőbeli hidrogénezését számos tényező befolyásolja. Ilyen tényezők lehetnek a takarmány összetétele és fizikai állapota (Demeyer, 1973), a takarmányadag energiatartalma, a takarmányok pelletálása (Coenen és mtsai, 1988), valamint a zsírkiegészítés szintje (Cieslak és mtsai, 2001).

A telítetlen zsírsavak hidrogénezését főként a *Butyrivibrio fibrisolvens*, a *Ruminococcus albus*, a *Fusocillus* fajok és néhány Gram-negatív baktériumfaj végzi (Kemp és mtsai, 1975). Egyes protozoa fajok ugyancsak részt vesznek a hidrogénezésben (Chalupa és Kutches, 1968), de ezek szerepe kevésbé jelentős (Dawson és Kemp, 1969).

2.3. A zsírok szintézise a bendőben

Zsírok szintézisére mind a baktériumok, mind pedig a protozoák képesek. Hagemeister és Kaufmann (1979) szerint a tehének bendőjében naponta átlagosan 127,5 g zsír szintetizálódik, amelyből 105 g bakteriális, 22,5 g pedig protozoa eredetű.

A bakteriális zsírnak 27%-a foszfolipid, elsősorban foszfatidiletanolamin és foszfatidilszerin (Viviani és mtsai, 1968), emellett galaktolipidek is találhatóak benne (Kenney, 1970). Zsírsav-összetételét tekintve nem egységes a kutatók állaspontja. Viviani és mtsai (1968) szerint palmitinsav, Hagemeister és Kaufmann (1979) szerint pedig sztearinsav fordul elő benne a legnagyobb mennyiségben.

A protozoák lipidjeinek 85%-a foszfolipid, mégpedig elsősorban foszfatidilkolin (36%) és foszfatidiletanolamin (19%) (Harfoot, 1981). A

zsírsavak közül legnagyobb mennyiségben a palmitinsav (52%) található meg benne (Hagemeister és Kaufmann, 1979).

A baktériumok és a protozoák lipidjei egyaránt tartalmazzak elágazó szénláncú zsírsavakat is (Teweedi és mtsai, 1966, Patton és mtsai, 1970). Ezek a faggyúban, valamint a tejsírban is jelen vannak.

Abban a kérdésben, hogy a takarmányadag zsírtartalma miként befolyásolja a mikrobiális zsírszintézist a bendőben, megoszlik a kutatók véleménye. Bickerstaffe és mtsai (1972) kecskékkal, Czerkawski és mtsai (1975) pedig juhokkal végzett kísérletben azt tapasztalták, hogy a zsírkoncentráció növekedésével fokozódik a mikrobiális zsírszintézis a bendőben. Ezzel szemben Sutton és mtsai (1975) juhok, Hagemeister és Kaufmann (1979) pedig tehenek esetében ellenkező megállapításra jutottak.

2.4. A zsírsavak felszívódása

A bendőben zajló mikrobás fermentáció során a szénhidrátokból jelentős mennyiségű (20 kg-os napi szárazanyag fogyasztás esetén 4-5 kg) illózsírsav keletkezik, amelyek a kérődzők energiaszükségletének nagyobb részét fedezik (Demeyer, 1973, Lebzien és mtsai, 1981, Swenson, 1984). Az illózsírsavak túlnyomórészt a bendőből szívódnak fel disszociálatlan formában. Ez a mechanizmus nagyban hozzájárul ahhoz, hogy a bendőfolyadék pH-értéke intenzív illózsírsav termelés esetén is fiziológiás határok között maradjon. Az illózsírsavak felszívódásuk közben, a bendő nyálkahártyájában különböző mértékben metabolizálódnak. A metabolizáció mértéke a vajsav esetében a legnagyobb, az ecetsav esetében a legkisebb (Husvéth, 1994).

A C₁₀-nél hosszabb szénláncú zsírsavak mindegyike a vékonybélből szívódik fel (Goosen, 1975, Hagemeister és Kaufmann, 1979). Ezek az epésbélben, illetve az éhbélben a konjugált epesavakkal micellákat képeznek, és ebben a formában kerülnek be a vékonybél – elsősorban az éhbél – epithelsejtjeibe. Felszívódást követően még a bélnyálkahártya sejtjeiben reészterifikálódnak trigliceridekké (Bergner és Ketz, 1969, Husvéth, 1994).

A vékonybélbe jutó rövid (C₁₀ vagy rövidebb) szénláncú zsírsavak a felszívódást követően nem reészterifikálódnak, hanem szabad zsírsav formában jutnak a keringésbe (Husvéth, 1994). Ezek hatékonyabban szívódnak fel a hosszú szénláncú zsírsavaknál (Kakuk és Schmidt 1988).

Régóta ismert, hogy a takarmányadag zsírral történő kiegészítése megváltoztatja a tejszír zsírsav-összetételét. Ez a hatás azzal magyarázható, hogy a felszívódott zsírsavak egy része a nyirokáram útján, a máj megkerülésével jut el a tőgybe, és közvetlenül bekapcsolódik a tejszír szintézisbe. Palmquist és Jenkins (1980) vizsgálatai szerint a tejszír zsírsavainak akár 90%-a is származhat közvetlenül a takarmányból.

2.5. Zsírok hatása a bendő működésére

A zsírok nem természet szerű táplálóanyagok a kérődző állatok részére. Egy kérődzőkkel etetett, átlagos összetételű takarmányadag a szárazanyagának legfeljebb 2,8-3,5%-át kitevő nyerszsírt tartalmaz, és ez a zsírhányad 4-5%-ig növelhető a bendőfermentáció zavarása nélkül (Schmidt és mtsai, 1993). Várhegyi és mtsai (1992) szerint a normál (kezeletlen) zsírok mennyisége – a takarmány nyerszsírjával együtt – 1 kg takarmány szárazanyagban nem lehet több, mint 50-60 g. Az említettnél

nagyobb mennyiségben etetve károsan befolyásolják a bendőben zajló mikrobás fermentációt.

2.5.1. Zsírok hatása a nyersrost bendőbeli lebomlására

A takarmányok táplálóanyagai közül leginkább a nyersrost bendőbeli lebomlása mérséklődik, ha az állatok takarmányadagját kezeletlen zsírral egészítjük ki. MacLeod és Buchanan-Smith (1972), Jonson és McClure (1972), Kowalczyk és mtsai (1977), Ikwuegbu és Sutton (1982), Várhegyiné és Várhegyi (1992), illetve Várhegyi (1993) juhokkal végzett kísérletekben figyelték meg a nyersrost, illetve a savdetergens rost emészthetőségének csökkenését kezeletlen zsírok adagolását követően. Kaszás és mtsai (1992) növendékbikákkal végzett vizsgálataiban 16%-kal csökkent a nyersrostemésztés mértéke, amikor az állatok takarmányadagját 7% repceolajjal egészítették ki. Plascencia és mtsai (1999) a takarmányadag szárazanyagának 4%-át kitevő mennyiségű zsírt etettek tejelő tehennel. A zsíriegészítés következtében csökkent a neutrális detergens rost bendőbeli lebomlásának mértéke. Wettstein és mtsai (2000) a hemicellulóz emésztés csökkenését tapasztalták, amikor a tehének takarmányadagját szójaolajjal egészítették ki. Dohme és mtsai (2000) *Rusitec* berendezésben vizsgálták a kezeletlen zsírok bendőfermentációra gyakorolt hatását. Vizsgálataikban a zsíriegészítés csökkentette a neutrális detergens rost lebomlásának mértékét. Van der Honing (1979) szarvasmarhákkel és juhokkal végzett kísérleteiben 5% faggyú, illetve szójaolaj kiegészítés ugyancsak csökkentette a nyersrost emészthetőségét.

Az említett kísérleti eredményekkel szemben néhány olyan eredmény is található az irodalomban, melyek szerint a zsírkiegészítés nem hatott negatívan a nyersrostemésztésre. Így például Rohr és mtsai (1978) a nyersrostemésztés 10%-os növekedését figyelték meg, amikor a takarmányadagot szójaolajjal egészítették ki. Palmquist és Conrad (1980) a savdetergens rost emészthetőségét szintén magasabbnak találták zsírkiegészítés esetén, mint egy zsírkiegészítés nélküli takarmányadag etetésekor.

Az eltérő eredmények azzal magyarázhatók, hogy a zsírok rostemésztésre gyakorolt hatását számos tényező befolyásolja. Ilyen tényezők lehetnek az etetett zsír mennyisége, kémiai tulajdonságai, zsírsav-összetétele, illetve a takarmányadag nyersrosttartalma. Bedő és Bedőné (1970) vizsgálatai szerint egy nagyrészt (96%) neutrális zsírból álló kiegészítés kedvezőbben hat a táplálóanyagok emészthetőségére, mint egy 57% neutrális zsírt és 30% szabad zsírsavat tartalmazó készítmény.

Garrett és mtsai (1976) zsírkiegészítést követően nem tapasztalták a nyersrostemésztés lényeges csökkenését, bár a zsíradag növelésekor a rostemésztés csökkenő tendenciát mutatott. Doreau és mtsai (1990) vizsgálataiban csökkent a neutrális detergens rost emészthetősége, a csökkenés mértéke pedig egyenes arányban állt a takarmány szabad zsírsavtartalmával. Nelson és mtsai (2001) ürök esetében négyzetes összefüggést találtak az etetett faggyú mennyisége és az ADF-emésztés csökkenése között.

A zsírok rostemésztésre gyakorolt negatív hatása – amely a kísérletek többségében tapasztalható volt – alapvetően kétféle okra

vezethető vissza. Egyik ezek közül, hogy a zsírok – és különösen a telítetlen zsírsavakban gazdag olajok – vékony, filmszerű réteggel burkolják be a takarmányrészeket a bendőben. Így a mikroorganizmusok nyersrostlebontásban értintett enzimek (celluláz, xylanáz) nem tudják a funkciójukat betölteni (Dewendra és Lewis, 1974, Rohr és mtsai, 1978). A rostemésztésben bekövetkező depresszió másik oka az, hogy a zsírok többszörösen telítetlen zsírsavai károsan befolyásolják a bendőmikrobák működését és szaporodását.

2.5.2. Zsírok hatása a bendő mikroflórájára és mikrofaunájára

A zsírok bendőmikrobákat károsító hatása szelektív és elsősorban az infuzóriumok számának csökkenésében nyilvánul meg (Czerkawski és mtsai, 1975, Sutton és mtsai, 1983). Nelson és mtsai (2001) vizsgálataiban az etetett faggyú mennyiségének növelése lineárisan csökkentette az infuzóriumok számát a bendőben. Ivan és mtsai (2001) kísérletében a takarmány szárazanyagának 6%-át kitevő, nagy linolsavtartalmú napraforgóolaj etetése ml-ként 1.000.000-ról 200.000 alá csökkentette a protozoaszámot a juhok bendőfolyadékában. Brinkmann és Abel (1993) *Rusitec* berendezésben végzett vizsgálataik során védett zsír (Ca-zappan) kiegészítést követően is tapasztalták a protozoák számának csökkenését. A csökkenés mértéke relatíve 43% volt. Henderson (1973) véleménye szerint ez a jelenség a telítetlen zsírsavak toxikus hatásával magyarázható.

A bendőbaktériumok közül a cellulózbontó fajok a legérzékenyebbek a zsírok káros hatásaival szemben (Dewendra és Lewis, 1974, Maczulak és mtsai, 1981, Ikwuegbu és Sutton, 1982, Jilg és mtsai,

1988). A propionsav-termelő baktériumokat kevésbé károsítják a telítetlen zsírsavak, mint az ecetsavtermelőket (White és mtsai, 1958, Henderson, 1973).

2.5.3. Zsírok hatása a bendőfolyadék illózsírsav összetételére

Annak következtében, hogy zsíretetéskor mérséklődik a nyersrost bendőbeli lebomlása, illetve megváltozik a bendő mikrobapopulációjának faji összetétele, a zsíretetés hatással van a bendőben termelő illózsírsavak koncentrációjára és arányára is. A legtöbb kísérletben zsírok adagolását követően a bendőfolyadék ecetsav-propionsav aránya a propionsav javára tolódott el (Hagemeister és Kaufmann, 1979, Sutton és mtsai, 1983, Aiple, 1987, Sipőcz, 2000, Wachira és mtsai, 2000, Fébel és mtsai, 2002/b). Ezt a jelenséget a bendőfolyadék ecetsav tartalmának csökkenése, a propionsav-tartalom növekedése, illetve a két tényező együttes változása egyaránt kiválthatja. A kísérletek egy részében az ecetsav-propionsav arány zsírkiegészítést követően változatlan maradt (Czerkawski és mtsai, 1975, Sutton és mtsai, 1975, Finn és mtsai, 1985, Szumacher-Strabel és mtsai, 1998).

Több kísérlet eredménye igazolja, hogy a zsírok etetését követően csökken a bendőfolyadék vajsavtartalma (Jenkins, 1987, Doreau és mtsai, 1990, Szumacher-Strabel és mtsai, 1998).

Néhány kísérletben növekedett a valeriánsav-, illetve az izo-valeriánsav koncentráció a zsíretetés következményeként a bendőben (Magdus, 1991, Sipőcz, 2000, Fébel és mtsai, 2002/b).

2.5.4. Zsírok hatása a bendőfolyadék pH-értékére, NH₃-tartalmára, illetve a bendőbeli metántermelésre

A takarmányadag zsírral történő kiegészítésekor a bendőfolyadék pH-értéke igen eltérően alakult az egyes kísérletekben. Így például Ivan és mtsai (2001) vizsgálataiban kezeletlen napraforgóolaj adagolásakor emelkedett a bendőfolyadék pH-értéke juhokban. Ez feltehetően az összes illózsírsav koncentráció csökkenésre vezethető vissza. Allam és mtsai (1999) bendőkanülőzött bivalyokkal végzett kísérleteikben ugyancsak a bendőfolyadék pH-értékének növekedését figyelték meg mind kezeletlen, mind pedig védett zsírok etetésekor. Heller (1995), valamint Cai QingHe és mtsai (2001) szintén a pH-érték emelkedését tapasztalták védett zsír (Ca-szappan) kiegészítést követően. Ezzel szemben Czerkawski és mtsai (1975), Ikwuegbu és Sutton (1982), valamint Finn és mtsai (1985) a bendőfolyadék pH-értékének csökkenéséről számolnak be a zsíretetés következményeként. Több kísérletben (Szumacher-Strabel és mtsai, 1998, Keady és Mayne, 1999, Plascencia és mtsai, 1999, Abdullah és mtsai, 2000, Fébel és mtsai, 2002/b) a zsíretetés nem befolyásolta a bendőfolyadék pH-értékét. Az ellentmondó kísérleti eredmények feltehetően a kísérletekben etetett takarmányadagok eltérő nyersrosttartalmára vezethetők vissza.

Nagyobb mennyiségű zsír felvétele általában a bendőfolyadék ammóniatartalmának csökkenésével jár. Kowalczyk és mtsai (1977), valamint Drinkhaus (1987) növekvő zsírkiegészítés esetén az ammónia koncentráció csökkenését tapasztalták. Sipőcz (2000) kísérleteiben kezeletlen zsír etetésének hatására 89%-kal esett vissza a bendőfolyadék ammóniatartalma. Ivan és mtsai (2001) ugyancsak az ammónia

koncentráció csökkenését figyelték meg kezeletlen zsír etetését követően. Yildiz (1990), Brinkmann és Abel (1993), Kim és mtsai (1993), Fébel és mtsai, (2002/b), valamint Demeterová és mtsai, (2002) kísérleteiben védett zsírok etetésekor is előfordult a bendőfolyadék ammóniatartalmának csökkenése. Ez minden valószínűség szerint a bendőbeli proteolízis visszaesésével magyarázható, nem pedig a mikrobafehérje termelés növekedésére vezethető vissza. A mikrobák szaporodásához ugyanis szükség van bizonyos mennyiségű ammóniára bendőfolyadékban. Rodriguez és mtsai (1997) véleménye szerint a csökkent illózsírsav produkciót zsírok etetésekor a visszaesett ammóniaszint is okozhatja. Demeterová és mtsai (2002) negatív korrelációt állapítottak meg a bendőfolyadék ammónia koncentrációja és az összes illózsírsav produkció között. Az említett eredményekkel szemben Drackley és mtsai (1985), Finn és mtsai (1985), Keady és Mayne, (1999), valamint Kook és mtsai (2002) vizsgálataiban a zsíretetés növelte az ammónia koncentrációját a bendőben. Néhány kísérletben (Szumacher-Strabel és mtsai, 1998, Kobayashi és mtsai, 1999) ugyanakkor a zsírkiegészítés hatására nem változott meg a bendőfolyadék ammóniatartalma.

A zsíretetés következtében csökken a bendőben termelődő metán mennyisége (Drackley és mtsai, 1985), mivel a bendőfermentáció során kevesebb ecetsav keletkezik, a metán képződéséhez pedig ecetsavra van szükség: $\text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_4 + \text{CO}_2$. A metán elvileg CO_2 -ből és H_2 -ből is képződhet a következő reakcióséma szerint: $\text{CO}_2 + 2 \text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{O}_2$. Ennek a reakciónak azonban nincs meg az energiafedezete, mivel a metán

szabad entalpiája jelentős (878 kJ/mol). Valószínűbb tehát az ecetsavból kiinduló metánképződés (Kakuk és Schmidt, 1988).

A metántermelés visszaesésének másik oka, hogy a takarmányadag zsírral történő kiegészítése csökkenti a metánképző baktériumok számát a bendőben (White és mtsai, 1958).

2.5.5. Zsírok hatása az állatok takarmányfelvételére

Heinrics és mtsai (1980) vizsgálatai szerint a nagyobb mennyiségű zsír felvétele nem befolyásolja negatívan az állatok étvágyát és szárazanyag fogyasztását. A kísérletek többségében azonban zsírok adagolását követően a takarmányfogyasztás csökkenését figyelték meg (Davison és Wood, 1960, Bailey és Orskov, 1974, Chilliard és Doreau, 1997, Doreau és Chilliard, 1997, Keady és Mayne, 2000). Ennek többféle oka is lehet. Okozhatja a nyersrost lebomlásában bekövetkező depresszió, amely a takarmány bendőben tartózkodási idejének megnyújtásával csökkenti a takarmányfelvételt, de bekövetkezhet a takarmányfelvétel csökkenése a liposztikus szabályozás eredményeként is (Piatkowski, 1975). Ilyen esetben a vér megnövekvő szabad zsírsavtartalma a hipotalamuszban található jóllakottsági központra gyakorolt hatása útján csökkenti a takarmányfelvételt.

Allen (2000) számos kísérlet eredményeinek feldolgozása után arra a megállapításra jutott, hogy a különböző fizikai és kémiai formában etetett zsírok eltérő mértékben csökkentik a takarmányfelvételt. Az olajos magvakból származó zsír négyzetesen, míg a kezeletlen állati zsír és a Ca-zappan adagolása lineárisan csökkenti az állatok szárazanyag

fogyasztását. A Ca-szappan takarmányfelvételre gyakorolt hatása kedvezőtlenebbnek bizonyult, mint a kezeletlen állati zsíré.

Cai QingHe és mtsai (2001) juhokkal végzett kísérletekben megfigyelték, hogy a növekvő Ca-szappan adagolással nem változik az állatok ME-felvétele. Benson és mtsai (2001) tehennel végzett vizsgálataiban növényi (napraforgó és repce) zsírsavkeverék abomasalis adagolása szignifikánsan csökkentette az állatok szárazanyag felvételét, de a ME-felvétel ugyancsak változatlan maradt a kontrollhoz viszonyítva.

2.6. Védett zsír fogalma, védett zsírok előállításának technológiai

A kérődző állatok takarmányadagjában 3-4%-nál nagyobb mennyiségben jelenlévő zsírok káros mellékhatásainak mérséklésére fejlesztették ki az úgynevezett védett zsírokat. Védett zsírnak nevezzük azokat a zsírokat, valamint zsírszerű anyagokat, amelyek valamilyen technológiai eljárás eredményeként csak kismértékben hidrolizálódnak a bendőben, következésképpen nem vesznek részt a bendő metabolizmusában és nem zavarják a bendőfermentációt.

2.6.1. 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 védett zsírkészítményeknek ezt a formáját már az 1970-es években is sikerrel alkalmazták a tejszír linolsav tartalmának növelésére és a vajminőség javítására (Astrup és Nedkvitne, 1972, Astrup és mtsai, 1972, Cook és mtsai, 1972, Plowman, 1972, Abe és mtsai, 1976, Kreuder, 1976,

Goering, 1977, Renner és Hahn, 1978, Astrup és Krekling, 1979, Astrup és mtsai, 1979). 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 emészthetővé válik.

Hazai vonatkozásban Schmidt és mtsai (1993) fejlesztettek ki burkolással előállított védett zsírkészítményt. A szerzők egy növényolajipari mellékterméket – a hidegszűrési maradékot – glutáraldehiddel kezelt sertésvérrel burkolták be. A készítmény bendőbeli stabilitása 70%-os mértékűnek bizonyult.

2.6.2. 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 takarmányrészecskéket 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. Kis telítetlen zsírsavtartalmuk következtében ugyanakkor kedvezőtlen hatással vannak a tejszír zsírsavösszetételére, mivel a tejszír egyébként is magas (70% körüli) telített

zsírsavtartalmát tovább növelik. Ennek ellenére a hidrogénezett zsírokat kiterjedten alkalmazzák a gyakorlati takarmányozásban, a Ca-szappanok mellett a leggyakrabban etetett védett zsírkészítmények.

Ilyen készítményekkel végzett kísérletekről számolnak be Jans (1983), Aesbacher (1984), Daccord (1984), Blum és mtsai (1985), Benitez (1988), Burgstaller és Klein (1990), Lebzien és mtsai (1991), Magdus (1991), Geissler és mtsai (1994), illetve Franulic és mtsai (2000).

2.6.3. Zsírsavamidok

A zsírsavamidok előállítása ugyancsak jó lehetőség a zsírok bendőbeli védelmének kialakítására. Az eljárás során az olajokat (növényi olaj, halolaj) megfelelő körülmények között, katalizátor jelenlétében aminvegyületekkel (etanolamin, butilamin) reagáltatják. Ennek eredményeként az olajok zsírsavai (R-COOH) és az aminanyagok (Q-NH₂) között amidkötés (R-CONH-Q) alakul ki, melyet a bendőmikrobák enzimeji csak kismértékben képesek bontani. A bendőn amidkötésben áthaladó zsírsavak nem tudnak hidrogenálódni, mert Kepler és mtsai (1971) szerint a hidrogenálódás fontos feltétele, a zsírsavak karboxilcsoportjának (R-COOH) megléte, zsírsavamidok esetében hiányzik. A módszer előnye a hidrogénezett zsírkészítményekkel szemben, hogy alkalmazásával telítetlen zsírsavakban gazdag védett zsír állítható elő.

Jones és mtsai (1998) kísérleteiben – amikor a halolajat etanolaminnal kezelve etették – csökkent a tej transz-zsírsavtartalma. Az olaj zsírsavai tehát részben elkerülték a bendőbeli biohidrogénezés folyamatát.

Hazánkban Fébel és mtsai (2002/a, 2002/b, 2004) ugyancsak állítottak elő különböző szójaamidokat. A szerzők vérvizsgálatokkal támasztották alá, hogy a készítmények bendőbeli stabilitása és posztruminális emészthetősége megfelelő. Kísérletükben a butilamid forma stabilabbnak bizonyult, mint az etanolamid forma.

2.6.4. Ca-szappanok

Az eddig ismertett technológiákkal szemben a gyakorlatban az a megoldás terjedt el, melynek során a zsírokat Ca-szappanná alakítják át. Ez az eljárás technikailag egyszerűen kivitelezhető és a zsírok zsírsavösszetételét sem befolyásolja kedvezőtlenül. A Ca-szappanok takarmányozási jelentőségére elsőként White és mtsai (1958) kísérletei irányították rá a figyelmet. Amikor ürökkel kukoricaolajat etettek, a fellépő emésztési zavarokat lucernahamu adagolásával meg tudták szüntetni. Úgy vélték, hogy a jó eredmény a hamu Ca-tartalmára vezethető vissza. A feltételezés helyességét később Davison és Wood (1963), valamint Drackley és mtsai (1985) vizsgálatai is alátámasztották. Ezeknek a kísérleteknek az eredményei vezettek el a Ca-szappanok tudatos előállításához és takarmányozási célra történő felhasználásához.

Védettségük – a zsírsavamidokéhoz hasonlóan – a zsírsavak karboxilcsoportjának ($R-COOH$) lekötésén alapszik ($R-COO-Ca-OOC-R'$). 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 hidrolízisük és zsírsavaik felszívódhatnak. Ezt számos

kísérlet eredménye igazolja, melyek során a Ca-szappanok etetése megváltoztatta az állati termékek (tej, hús) zsírsav-összetételét (Pabst, 1990, Lebzien és mtsai, 1992, Chouinard és mtsai, 1998, Brzóska és mtsai, 1999, Kowalski és mtsai, 1999, Sipőcz, 2000, Barowicz és Brejta, 2001, Brzóska és Sala, 2001).

A Ca-szappanok etetésével eredményesen mérsékelhetők a zsíretetés bendőműködésre gyakorolt kedvezőtlen hatásai (Chalupa és mtsai, 1984, Gonzalez és mtsai, 1998, Franulic és mtsai, 2000, Fébel és mtsai, 2002/b, 2004, Ramana és mtsai, 2003).

2.6.5. Olajos magvak

Az olajos magvak (szója, napraforgó, repce, len) olajtartalma bizonyos mértékig védett zsírnak fogható fel, mivel az 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 számos kísérletet végeztek (Steele és mtsai, 1971, Palmquist és Conrad, 1978, Hagemester és Kaufmann, 1979, Finn és mtsai, 1985, Drackley és Schingoethe, 1986, Jilg, 1986, Aiple, 1987, Emanuelson és mtsai, 1991, Jahreis és mtsai 1993), amelyek váltakozó eredményekkel zárultak. Néhány kísérletben az olajos magvakat – a fehérje bendőbeli lebonthatóságának csökkentése céljából – formaldehiddel kezelték, mely kezelés egyúttal a magvak zsírjának védettségét is javította. Mattos és Palmquist (1974) vizsgálataiban kezeletlen szója etetésekor kisebb volt az ecetsav részaránya a

bendőfolyadékban, mint amikor ugyanazt a mennyiséget formaldehiddel kezelve kapták az állatok. Petit és mtsai (2001) egy Ca-szappanból és extrahált lenmagból, valamint egy formaldehiddel kezelt full-fat lenmagból álló kiegészítés hatását hasonlították össze tejelő teheneken. Kísérletükben a Ca-szappan adagolása kedvezőbben hatott a tejtermelésre és a tej zsírtartalmára, mint a kezelt olajos mag etetése. A tej fehérjetartalma ugyanakkor az utóbbi esetben volt magasabb, ami feltehetően a fehérje formaldehides védelmére vezethető vissza.

2.7. Védett zsírok felhasználása a kérődzők takarmányozásában

2.7.1. Védett zsírok hatása a tejtermelésre

A takarmányadag védett zsírral történő kiegészítése a kísérletek többségében növelte az állatok tejtermelését. Crovetto és mtsai (1991), Lebzien és mtsai (1992), Savoini és mtsai (1992), Rohr és mtsai (1993), Lubis (1994), Sklan és mtsai (1994), Várhegyi és mtsai (1995), Chouinard és mtsai (1998), Kowalski és mtsai, (1999), Sipőcz (2000), valamint Fahey és mtsai (2002/a, 2002/b) Ca-szappanok etetésekor tapasztalták a tejtermelés emelkedését. Ca-szappan adagolása ugyanakkor Holter és Hayes (1994) kísérletében csökkentette a 4% zsírtartalomra korrigált (FCM) tej mennyiségét. Schauff és Clark (1992) vizsgálataiban a zsírkiegészítés meghatározott szappan mennyiségig nem volt hatással a tejtermelésre, túlzott mennyiségű szappan etetésekor azonban már a tejtermelés csökkenését figyelték meg. Elmeddah és mtsai (1994), valamint Son és mtsai (2000) kísérleteiben a Ca-szappannal végzett kiegészítés nem volt hatással a tehenek tejtermelésére.

Váltakozó sikerrel zárultak azok a kísérletek, melyekben az állatok takarmányadagját hidrogénezett zsírral egészítették ki. Jans (1983), valamint Brown-Crowder és mtsai (2001) vizsgálataiban ezek a készítmények kisebb mennyiségben etetve növelték a tejtermelést, a napi dózis túlzott emelésekor azonban már a tejtermelés csökkentését figyelték meg. Burgstaller és mtsai (1988) egyik kísérletében az Alikon nevű hidrogénezett zsírkészítmény etetése növelte a tejtermelést, egy későbbiekben végzett kísérletükben (Burstaller és Klein, 1990) viszont hatástalan volt a tejtermelésre. Geissler és mtsai (1994), illetve Gonzalez és Bas (2002) vizsgálatiban a hidrogénezett zsírral végzett kiegészítés hatására emelkedett a tejtermelés, ugyanakkor Smith és mtsai (1978), valamint Storry és mtsai (1980) kísérleteiben az ilyen zsír nem volt hatással a tejtermelésre.

MacLeod és mtsai (1977) burkolással védett faggyút adagoltak tejelő teheneknek. Kísérletükben a készítmény etetése gyakorlatilag nem befolyásolta az állatok tejtermelését.

Az olajos magvakkal történő zsírkiegészítés Jahreis és Richter (1996), Dhiman és mtsai (1999), valamint Stoll és mtsai (2001) kísérleteiben növelte a tejtermelést. A kísérletekben repce-, szója-, illetve gyapotmagot etettek. Lubis (1994) vizsgálataiban ugyanakkor a full-fat gyapotmag etetése csökkentette a tehenek tejtermelését. Goodridge és mtsai (2001) kísérleteiben a formalinnal kezelt lenmag adagolása nem volt hatással a tejtermelésre.

A látszólag ellentmondó kísérleti eredmények arra vezethetők vissza, hogy a védett zsírkészítmények tejtermelésre gyakorolt hatását több tényező is befolyásolja. Legfontosabb ezek közül a zsírkészítmény

adagolásának módja, azaz, hogy a zsírkészítményt egy energiahiányos kontroll takarmányadaghoz adjuk-e, vagy pedig valamely más takarmány (pl. kukorica) egy részét helyettesítjük vele. Utóbbi esetben a kontroll és a kísérleti csoport energiaellátása azonos szintű. Várhegyi és mtsai (1992) véleménye szerint zsírok etetésével lényeges többlet tejtermelés csak úgy érhető el, ha sikerül megnövelni velük az állatok energiafelvételét.

Az eltérő eredmények oka lehet az is, hogy az egyes kísérletekben különböző mennyiségű, illetve bendőbeli stabilitású védett zsírt etettek. A bendőbeli stabilitást alapvetően meghatározza az adott zsír zsírsav-összetétele (Sukhija és Palmquist, 1990), valamint a védettség kialakításának módja (Fébel és mtsai, 2004).

A termelési szint, valamint a tehenek laktációs stádiuma ugyancsak befolyásolják a zsírkiegészítés tejtermelésre gyakorolt hatását. Pozitív hatásra elsősorban a nagy tejtermelésű, laktáció elején lévő tehenek esetében számíthatunk (Várhegyi és mtsai, 1995).

2.7.2. Védett zsírok hatása a tej zsírtartalmára

A zsírkiegészítésnek a tej zsírtartalmára gyakorolt hatásával kapcsolatban igen eltérő eredmények találhatók az irodalomban. A Ca-szappanok etetése Schauff és Clark (1992), Sklan és mtsai (1994), valamint Tomlinson és mtsai (1994) kísérleteiben növelte a termelt tej zsírtartalmát. Ezzel szemben Crovetto és mtsai (1991), Savoini és mtsai (1992), Holter és Hayes (1994), Chouinard és mtsai (1998), valamint Fahey és mtsai (2002/b) a tej zsírtartalmának csökkenését tapasztalták, amikor a takarmányadagot Ca-szappannal egészítették ki. A kísérletek egy részében a Ca-szappan adagolása hatástalan volt a tej zsírtartalmára

(Lebzien és mtsai, 1992, Rohr és mtsai, 1993, Elmeddah és mtsai, 1994, Son és mtsai, 2000).

Pozitív eredménnyel zárultak azok a kísérletek, melyeket hidrogénezett zsírral (Geissler és mtsai, 1994, Brown-Crowder és mtsai, 2001), illetve burkolással előállított készítménnyel (Pan és mtsai, 1972, MacLeod és mtsai, 1977) végeztek.

Nem egységesek viszont azok a tapasztalatok, melyeket az olajos magvak etetésével szereztek. Így például a repcével történő kiegészítés Jahreis és Richter (1996) kísérleteiben növelte, Stoll és mtsai (2001) vizsgálataiban pedig csökkentette a tehenek tejének zsírtartalmát. Lubis (1994) nem tapasztalta a tej zsírtartalmának változását, amikor a tehenekkel full-fat gyapotmagot etetett. Hasonlóképpen hatástalan volt a tejzsírtartalomra a formalinnal kezelt lenmag etetése Goodridge és mtsai (2001) kísérletében.

Az irodalomban többféle okfejtés is található azzal a kérdéssel kapcsolatban, hogy mi okozhatja a tej zsírtartalmának csökkenését zsírok etetését követően. Hagemester és Kauffmann (1979) a telítetlen zsírsavak hidrogenálódásakor keletkező transz-izomerek hatásával magyarázzák ezt a jelenséget. Ugyanakkor ismert tény, hogy a takarmányadag zsírral történő kiegészítése csökkentheti a bendőben termelődő ecetsav mennyiségét. Christie (1981) véleménye szerint a tej zsírtartalmában fellépő csökkenés a visszaesett ecetsav-produkció következménye. Kirchgessner és Kaufmann (1986) a tőgyben végbemenő *de novo* szintézis mérséklődésére vezetik vissza a tej zsírtartalmának csökkenését. Chilliard és mtsai (2001) a halolajban található C_{20:5} zsírsavnak (EPA) speciális, tejzsírszekréció csökkentő hatást tulajdonítanak. Baumgard és

mtsai (2001), valamint Peterson és mtsai (2002) vizsgálatai szerint a t10,c12-C_{18:2} típusú konjugált linolsav ugyanilyen hatással bír.

A zsírkészítményeknek a tej zsírtartalmára gyakorolt hatását elsősorban a védettség foka határozza meg. Negatív hatásokra főként a gyenge védettségű zsírok etetésekor számíthatunk. Ezenkívül a tej zsírtartalmának alakulásában az állatok nyersrostellátása is fontos szerepet játszik.

2.7.3. Védett zsírok hatása a tejsír zsírsav-összetételre

Régóta ismert, hogy a tejsír zsírsav-összetételének változása többé-kevésbé követi az etetett zsír zsírsav-arányait (Nicholson és Sutton, 1971, Sporns és mtsai, 1984). Sporns és mtsai (1984) vizsgálatai szerint a tejsír zsírsav-összetételének alakulásából a felhasznált zsírkészítmény védettségi fokára is következtethetünk.

Védett zsírok, illetve olajos magvak etetését követően gyakran figyelték meg a rövid és közepes láncosságú zsírsavak mennyiségének csökkenését a tejsírban, miközben a hosszú láncú zsírsavak részaránya növekedett (Middaugh és mtsai, 1988, Lebzien és mtsai, 1992, Rohr és mtsai, 1993, Elmeddah és mtsai, 1994, Polidori és mtsai, 1997, Chouinard és mtsai, 1998, Dhiman és mtsai, 1999, Kowalski és mtsai, 1999, Chilliard és mtsai, 2001, Precht és mtsai, 2001). Ennek az a magyarázata, hogy zsíretetéskor mérséklődik a tőgyben végbemenő *de novo* zsírszintézis. Smith és mtsai (1978) vizsgálataiban növekedett a tejsír vajsavtartalma, ami feltehetően arra vezethető vissza, hogy a zsírsav szintézisét más mechanizmus szabályozza, mint a többi rövid láncú zsírsavét (Storry és mtsai, 1973). Schmidely és Sauvart (2001)

kísérleteiben Ca-szappan etetésekor csak közepes lánchosszúságú zsírsavak részaránya csökkent a tejsírban, a rövid lánccúaké nem változott meg. Amikor a zsírkiegészítést burkolással előállított készítménnyel végezték, a közepes lánchosszúságú zsírsavak mennyiségének csökkenése kevésbé volt kifejezett, mint a Ca-szappan esetében.

A tejsír zsírsav-összetételében beállott változás megváltoztatja a tejsír, illetve a belőle készült vaj táplálkozási értékét. Ez azzal áll összefüggésben, hogy a telítetlen zsírsavak – energiaellátásban betöltött szerepükön túlmenően – számos fontos biológiai funkciót töltenek be a szervezetben (Husvéth, 1994). Ebből következően a több telítetlen zsírsavat tartalmazó zsírok – így a tejsír, illetve a vaj is – táplálkozás-élettani szempontból értékesebbek. A hipotetikusan ideális zsír (HIF) összetételére vonatkozóan Shiler és Payerkova (1982) közölnek adatokat.

Már az 1970-es években kísérletek egész sora irányult arra, hogy a tejsír zsírsav-összetételét biológiailag értékesebbé tegyék és egyúttal javítsák a vaj konzisztenciáját is (irodalmi hivatkozásokat ld. a 2.6.1. fejezetben). Schmidt és mtsai (1993) egy napraforgóolajból és állati zsírból álló vegyes zsírból, glutáraldehides vérrel történő burkolással előállított, védett zsírkészítmény etetésekor azt figyelték meg, hogy a telítetlen zsírsavak részaránya a tejsírban 29,43%-ról 36,97%-ra nőtt. Az abszolút növekedés az olajsav esetében volt a legnagyobb (8,48%), relatív értelmében azonban a linolénsav mennyisége növekedett a legnagyobb mértékben (57,5%), de linolsavból is jelentősen (24,7%-kal) többet találtak a tejsírban a kontroll állatok tejsírjához képest. Az említett változások eredményeként a tejsír zsírsav-összetétele csaknem minden

paraméter tekintetében közeledett a HIF követelményeihez. Ez látható az 1. táblázat adataiból.

1. táblázat

Burkolással előállított védett zsírkészítmény hatása a tejszír zsírsav-összetételére (Schmidt és mtsai, 1993)

	Kontroll	Kísérleti	HIF*
	tej zsírja		
Telítetlen zsírsavak %	29,43	36,97	38-47
Telített zsírsavak %	70,57	63,03	53-62
Olajsav (C _{18:1}) %	20,63	29,11	28-32
Linolsav (C _{18:2}) %	3,24	4,04	7-12
Linolénsav (C _{18:3}) %	0,73	1,15	0,5-1,0
Telítetlen : Telített	0,42	0,59	0,6-0,9
C _{18:2} : C _{18:3}	4,44	3,51	7-40
C _{18:2} : C _{18:1}	0,16	0,14	0,25-0,40

* Hipotetikusan ideális zsír, Shiler és Payerkova (1982)

Ca-szappanok etetésével ugyancsak növelhető a tejszír telítetlen zsírsavtartalma (Grummer, 1991, Chouinard és mtsai, 1998, Sipőcz, 2000, Bróska és Sala, 2001, Fahey és mtsai, 2002/a, Cenkvari és mtsai, 2004), azonban számolni kell azzal, hogy a telítetlen zsírsavakban gazdag szappanok bendőbeli stabilitása kisebb mértékű (Sukhija és Palmquist, 1990, Brinkmann és Abel, 1993).

Kedvezően alakult a tejszír telítetlen zsírsavtartalma azokban a kísérletekben is, melyekben olajos magvakat etettek (Frank, 1981, Jahreis és mtsai, 1993, Jahreis és Richter, 1996, Jaros és mtsai, 2001, Stoll és mtsai, 2001). Goodridge és mtsai (2001) vizsgálataiban a formalinnal

kezelt full-fat lenmag etetése 8-szorosára növelte a tejsír linolénsav tartalmát a kontrollhoz képest.

Humán táplálkozás-biológiai szempontból előnyösnek ítéhető meg a tejsír konjugált linolsav (CLA) tartalmának emelkedése is, mivel a CLA (főleg a c9,t11-C_{18:2} változat) antikarcinogén és számos egyéb kedvező élettani hatással bír (Szakály és mtsai, 2001, Martin és Valeille, 2002). A tej CLA tartalmának növekedését leginkább kezeletlen 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). A kísérletekben a CLA mellett a tejsír vakcénsav tartalma is növekedett. Ward és mtsai (2002) különböző olajos magvak etetésével 1,5%-ig tudták növelni a tejsír CLA-tartalmát.

2.7.4. Védett zsírok hatása a tej fehérjetartalmára

Védett zsírok etetésekor a legtöbb kísérletben a tej fehérjetartalmának csökkenését tapasztalták. Kövessy és mtsai (1987), Crovetto és mtsai (1991), Lebzien és mtsai (1992), Savoini és mtsai (1992), Várhegyi és mtsai (1995), Kowalski és mtsai (1999), Son és mtsai (2000), valamint Fahey és mtsai (2002/b) Ca-szappanok adagolásakor figyelték meg a tejfehérje koncentráció visszaesését. Aesbacher (1984) kísérleteiben a hidrogénezett zsírkészítmény, Stoll és mtsai (2001) vizsgálataiban pedig a full-fat repcemag etetése ugyancsak csökkentette a tej fehérjetartalmát.

A hatás alapja feltehetően az lehet, hogy a zsírkiegészítés – főként ha azt gyengébb védettségű zsírokkal végezzük – csökkenti a bendőmikrobák fehérjeszintézisét (Lüpping és Kaufmann, 1979, Finn és

mtsai, 1985, Kaszás és mtsai, 1992). Ugyanakkor ismert, hogy a tejtermeléshez szükséges aminosavak mintegy 65-85%-át a bendőmikrobák aminosavai adják (Schiemann, 1981). Lüpping és Kaufmann (1979) a bendőmikrobák energiaellátásának romlásával magyarázzák a mikrobás fehérjetermelés mérséklődését. A védett zsírkészítmények ugyanis nem szolgáltatnak energiát a bendőben élő mikroorganizmusok számára.

Valószínű, hogy a mikrobás fehérjeprodukción kívül más mechanizmusok is szerepet játszanak a tej fehérjetartalmának csökkenésében. Ottou és mtsai (1995) fisztulás tehennel végzett kísérleteikben ugyanis akkor is tapasztalták ezt a jelenséget, amikor a kezeletlen repceolajat – a bendő megkerülésével – a duodenumba adagolták. Palmquist és Jenkins (1980) a zsírokra ezt a hatását a megváltozott glükózforgalomra vezetik vissza. Ezenkívül zsíretetéskor csökken a plazmában a növekedési hormon szintje, ami közvetlenül hat a tejfehérje szintézisére (Palmquist és Moser, 1981). A növekedési hormon termelődésének visszaesését a vérplazma zsírsavkoncentrációjának emelkedése váltja ki (Reynaert és mtsai, 1975).

Ismertek olyan kísérleti beszámolók is, melyek szerint védett zsíretetések nem változott meg a tej fehérjetartalma (Holter és Hayes, 1994, Simos és mtsai, 2000, Sipőcz, 2000), vagy éppen növekedett (Sklan és mtsai, 1994, Tomlinson és mtsai, 1994).

Pires és mtsai (1994) vérliszt etetésével minimálisra csökkentették azt a tejfehérje veszteséget, melyet faggyú adagolásával váltottak ki tejelő tehennél. A jó eredmény a vérliszt fehérjéjének kis bendőbeli lebonthatóságára vezethető vissza. Chilliard és Doreau (1997)

kísérletében napi 300 ml kezeletlen halolaj adagolása 1,2 g/kg-mal csökkentette a tej fehérjetartalmát. Amikor az állatok takarmányadagját 20 g bendővédett metioninnal is kiegészítették, gyakorlatilag nem tapasztaltak eltérést a halolajat nem fogyasztó kontroll tehenek tejének fehérjetartalmához képest. A védett aminosavak (metionin, lizin) etetésének ez a hatása Canale és mtsai (1990) kísérletében is igazolódott. Schmidt és mtsai (1993) a zsírkiegészítésnek a tej fehérjetartalmára gyakorolt negatív hatását azzal előzték meg, hogy a zsírkészítménnyel együtt niacint is adagoltak a takarmányhoz.

Várhegyi (2004) véleménye szerint zsírok etetésekor, a zsír arányának 3%-kal történő növelésével párhuzamosan 1%-kal célszerű növelni a bendőben nem lebomló fehérje arányát a takarmányban.

2.7.5. Zsírok hatása a tej cukortartalmára

A laktóz-koncentráció a tejben viszonylag állandó érték, mert miután a tej csak korlátozott mennyiségben tartalmaz ásványi sókat, ozmotikus nyomását elsődlegesen a laktóz mennyisége határozza meg (Kakuk és Schmidt, 1988).

Zsíretetéskor a tej laktóztartalmának tendencia jellegű csökkenését tapasztalták Storry és mtsai (1980), illetve Elmeddah és mtsai (1994). Pan és mtsai (1972) kísérletében a védett fehérjével burkolt növényi olaj etetése 6%-kal növelte a tej fehérjetartalmát, ugyanakkor a zsírmentes szárazanyag koncentrációja csökkent a tejben. Ez feltehetően a laktóztartalom csökkenésére vezethető vissza. A laktóz-koncentráció kismértékű csökkenésének oka lehet, hogy a zsíretetés megnöveli a propionsav termelést a bendőben, az pedig serkenti a tehenek inzulin

termelését (Kronfeld, 1969). A tej laktóztartalmának nagymértékű csökkenése nem fordulhat elő, mert a tej megfelelő ozmotikus nyomás értékét a laktóz állítja be. Ha a tőgyben végbemenő tejcukorszintézishez nem áll elegendő glükóz rendelkezésre, akkor a tehén nem tud lényegesen kisebb cukortartalmú tejet termelni, hanem a megtermelt tej mennyisége lesz kevesebb. Giesecke és mtsai (1987) szerint a vérplazma inzulin koncentrációja, valamint a tejtermelés között negatív korreláció áll fenn. Mindhárom említett kísérletben védett zsírkészítményeket adagoltak az állatoknak, nevezetesen hidrogénezett zsírt (Storry és mtsai, 1980), Ca-szappant (Elmeddah és mtsai, 1994), illetve burkolt növényi olajat (Pan és mtsai, 1972).

A takarmány zsírral történő kiegészítése a kísérletek egy részében növelte a tej cukortartalmát. Ez mind védett, mind pedig kezeletlen zsír etetésekor előfordult. Ottou és mtsai (1995) kezeletlen repceolaj, Jahreis és Richter (1996) olajos repcepogácsa, Fahey és mtsai (2002/a, 2002/b) Ca-szappan, Goulas és mtsai (2003) pedig állati zsír adagolásakor tapasztalták a laktóz-koncentráció emelkedését a tejben.

Chilliard és Doreau (1997) vizsgálataiban a kezeletlen halolajjal végzett kiegészítés nem volt hatással a tej laktóztartalmára.

2.7.6. Védett zsírok hatása a tehenek reprodukív teljesítményére

A teljesség érdekében említeni kell a zsírkiegészítés hatásai között, hogy az energiaellátás javításával mérsékelhető a tehenek testtömeg vesztesége a laktáció első harmadában, illetve rövidíthető az az időszak, amikor az állatok energiamérlege negatív. Mindez kedvező hatással van a szaporodási eredményekre. Ismert ugyanis, hogy amíg az állatok

energiamérlege negatív és testtömegük ennek következtében csökken, kicsi az eredményes termékenyítés esélye. A zsírkiegészítésnek a szaporodási eredményekre kifejtett kedvező hatását hazai vizsgálatok is igazolják (Schmidt, 1994). Hasonlóképpen rendelkezünk hazai adatokkal abban a tekintetben is, hogy zsírkiegészítés hatására az első tüszőrepedés ideje 10-15 nappal, az első eredményes termékenyítés ideje pedig 12 nappal korábban következett be, mint a zsírkiegészítésben nem részesülő kontroll állatoknál (Huszenica és Schmidt, 1998). Garg és Metha (1998) kísérletében napi 500 g Ca-szappan etetése ugyancsak közelítette az első eredményes termékenyítés időpontját az elléshez.

Az említett kísérleti eredményekkel ellentétben Son és mtsai (2000) a szárazanyag 3%-át kitevő Ca-szappan etetésekor nem tapasztalták a tehének reprodukív teljesítményének lényeges növekedését.

Fahey és mtsai (2002/b) vizsgálataiban napi 400 g Ca-szappan és védett metionin együttes adagolása csak az első laktációs tehének esetében javította a szaporodási eredményeket. McNamara és mtsai (2003) kísérleteiben egy Ca-szappanból és extrahált repcedarából álló kombinált kiegészítés kedvezőbben befolyásolta a fogamzási arányt, mint Ca-szappan és védett metionin együttes etetése.

3. SAJÁT VIZSGÁLATOK

3.1. A kísérletek célkitűzése

Tekintettel a védett zsírkészítményeknek a tejelő tehenek takarmányozásában betöltött egyre növekvő szerepére, kísérleteim során a következőket kívántam megállapítani:

- Hogyan lehet a bendőben lezajló mikrobás lebontó folyamatok tanulmányozására széles körben felhasznált Tilley - Terry (1963) -féle *in vitro* eljárást a Ca-szappanok bendőbeli lebomlásának vizsgálatára alkalmassá tenni?
- A zsírsavak szénlánc hosszúsága, illetve telített vagy telítetlen volta milyen hatást gyakorol a belőlük készült Ca-szappan bendőbeli stabilitására?
- Befolyásolja-e a Ca-szappan gyártási technológiája a késztermék bendőbeli stabilitását?
- Milyen bendőbeli stabilitású Ca-szappant lehet a növényolajiparban melléktermékként keletkező napraforgó zsírsavpárlatból előállítani?
- A napraforgó zsírsavpárlat elszappanosításával nyert termékkel milyen mértékben csökkenthetők a zsíretetés bendőműködésre

kifejtett negatív hatásai a kezeletlen növényi olaj hatásához képest?

- Nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappanok szokásosnál nagyobb adagban történő etetése befolyásolja-e a bendőben végbemenő mikrobás fermentációt, valamint a nyersrost bendőbeli lebomlásának mértékét?
- Felhasználható-e a napraforgó zsírsavparlatból előállított Ca-szappan a tejlő tehének takarmányozásában, a laktáció során fellépő energiahiány pótlására?
- Milyen hatást gyakorol a készítmény etetése a tej zsír-, fehérje- és laktóztartalmára?
- Befolyásolja-e a készítmény etetése a tejsír zsírsav-összetételét és ezáltal a tej, illetve a belőle készült termékek táplálkozási értékét?
- Lehetséges-e nagy linolénsav-tartalmú Ca-szappan etetésével a tejsír linolénsav (ω -3) tartalmát növelni és ezzel a táplálkozás-élettani szempontból lényeges linolsav - linolénsav arányt szűkíteni?

3.2. Anyag és módszer

3.2.1. **Eltérő zsírsav-összetételű Ca-szappanok bendőbeli stabilitásának vizsgálata *in situ* módszerrel**

A vizsgálatot 3 bendő- és duodenum kanülözött növendékbikával végeztük el, melyek a következő takarmányadagot fogyasztották:

14,0 kg silókukorica szilázs

1,0 kg réti széna

2,4 kg kukorica bázisú abrakkeverék.

A fenti takarmányadag táplálóanyag tartalmára vonatkozó adatok a 3.2.3.1. fejezetben, a 7. táblázatban található meg. Az *in situ* vizsgálatok során az állatok ugyanazt a takarmányadagot fogyasztották, mint a 2. modell kísérlet folyamán. A kísérletekben etetett valamennyi takarmányadagot a takarmányok kémiai analízisének eredményei alapján állítottuk össze.

A vizsgálathoz használt 12 cm × 6 cm méretű zsákocskák Scrynel műanyag szövetből készültek, melynek pórusmérete 40 mikron volt. A vizsgált Ca-szappanok közül a Profat és a módosított zsírsav-összetételű Profat a Schils cég terméke, míg a napraforgó zsírsavpárlatból készült Ca-szappant magunk állítottuk elő egylépcsős gyártási technológiával. A három készítmény zsírsav-összetételét az 5. táblázat mutatja be. Az említett Ca-szappanokból zsákocskánként 2 g-ot mértünk be, így az 1 cm² zsákocska felületre jutó vizsgálandó anyag mennyiség 13,9 mg volt. A mintákat tartalmazó zsákocskákat egy 600 g tömegű vas nehezékre kötöttük, biztosítva ezzel, hogy a zsákocskák a bendő folyadék fázisába merüljenek. A nehezéket műanyag zsineggel a bendőkanülhöz rögzítettük.

Az inkubációs idő 0, 2, 4, 8, 16, 24 és 48 óra volt. Valamennyi készítményt állatonként és inkubációs időnként 5 ismétlésben vizsgáltuk.

A zsákocskákat az inkubációt követően rázógépen 8×10 percig mostuk. A mosáshoz felhasznált vizet mind a 8 alkalommal tisztára cseréltük le. Mosás után a zsákocskákat 60°C -os termosztátban megszáritottuk.

A vizsgált Ca-szappanok aktuális bendőbeli stabilitását a mért tömegveszteségek alapján, Kristensen és mtsai (1982) következő összefüggésével számítottuk ki:

$$\text{EDP} = \sum_{i=0}^n [\text{PD}_{(t_i+1)} - \text{PD}_{(t_i)}] \times f_{(t_i, t_i+1)} + \text{PD}_0$$

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

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

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

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

A számítás során azt feltételeztük, hogy a bendőtartalomnak óránként a 8%-a hagyja el a bendőt ($k_r = 8\%$). Természetesen a fenti összefüggés alkalmazásakor a fehérjeértékek helyére értelemszerűen a megfelelő zsírértékek kerültek behelyettesítésre.

Egy másik kísérletünkben két nagy telítetlen zsírsavhányadú - egy nagy konjugált linolsav (CLA) -tartalmú, egylépcsős technikával készült és egy lenolajból kétlépcsős eljárással előállított - Ca-szappan bendőbeli

stabilitását vizsgáltuk. A készítményeket magunk állítottuk elő. A vizsgálat során az inkubációs idő 12 óra, az ismétlésszám pedig szappanonként és állatonként 10 zsákocská volt.

3.2.2. Eltérő zsírsav-összetételű és eltérő technológiával készült Ca-szappanok bendőbeli stabilitásának vizsgálata *in vitro* módszerrel

A vizsgálatokhoz 3 különböző összetételű zsírsavkeverékből állítottunk elő Ca-szappanokat. A szappankészítéshez felhasznált zsírsavforrásokat úgy választottuk ki, valamint olyan arányban kevertük össze, hogy az előállítandó Ca-szappanoknak ne csak a zsírsav-összetétele, hanem az átlagos szénlánc hosszúsága is jellemzően eltérjen egymástól. A zsírsavkeverékek zsírsav-összetételét és átlagos szénlánc hosszúságát a 2. táblázat szemlélteti.

A vegyes növényi zsírsavkeveréket, illetve a mesterséges zsírsavkeveréket magunk állítottuk össze laboratóriumi körülmények között.

Mindhárom zsírsavkeverékből kétféle módon - egy-, valamint kétlépcsős technológiával - készítettünk Ca-szappant.

Az egylépcsős technológia során a zsírsavakat 100°C körüli hőmérsékleten Ca(OH)_2 -dal reagáltattuk. A kész szappan szárítást nem igényelt.

A kétlépcsős eljárás első fázisában zsírsav-Na sókat képeztünk, majd ezeket - a második fázisban - CaCl_2 -dal 50-60°C-on Ca-szappanná alakítottuk át. A kész szappant 60°C-on megszáritottuk.

2. táblázat

**A Ca-szappanok előállításához felhasznált
zsírsavkeverékek összetétele és átlagos szénlánc hosszúsága**

Zsírsavak	Pálmamag zsírsavak	Vegyes növényi zsírsavkeverék*	Mesterséges zsírsavkeverék**
Kaprinsav C _{10:0}	4,82	-	-
Laurinsav C _{12:0}	36,77	-	-
Mirisztinsav C _{14:0}	13,26	0,09	0,01
Palmitinsav C _{16:0}	14,34	6,72	6,61
Sztearinsav C _{18:0}	16,00	3,49	78,51
Olajsav C _{18:1}	14,81	22,16	3,67
Linolsav C _{18:2}	-	36,45	6,04
Linolénsav C _{18:3}	-	28,70	4,76
Arachinsav C _{20:0}	-	0,33	0,05
Egyéb	-	2,06	0,35
Telítetlen zsírsav összesen, %	14,8	89,4	14,8
Átlagos szénlánc hosszúság (C-atomszám)	14,6	17,9	17,9

* Napraforgó-, repce- és len zsírsavkeveréket tartalmazott.

** Vegyes növényi zsírsavkeverék + palmitinsav + sztearinsav.

Az *in situ* eljárás későbbiekben tárgyalásra kerülő hátrányai miatt vizsgálatainkat *in vitro* módszerrel végeztük el. Ehhez azonban egy, a zsírok bendőbeli lebonthatóságának megállapítására alkalmas *in vitro* eljárás kidolgozására volt szükség. A fejlesztő munka során Tilley és Terry (1963) *in vitro* eljárásából, illetve annak Teveli (1977) által módosított változatából indultunk ki. Tilley és Terry (1963), valamint Teveli (1977, 1978) *in vitro* módszerének az az alapja, hogy a takarmányok bendőbeli lebonthatóságát a bendőből vett inokulum

segítségével, 38-39°C-os termosztátban, puffer jelenlétében, 48 órán át tartó inkubálással állapítják meg. 1 térfogatrész bendőfolyadékra 4 térfogatrész puffer jut.

Az általunk alkalmazott pufferoldat összetétele a következő volt:

KH_2PO_4	45,36 g/l
NaCl	4,59 g/l
CaCl_2	0,20 g/l
MgCl_2	0,30 g/l

Az oldat pH-értékét a végső térfogatra történő feltöltés előtt, 10 M NaOH-dal 6,75-re, illetve - egy másik kísérletben - 6,25-re állítottuk be. Az így elkészített puffert vízfürdőben 38-40°C-ra melegítettük, miközben - a levegő kiszorítása céljából - 30 percig CO_2 -ot buborékolattunk át rajta. A gázfolyás kb. 200 buborék/perc volt.

Bendőfolyadékot - Teveli (1977) módszerének megfelelően - 3 órával a reggeli etetést követően vettünk. A donor állat két bendőkanülözött növendékbika volt, melyek a következő takarmányadagot fogyasztották:

- 14 kg silókukorica szilázs
- 2 kg réti széna
- 3 kg kukorica bázisú abrakkeverék.

A bendőfolyadékot szűrés után adtuk hozzá a pufferoldathoz. Az inokulum-puffer elegyen újabb 10 percig CO_2 -ot buborékolattunk át, majd a pH-t 10 M NaOH-dal a kívánt értékre (6,75 ill. 6,25) állítottuk vissza.

A Ca-szappanok nem szolgáltatnak energiát és N-t a bendőmikrobák számára, ezért a vizsgált készítményeket könnyen erjeszhető szénhidráttal, valamint N-forrással egészítettük ki. Lombikonként (100 ml-es, szűk szájú Erlenmeyer) 2 g Ca-szappant mértünk be, amelyhez 0,2 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -ot és 0,4 g glükózt adtunk. Az inokulum-puffer elegyből mintánként 50 ml-t használtunk fel. A lombikok lezárása előtt a folyadék fölé CO_2 -párnát rétegeztünk. A lezárás módja lehetővé tette, hogy az erjedési gázok eltávozzanak a lombikból. A mintákat az inkubáció ideje alatt naponta 3-4-szer, kézzel összeráztuk. A termosztát hőmérséklete 40°C volt. Valamennyi kezelést 10 ismétlésben állítottuk be.

Az inkubációs idő (48 óra) letelte után a fermentációt lombikonként 0,5 ml 35%-os formaldehid oldat hozzáadásával leállítottuk. Ezt követően a lombikok tartalmát Petri-csészékbe öntöttük át, majd 60°C -on megszáritottuk.

A Ca-szappanokból felszabadult zsírsavak mennyiségét szárítás után, acetonos kioldással határoztuk meg. Az eredményeket korrigáltuk a bendőfolyadék zsírtartalmával, valamint a Ca-szappan "szabad" zsírtartalmával (amely inkubáció nélkül is kioldható a vizsgált szappanból). A bendőfolyadék zsírtartalmát a Ca-szappan nélküli, vak mintákból állapítottuk meg.

Kísérleteink során azt is vizsgáltuk, hogy a fermentációs közeg metioninnal, niacinnal és szerves kötésben lévő mikroelemekkel történő kombinált kiegészítése milyen hatást gyakorol a Ca-szappan bendőbeli lebomlásának mértékére. A vizsgálathoz a Bendőmester nevű készítményt használtuk fel, amely a következő komponensekből tevődik össze:

- tejipari permeátum
- metionin
- élő élesztő
- B - vitaminok
- szerves kötésben lévő mikroelemek
- aromaanyagok.

(Gyártó: NUTRI-MIX Keverő Kft, Mosonmagyaróvár.)

A készítmény garantált beltartalmi értékeit a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat

A Bendőmester nevű takarmány kiegészítő garantált beltartalmi értékei

Összetevők	%
Nedvesség (max.)	12
Szénhidrát (min.)	50
Metionin (min.)	5
Niacin (min.)	2,5
Élő élesztő	++++
B - vitaminok	++++
Mikroelemek szerves kötésben	++++

A kísérlet - amelynek során a Profat bendőbeli lebomlását vizsgáltuk - a következő 4 kezeléssel épült fel:

0. Kontroll. A bendőmikrobák N- és energia ellátását 0,2 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ és 0,4 g glükóz adagolásával biztosítottuk.

1. A könnyen erjeszhető szénhidrát 50%-át (0,2 g) glükóz, másik 50%-át pedig Bendőmester formájában adagoltuk. Ehhez a 0,2 g glükóz mellé 0,4 g Bendőmesterre volt szükség. Az $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ mennyisége - hasonlóan a kontrollhoz - 0,2 g volt.
2. Könnyen erjeszhető szénhidrátot csak Bendőmester formájában juttattunk a mikrobáknak. A 0,8 g Bendőmester mellett biztosítottuk a 0,2 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -ot is.
3. A bendőmikrobák csak 0,8 g Bendőmestert kaptak ellátásképpen. Tekintettel arra, hogy a készítmény tartalmaz bizonyos mennyiségű N-t (metionin, niacin formában), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -ot nem adagoltunk.

Mint látható, a bendőmikrobák energiaellátása valamennyi kezelés esetén hasonló volt (0,4 g könnyen erjeszhető szénhidrát), N-ellátásuk azonban különbözött. Valamennyi kezelést 5 ismétlésben állítottuk be. A fermentációs közeg pH-értéke a kísérlet indulásakor 6,25 volt.

3.2.3. Emésztés-élettani alapvizsgálatok bendő- és duodenum kanülözött növendékbikákkal

3.2.3.1. Zsírok hatása a bendőfolyadék összetételére és mikrobiális aktivitására

A zsírok bendőfermentációra gyakorolt hatását három kísérletben vizsgáltuk. Az első kísérletben különböző kémiai formájú zsírok bendőműködésre gyakorolt hatását hasonlítottuk össze. A vizsgálat során

először napraforgó zsírsavpárlatból előállított Ca-szappant kaptak az állatok, majd azt követően - a szappan bendőbeli stabilitásának igazolására - ugyanazt a zsírmennyiséget kezeletlen napraforgóolaj formájában adagoltuk. Az etetett zsírkiegészítők zsírsav-összetételét a 4. táblázat mutatja be.

4. táblázat

Az 1. kísérletben etetett zsírkiegészítők zsírsav-összetétele

Zsírsavak	Ca-szappan	Napraforgóolaj
Mirisztinsav C _{14:0}	0,16	0,08
Palmitinsav C _{16:0}	6,73	6,69
Palmitoleinsav C _{16:1}	0,40	-
Sztearinsav C _{18:0}	2,70	3,60
Olajsav C _{18:1}	29,95	26,62
Linolsav C _{18:2}	58,64	62,39
Linolénsav C _{18:3}	0,48	-
Eikozadiénsav C _{20:2}	0,61	0,60
Egyéb	0,33	0,02

A második kísérletben eltérő zsírsav-összetételű Ca-szappanok (Profat, módosított zsírsav-összetételű Profat, illetve napraforgó zsírsavpárlatból készült Ca-szappan) bendőfermentációra gyakorolt hatását hasonlítottuk össze. A készítmények zsírsav-összetételét a 5. táblázat szemlélteti.

A Profat nevű készítményt palmaolaj zsírsavaiból állítják elő, ennek megfelelően viszonylag nagy mennyiségben (50% felett) tartalmaz telített zsírsavakat, elsősorban palmitinsavat.

5. táblázat

A 2. kísérletben etetett Ca-szappanok zsírsav-összetétele

Zsírsavak	Profat	Módosított Profat	Napraforgó zsírsavpárlat Ca-szappan
			Zsírsav, %
Laurinsav C _{12:0}	1,3	1,0	-
Mirisztinsav C _{14:0}	1,6	1,2	-
Palmitinsav C _{16:0}	46,1	38,1	8,4
Palmitoleinsav C _{16:1}	-	-	0,2
Sztearinsav C _{18:0}	1,8	3,3	4,6
Olajsav C _{18:1}	40,3	41,8	25,5
Linolsav C _{18:2}	7,5	14,1	59,7
Linolénsav C _{18:3}	-	0,3	0,6
Egyéb	1,4	0,2	1,0
Telítetlen zsírsav összesen, %	47,8	56,2	86,0

A módosított zsírsav-összetételű Profat linolsavból kétszeres mennyiséget tartalmaz, ezáltal kismértékben csökkent a készítményben a telített zsírsavak részaránya.

A zsírsavpárlat a napraforgó növényolajipari feldolgozása során keletkezik. Túlnyomórészt szabad zsírsavakból áll, emellett kb. 20% triglicerid és 5-10% el nem szappanosítható rész található benne. Utóbbi főként szterineket foglal magában. Zsírsavkészletének zömét (több mint 80%-át) telítetlen zsírsavak teszik ki. Legnagyobb mennyiségben (50-60%) linolsavat tartalmaz.

A harmadik kísérlet során nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappan hatását vizsgáltuk a bendőfolyadék néhány paraméterére. A kísérlethez felhasznált Ca-szappant 80% lenolajat és 20% len

zsírsavkeveréket tartalmazó alapanyagból állítottuk elő. Zsírsav-összetétele a 6. táblázatban látható.

6. táblázat

**A 3. kísérletben etetett (lenolaj alapú)
Ca-szappan zsírsav-összetétele**

Zsírsavak	%-os arány
Mirisztinsav C _{14:0}	0,24
Palmitinsav C _{16:0}	5,80
Sztearinsav C _{18:0}	3,41
Olajsav C _{18:1}	20,36
Linolsav C _{18:2}	16,41
Linolénsav C _{18:3}	51,46
Egyéb	2,32

A kísérleteket 3 bendő- és duodenum kanülözött növendékbikával, szakaszos módszerrel végeztük el. Valamennyi kísérletet egyszer megismételtük. Mindhárom kísérletnek volt egy kontroll szakasza is, amikor az állatok nem részesültek zsírkiegészítésben. A kontroll szakaszokban etetett takarmányadagok összetételét és táplálóanyag tartalmát a 7. és 8. táblázatokban foglaltam össze.

A vizsgált zsírkiegészítőket a kontroll takarmányadagon felül, napi két részletben, kanülön keresztül juttattuk az állatok bendőjébe. Ezzel kizártuk annak lehetőségét, hogy az állat a készítmény egy részét visszahagyja, ami zavarná a kísérlet értékelését.

A kiegészítés mértéke minden Ca-szappan esetében napi 800 g volt. Az 1. kísérletben felhasznált Ca-szappan 80% nyerszsírt tartalmazott, így az állatok napi 640 g nyerszsírt vettek fel a Ca-szappannal. Ennek megfelelően a kísérlet következő szakaszában napi 640 g napraforgóolajat

adagoltunk. Az olajat a napi abrakadaghoz (2,5 kg) kevertük hozzá és az olajos abrakkeveréket ugyancsak a bendőkanulón keresztül kapták az állatok.

7. táblázat

A kísérletek kontroll szakaszaiban etetett takarmányadagok összetétele és táplálóanyag tartalma

		1. kísérlet	2. kísérlet	3. kísérlet
Silókukorica szilázs	kg	14,0	14,0	14,0
Réti széna	kg	2,0	1,0	2,0
Abrakkeverék	kg	2,5	2,4	3,0
Szárazanyag	kg	8,6	7,6	9,0
NE _m	MJ/kg sza.	6,30	6,57	6,40
NE _g	MJ/kg sza.	3,76	4,00	3,85
MFE	g	677	607	728
MFN	g	489	443	530
Nyerszsír	g	256	233	269
Nyerszsír a sza.-ban	%	3,0	3,1	3,0
Nyersrost	g	1723	1377	1749
ebből strukturális rost	%	95	91	91
Nyersrost a sza.-ban	%	20,0	18,1	19,4

8. táblázat

Az abrakkeverék összetétele
(Mindhárom kísérletben azonos)

Összetevők	%-os arány
Kukorica	84,3
Extrahált napraforgódara	12,7
Takarmánymész	1,0
Takarmánysó	1,5
Egységes szarvasmarha premix	0,5

A zsírkiegészítés következményeként a takarmányadag szárazanyagának nyerszsírtartalma az 1. kísérletben 9,6; a 2. kísérletben 10,7; a 3. kísérletben pedig 9,5%-ra nőtt.

A kontroll, valamint a kísérleti szakaszok időtartama 4 nap volt. A 4 napos vizsgálati szakaszok között 10 napos átmeneti időszakokat tartottunk. Az átmeneti szakaszokban az állatok 2 napig $\frac{1}{3}$ adagban, 2 napig $\frac{2}{3}$ adagban, 6 napig pedig teljes adagban kapták a vizsgált zsírkiegészítőt.

A kontroll és a kísérleti szakaszoknak mind a 4 napján, napi 2 alkalommal - a reggeli etetés előtt, valamint 3 órával az etetést követően - bendőfolyadék mintákat vettünk. Azért, hogy a bendőfolyadék ne veszítsen mikrobiális aktivitásából, a mintákat termoszban szállítottuk a laboratóriumba és azonnal elkezdtük vizsgálatukat. A bendőfolyadéknak a következő paramétereit határoztuk meg: pH-érték, NH_3 -tartalom, mikrobiális aktivitás, valamint az egyes illózsírsavak koncentrációja. Az etetés előtt és etetés után vett minták vizsgálati eredményeit külön dolgoztuk fel.

3.2.3.2. Zsírok hatása a nyersrost bendőbeli lebomlására

A zsírkiegészítésnek a nyersrost bendőbeli lebomlására gyakorolt hatását az 1. és 3. kísérlet keretében, 3 bendő- és duodenum kanülözött állattal vizsgáltuk. A vizsgálatokhoz az állatoktól - a bendőfolyadékon túlmenően - chymus mintákat is vettünk. Chymus gyűjtést a 4 napos vizsgálati szakaszok 2. és 4. napján végeztünk. A gyűjtési napokon 6^{00} és 16^{00} óra között, kétórás időközökkel történt mintavétel. Az egyes időpontokban 250-300 ml mintát vettünk az állatoktól. A chymust a

laboratóriumban a megfelelő kémiai vizsgálatok (nyersrosttartalom, titántartalom) elvégzéséhez 60°C-on megszáritottuk.

A duodenumon naponta áthaladó chymus mennyiséget jelzőanyag segítségével, Owens és Hanson (1992) módszere szerint határoztuk meg. Jelzőanyagként naponta 60 g TiO_2 -ot adagoltunk az állatoknak. Annak érdekében, hogy a napi titánfelvétel - függetlenül a takarmányfelvételtől - azonos legyen, a TiO_2 -ot napi 2 részletben (2×30 g), kanülön keresztül közvetlenül a bendőbe juttattuk.

3.2.4. Az üzemi kísérletek metodikája

Első üzemi kísérletünk célja volt, hogy nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappan etetésével megnöveljük a tejszír telítetlen zsírsavtartalmát, különös tekintettel az ω -3 zsírsavakra. Vizsgáltuk továbbá, hogy a készítmény etetése milyen hatást gyakorol a tej zsír-, fehérje- és laktóztartalmára.

A kísérlethez felhasznált Ca-szappant 80% lenolajból és 20% len zsírsavkeverékből állítottuk elő, ennek megfelelően zsírsavkészletének több mint 50%-át az ω -3 csoportba tartozó linolénsav tette ki. Zsírsavösszetételét részletesen a 6. táblázatban tüntettem fel.

A kísérletet Darnózselin, a Béke Mezőgazdasági Rt. tehenészeti telepén, csoportos kísérleti módszerrel végeztük el. Mind a kontroll, mind pedig a kísérleti csoportba 21, holstein-fríz fajtájú tehenet állítottunk be. A két csoport átlagát tekintve a tej összetétele a kísérlet kezdetén közel azonos volt (9. táblázat).

9. táblázat

A tej összetétele az 1. üzemi kísérlet indulásakor

		Kontroll	Kísérleti
		csoport teje	
Tejzsír	% (m/V)	3,30 \pm 0,48	3,28 \pm 0,59
Tejfehérje	% (m/V)	3,19 \pm 0,20	3,18 \pm 0,25
Tejcukor	% (m/V)	4,91 \pm 0,17	4,89 \pm 0,18

Az etetett takarmányadagok összetételére és táplálóanyag tartalmára vonatkozó adatok a 10. és 11. táblázatokban találhatóak.

A kísérleti csoport tehenei naponta 700 g Ca-szappant vettek fel a tejelőtáppal. Energia- és fehérjeellátásuk hasonló szintű volt, mint a kontroll állatoké.

Az előtetetési szakasz 2 hétig, a kísérleti szakasz pedig 5 hétig tartott. A teheneket naponta 3-szor fejték. A tej összetételének megállapítása céljából a kísérleti szakaszban hetente 2 napon, egyedileg vettünk mintákat a reggeli és esti fejkor. A reggel és este vett részmintákból úgy alakítottuk ki a vizsgálatra kerülő mintákat, hogy a reggeli és esti részmintákat egyedenként 60% (reggeli rész minta) és 40% (esti rész minta) arányban egyesítettük. A tejzsír zsírsav-összetételének vizsgálatához hetente 3-szor vettünk mintákat a két csoport elegytejéből, az esti fejések alkalmával.

A tejminták összetételét az Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft. (Gödöllő) System-5000 típusú automatával vizsgálta (gyártó: Foss Electric, Hillerod, Dánia), melynek során a tej zsír-, fehérje, és laktóztartalmát határozták meg.

10. táblázat

**Az 1. üzemi kísérletben etetett takarmányadagok
összetétele és táplálóanyag tartalma**

		Kontroll	Kísérleti
		csoport	
Silókukorica szilázs	kg	17,0	17,0
Árpaszenázs	kg	9,0	9,0
Nedves répaszelet	kg	18,0	18,0
Réti széna	kg	2,0	2,0
Tejelótáp	kg	12,8	11,4
Szárazanyag	kg	25,0	23,8
NE _i	MJ	165,53	165,34
MFE	g	2983	2824
MFN	g	2764	2796
Nyerszsír	g	614	1122
Nyerszsír a szá.-ban	%	2,5	4,7
Nyersrost	g	4248	4193
ebből strukturális rost	%	69	70
Nyersrost a szá.-ban	%	17,0	17,6
Ca	g	151	214
P	g	101	96

11. táblázat

Az 1. üzemi kísérletben etetett tejelótáp %-os összetétele

	Kontroll	Kísérleti
	csoport	
Kukorica	53,5	35,5
Árpa	7,5	8,5
Extrahált szója	26,6	36,0
Extrahált napraforgó	8,3	9,3
Élesztő	0,1	0,1
Phylafor	0,4	0,4
Bendőpuffer	1,1	1,2
Premix	2,5	2,8
Ca-szappan	-	6,2

Második üzemi kísérletünk során egy növényolajipari melléktermékből (napraforgó zsírsavpárlatból) előállított Ca-szappan tejtermelésre, valamint tejösszetételre gyakorolt hatását vizsgáltuk. Az etetett Ca-szappan zsírsav-összetételét a 12. táblázat szemlélteti.

12. táblázat

**A 2. üzemi kísérletben etetett Ca-szappan
zsírsav-összetétele**

Zsírsavak	%-os arány
Mirisztinsav C _{14:0}	0,11
Palmitinsav C _{16:0}	8,81
Palmitoleinsav C _{16:1}	0,11
Sztearinsav C _{18:0}	4,26
Olajsav C _{18:1}	26,61
Linolsav C _{18:2}	53,54
Linolénsav C _{18:3}	0,32
Arachinsav C _{20:0}	0,44
Eikozénsav C _{20:1}	0,16
Behénsav C _{22:0}	0,78
Egyéb	4,86

Vizsgálatainkat a mosonmagyaróvári Dunamenti Mezőgazdasági Rt. tehenészeti telepén végeztük el. A kísérletbe 15, többször ellett holstein-fríz fajtájú tehenet vontunk be, melyek átlagosan a 3. laktációjukat teljesítették. A csoport átlagát tekintve tejtermelésük az előző laktációban 8442 liter volt és a kísérlet indulásakor a folyó laktációnak átlagosan az 55. napján tartottak.

A kísérletet szakaszos módszerrel végeztük. A kontroll és a kísérleti szakasz egyaránt 4 hetes volt. Azért, hogy a laktáció előrehaladásából eredő termeléseszkökenés ne zavarja az eredmények

összehasonlíthatóságát, a kontroll szakaszt kettéosztottuk, nevezetesen két hetet a kísérleti szakasz elé, két hetet pedig azután iktattunk be. Az eredmények értékelése során a két kéthetes kontroll szakasz eredményeit összevontuk és a 4 kontroll hét átlagát hasonlítottuk a 4 kísérleti hét átlagához. A kontroll és a kísérleti szakaszok között 1 hetes átmeneti időszakokat tartottunk.

Az etetett takarmányadagok összetételére, illetve táplálóanyag tartalmára vonatkozó adatokat a 13. és 14. táblázatok tartalmazzák.

A kísérleti szakaszban a tehenek naponta 700 g Ca-szappant fogyasztottak a tejelőtáppal. Energia- (NE_l), valamint metabolizálható fehérje- (MF) ellátásuk ugyanolyan szintű volt, mint a kontroll szakaszban.

Az állatokat naponta kétszer fejtük. Tejtermelésüket hetente 5 napon, egyedileg mértük. A tej összetételének meghatározásához hetente 2 napon, egyedileg vettünk mintát mind a reggeli, mind pedig az esti tejből. A reggeli és az esti mintákat vizsgálat előtt egyedenként, a kifejt tej literek arányában egyesítettük.

A tej összetételét a Magyar Tejgazdasági Kísérleti Intézet Kft. (Mosonmagyaróvár) vizsgálta, melynek során a tej zsír-, fehérje-, laktóz-, szárazanyag- és zsírintes szárazanyag-tartalmát határozták meg.

A vizsgálatokat Milkoscan FT 120 típusú berendezéssel végezték (gyártó: Foss Electric, Hillerod, Dánia).

13. táblázat

**A napi takarmányadag összetétele
és táplálóanyag tartalma a 2. üzemi kísérletben**

		Kontroll	Kísérleti
		csoport	
Silókukorica szilázs	kg	26,0	26,0
Lucerna széna	kg	4,0	4,0
Tejelőtáp	kg	12,0	11,3
Szárazanyag	kg	24,0	23,4
NE ₁	MJ	156,2	156,2
UDP	%	36,6	36,4
MFE	g	2220	2221
MFN	g	2236	2490
Nyerszsír	g	514	1057
Nyerszsír a sza.-ban	%	2,1	4,5
Nyersrost	g	4360	4357
ebből strukturális rost	%	85	85
Nyersrost a sza.-ban	%	18,2	18,6
Ca	g	220	331
P	g	122	183
Ca : P		1,8	1,8

14. táblázat

**A tejelőtápok %-os összetétele a
2. üzemi kísérlet egyes szakaszaiban**

	Kontroll	Kísérleti
	csoport	
Kukorica	50,0	29,5
Árpa	12,5	8,8
Extrahált szója	16,7	30,9
Extrahált napraforgó	12,5	13,2
MCP	1,2	3,9
Takarmánymész	1,4	1,5
Takarmánysó	1,1	1,2
TMR-profi ^{I.}	2,5	2,6
Bendőmester ^{II.}	1,3	1,3
Repumet ^{III.}	0,8	0,9
Ca-szappan	-	6,2

Magyarázat

- I. Vitamin és ásványi anyag premix (Gyártó: SANO - Modern Tak. Kft, Székesfehérvár)
- II. Bendőműködést fokozó takarmány kiegészítő (tejipari permeátum, metionin, élesztő, B-vitaminok, szerves kötésben lévő mikroelemek, aromaanyagok) (Gyártó: NUTRI-MIX Keverő Kft, Mosonmagyaróvár)
- III. Bendőpuffert és védett metionint tartalmazó takarmány kiegészítő (Gyártó: NUTRI-MIX Keverő Kft, Mosonmagyaróvár)

3.2.5. A kísérletek során alkalmazott kémiai vizsgálati eljárások

Az etetett takarmányok, a Ca-szappanok, valamint a chymus minták kémiai összetételét (szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost, nyershamu, Ca, P) a Magyar Takarmánykódex (1990) 2. kötetében javasolt eljárásokkal határoztuk meg. A Ca-szappanok nyerszsírtartalmát a szárazanyag- és nyershamutartalom alapján számítottuk ki.

A bendőfolyadék pH-értékét OP-211/1 típusú elektromos pH-mérővel, NH_3 -tartalmát pedig OP-264/2 típusú ammónia-érzékeny elektróddal állapítottuk meg. A bendőfolyadék mikrobiális aktivitását a nitritredukciós próbával vizsgáltuk, 3 különböző nitrit-koncentráció esetén (0,025%-os KNO_2 oldatból 0,2; 0,5 illetve 0,7 ml/10 ml bendőfolyadék). Reagensként alfa-naftil-amint használtunk (Horváth, 1979). A bendőfolyadék illózsírsav-tartalmát Chrom-5 típusú gázkromatográffal határoztuk meg. A bendőfolyadékot a vizsgálathoz 15.000/perc fordulatszámon végzett centrifugálással és szűréssel tisztítottuk, majd az injektálás előtt – az oszloptöltet tulajdonságainak megfelelően – 25%-os metafoszforsavval kezeltük. A gázkromatográf oszloptöltete Porapak P gyanta volt. Az azonosításhoz használt vizes standardoldat 0,1% töménységben tartalmazta az illózsírsavakat.

Az etetett zsírkiegészítők zsírsav-összetételét az *in vivo* modell kísérletekben Chrom-5 típusú gázkromatográffal, Chromosorbe W AW oszloptöltettel, az üzemi kísérletekben pedig Agilent 6890N Network típusú gázkromatográffal, Supelco SPTM - 2560 Fused Silica Capillary oszlop segítségével határoztuk meg (hosszúság: 100 m, átmérő: 0,25 mm, filmréteg vastagsága: 0,2 mikron). A tejsír zsírsav-összetételét szintén az utóbbi berendezéssel vizsgáltuk.

Chrom-5 típusú készüléken történő vizsgálathoz a napraforgóolajat metanol, benzol és kénsav 75:25:4 térfogatarányú keverékével észtereztük (MSZ 19928-73). Ezt követően a mintákat dietil-éter és petroléter 1:1 arányú keverékével rázótolcsérbe mostuk át, majd telített NaCl oldattal savmentesítettük. Ca-szappanok vizsgálatakor a zsírsavakat 5%-os HCl

oldatban végzett főzéssel szabadítottuk fel. Ezután a minta előkészítése egyezett a napraforgóolajnál leírtakkal.

Agilent 6890N Network típusú berendezéssel végzett vizsgálathoz a tisztított zsírokat 1 n metanolos NaOH oldattal elszappanosítottuk, majd BF_3 -metanollal kezeltük (Lin és mtsai, 1995). Ca-szappanok esetében elszappanosítást nem végeztünk.

Az előkészített vizsgálati anyagot az injektáláshoz mindkét esetben n-hexánban oldottuk fel. A zsírsavak azonosításához összeállított standard zsírsav-metilésztereket tartalmazott hexános oldatban.

A chymus titántartalmát Brandt és Allan (1987) módszere szerint, kénsavas roncsolást követően, Spekol típusú spektrofotométerrel határoztuk meg. A TiO_2 -ből képződő vegyület kénsavas-foszforsavas közegben, H_2O_2 -dal sárga színreakciót ad. A minták fényelnyelését 405 nm hullámhosszon mértük.

3.2.6. Az eredmények statisztikai értékelése

A kísérletek eredményeinek statisztikai értékelését Statistica 6.0, valamint Microsoft Excel programok segítségével végeztük el.

3.3. Kísérleti eredmények és azok megbeszélése

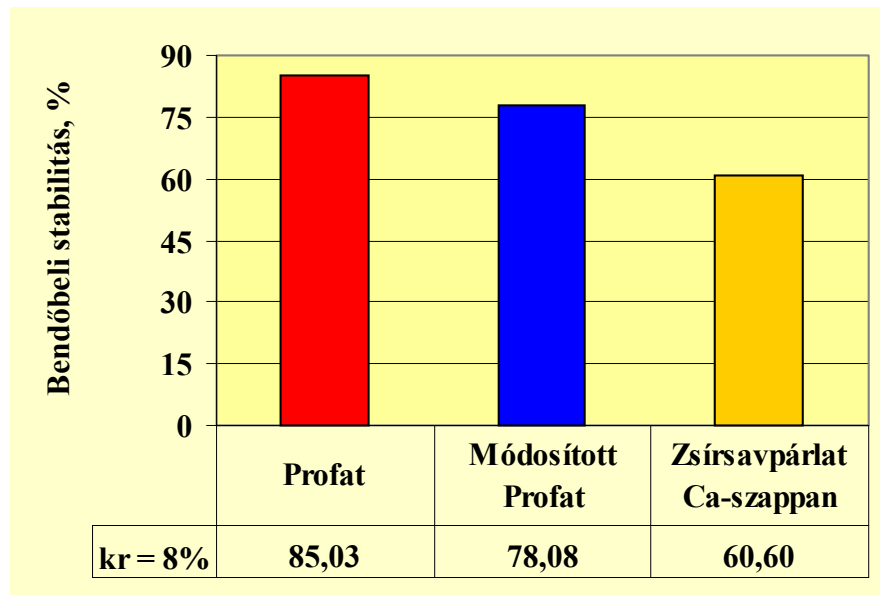
3.3.1. eltérő zsírsav-összetételű és különböző gyártási technológiával készült Ca-szappanok bendőbeli stabilitásának vizsgálata

3.3.1.1. Az in situ vizsgálatok eredményei

A vizsgált Ca-szappanok aktuális bendőbeli stabilitását a 2. ábra szemlélteti.

2. ábra

Eltérő zsírsav-összetételű Ca-szappanok aktuális bendőbeli stabilitása



Mint látható, a telítetlen zsírsavhányad növekedésével romlik a készítmények bendőbeli stabilitása. A legtöbb telítetlen zsírsavat tartalmazó, napraforgó zsírsavpárlatból előállított Ca-szappan kielégítő

(mintegy 60%-os) aktuális bendőbeli stabilitással bír. Ezt az *in vivo* kísérletek eredményei is alátámasztják, hiszen a készítmény 800 g/nap adagban történő etetése csak kismértékben zavarta a bendőfermentációt és gyakorlatilag nem volt hatással a nyersrost bendőbeli lebomlásának mértékére.

A második kísérletben a két szappan tömegvesztését $8,36 \pm 2,60\%$ -nak (CLA-szappan), illetve $32,31 \pm 8,35\%$ -nak (lenolaj szappan) találtuk.

A kísérlet során megvizsgáltuk a zsákocskákban az inkubáció után visszamaradt anyag zsírsav-összetételét is. Az eredményekből arra lehet következtetni, hogy a ténylegesen hidrolizált szappan mennyisége lényegesen több mint az említett tömegvesztés. Ezt igazolják a 15. táblázat adatai.

Az adatokból látható, hogy az inkubáció után visszamaradt mintákban lényegesen – mintegy 32,43, illetve 45,95 abszolút %-kal – alacsonyabb volt a többszörösen telítetlen zsírsavak részaránya. Ennek a szappanmennyiségnek feltétlenül hidrolizálnia kellett, mivel a telítetlen zsírsavak telítődésének alapvető feltétele a karboxilcsoport megléte (Kepler és mtsai, 1971).

Az inkubáció utáni minták nagy olajsav- és sztearinsav-tartalma arra utal, hogy a hidrolízis termékeként keletkező zsírsavak nagyobb része a zsákocskákban marad. A folyékony halmazállapotú olajsav a hidrolizálatlan Ca-szappannal keveredve ragacsos állagú anyagot képez, amely a zsákocskák szövetéből igen nehezen távolítható el.

15. táblázat

**A vizsgált nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappanok
zsírsav-összetételének változása a bendőben**

		CLA-szappan		Lenolaj-szappan	
		Eredeti	Inkubáció utáni	Eredeti	Inkubáció utáni
Mirisztinsav	C _{14:0}	0,07	0,22	0,05	0,17
Palmitinsav	C _{16:0}	6,00	13,11	5,42	13,26
Palmitoleinsav	C _{16:1}	0,08	-	0,07	-
Sztearinsav	C_{18:0}	3,26	10,76	3,28	9,08
Olajsav	C_{18:1}	18,10	39,81	20,07	38,72
cisz-Vakcénsav	C _{18:1}	-	0,85	-	1,31
Linolsav	C_{18:2}	0,37	0,43	23,50	10,51
c9,t11-CLA	C_{18:2}	26,64	7,74	-	-
t10,c12-CLA	C_{18:2}	26,02	7,36	-	-
c9,c11-CLA	C_{18:2}	-	0,66	-	-
t9,t11-CLA	C_{18:2}	3,03	7,44	-	-
Linolénsav	C_{18:3}	-	-	47,59	14,63
Egyéb, nem azonosított		6,43	11,62	0,02	12,32
Többszörösen telítetlen zsírsavak összesen, %		56,06	23,63	71,09	25,14
Különbség, %		32,43		45,95	

3.3.1.2. Az *in vitro* vizsgálatok eredményei

Mint látható, a nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappanok bendőbeli stabilitásának *in situ* eljárással történő vizsgálatokor a szappan hidrolíziséből származó zsírsavak egy része bizonyos esetekben nem lép ki a zsákocskákból, hanem a zsákocskák belső felületére rátapadva eltömi annak pórusait. Ezek a zsírsavak - minthogy vízben nem oldódnak - az inkubációt követő többszöri vizes átmosással 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. Ez a tény indított arra, hogy egy olyan *in vitro* eljárást dolgozzak ki, amellyel a nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappanok bendőbeli stabilitása is biztonságosan megállapítható. A Tilley - Terry (1963) -féle *in vitro* eljárás több tekintetben történő módosításával kialakított új módszer a 3.2.2. fejezetben került részletesen leírásra.

Az eltérő zsírsav-összetételű és különböző technológiával készült Ca-szappanoknak az új *in vitro* eljárással történő vizsgálata során kapott eredményeket a 16. és 17. táblázatokban foglaltam össze.

16. táblázat

**A szappankötésből felszabadult zsírsavak mennyisége
6,75-ös kiindulási pH-érték esetén
(tömeg %)**

Ca-szappanok alapanyaga	1 lépcsős	2 lépcsős
	gyártási technológia	
Mesterséges zsírsavkeverék	13,90±3,96 ^a	24,42±2,53 ^b
Pálmamag zsírsavak	53,57±3,90 ^c	79,29±4,25 ^d
Vegyes növényi zsírsavak	58,71±5,44 ^e	63,45±2,26 ^f

a, b, c, d, e, f: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($p \leq 0,05$).

A kísérleti eredmények alapján megállapítható, hogy – azonos átlagos lánchosszúság esetén – a telítetlen zsírsavakban gazdag Ca-szappanok kisebb bendőbeli stabilitással rendelkeznek. Hasonló megállapításra jutottak Sukhija és Palmquist (1990) *in vitro* kísérleteikben, valamint Brinkmann és Abel (1993) is a *Rusitec* berendezésben végzett vizsgálataik során.

17. táblázat

**A szappankötésből felszabadult zsírsavak mennyisége
6,25-ös kiindulási pH-érték esetében
(tömeg %)**

Ca-szappanok alapanyaga	1 lépcsős	2 lépcsős
	gyártási technológia	
Mesterséges zsírsavkeverék	16,71±2,97 ^a	31,48±4,01 ^b
Pálmamag zsírsavak	71,86±4,30 ^c	91,96±3,80 ^d
Vegyes növényi zsírsavak	76,13±2,41 ^e	83,07±2,10 ^f

a, b, c, d, e, f: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($p \leq 0,05$).

Azonos telítetlen zsírsavhányad esetén, a túlnyomórészt rövid láncú zsírsavakat tartalmazó Ca-szappanok kevésbé stabilak a hosszú láncú zsírsavak szappanjainál. Ez minden valószínűség szerint arra vezethető vissza, hogy a bendőfolyadékban az apoláris szénlánc rövidülésével csökken a szappanmolekulák hidrofób jellege. Extrém rövid lánchosszúság (C_2 , C_3) esetén ugyanis a Ca-sók tiszta vízben is könnyedén feloldódnak. El Hag és Miller (1972) *in vitro* vizsgálatának eredményei arra utalnak, hogy még a C_{10} , C_{12} lánchosszúságú zsírsavak sem képeznek bendőstabil Ca-szappanokat.

Valamennyi vizsgált zsírféleség esetében tapasztalható, hogy az egylépcsős technológiával készült Ca-szappan stabilabb a bendőben uralkodó körülmények között, mint a kétlépcsős eljárással előállított termék. A különbség oka feltehetően az eltérő fizikai tulajdonságokban keresendő. Amikor egylépcsős technológiát alkalmazunk, a keletkező Ca-szappant lényegesen nagyobb hőhatás éri, aminek következtében az megolvad és megváltozik a szerkezete. Ezzel szemben a kétlépcsős eljárás

esetén nem tesszük ki a Ca-szappant 60°C-nál magasabb hőmérsékletnek. Ennek eredményeként az egylépcsős módszerrel előállított termékekétől lényegesen eltérő kristályszerkezet alakul ki. A kétlépcsős technikával készült szappanok aprítása egyszerűbb, darálás utáni szemcseméretük apróbb. A vizsgált készítmények közül a pálmamag zsírsavakból kétlépcsős technikával készített Ca-szappan rendelkezett a legkisebb szemcsemérettel, ennek megfelelően bendőbeli stabilitása is a legkisebb volt.

Az inkubációs közeg pH-értékének a disszociáció mértékére gyakorolt hatására a 18. táblázat adatai alapján lehet következtetni.

18. táblázat

A pH-érték csökkenésének hatása a szappankötésből felszabadult zsírsavak mennyiségére
(tömeg %)

	6,75-ös	6,25-ös
	kiindulási pH-érték	
Mesterséges zsírsavkev. 1 lép.	13,90±3,96	16,71±2,97 NS
Pálmamag zsírsavak 1 lép.	53,57±3,90	71,86±4,30 ***
Vegyes növ. zsírsavak 1 lép.	58,71±5,44	76,13±2,41 ***
Mesterséges zsírsavkev. 2 lép.	24,42±2,53	31,48±4,01 ***
Pálmamag zsírsavak 2 lép.	79,29±4,25	91,96±3,80 ***
Vegyes növ. zsírsavak 2 lép.	63,45±2,26	83,07±2,10 ***

*** $p \leq 0,001$

Minden vizsgált készítmény esetében megfigyelhető, hogy a pH-érték csökkenésével nőtt a disszociáció mértéke. Legkisebb növekedés a mesterséges zsírsavkeverékből előállított Ca-szappanok esetében

tapasztalható. Jó bendőbeli stabilitásuk a nagy telített zsírsavtartalomra vezethető vissza (sztearinsav 78,5%, összes telített zsírsav 85,2%).

A magasabb és az alacsonyabb pH-érték esetén a vizsgált Ca-szappanok között ugyan azonos sorrend állítható fel, az egyes készítmények közötti számszerű különbségek azonban az alacsonyabb pH-érték mellett 11 esetben magasabbak (hatféle termék esetén összesen 15 összehasonlítás lehetséges). Ebből következik, hogy a Ca-szappanok stabilitási sorrendje alacsonyabb pH-érték mellett vizsgálva nagyobb biztonsággal állapítható meg, mivel ott határozottabbak az egyes készítmények közötti különbségek.

A metioninból, niacinból és szerves kötésben lévő mikroelemekből álló kombinált kiegészítés hatását a 19. táblázat mutatja be.

19. táblázat

**A Bendőmesterrel végzett kiegészítés hatása
a Profat *in vitro* lebomlásának mértékére**

Kezelés	Szappankötésből felszabadult zsírsavak (tömeg %)
0.) 0,2 g (NH ₄) ₂ SO ₄ + 0,4 g glükóz	35,03±2,04 ^a
1.) 0,2 g (NH ₄) ₂ SO ₄ + 0,2 g glükóz + 0,4 g Bendőmester	42,98±4,15 ^b
2.) 0,2 g (NH ₄) ₂ SO ₄ + 0,8 g Bendőmester	41,90±2,80 ^b
3.) 0,8 g Bendőmester	20,94±0,78 ^c

a, b, c: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($p \leq 0,01$).

Az adatok alapján megállapítható, hogy az említett anyagok kombinációja már minimális mennyiségben adagolva is szignifikánsan növelte a lebomló Ca-szappan mennyiséget (1. kezelés). A Bendőmester adagjának növelésével (2. kezelés) azonban nem növelhető tovább a szappan disszociációjának mértéke. Az 1. és 2. kezelés összehasonlításából az is kiderül, hogy a Bendőmesterben található laktózt a glükózhoz hasonló hatékonysággal tudták hasznosítani a bendőmikrobák. A 3. kezelés eredményéből arra lehet következtetni, hogy a Bendőmester N-tartalma nem volt elegendő a mikrobák N-igényének fedezésére.

Az elvégzett kísérlet eredményei nemcsak a N-kiegészítés szükségességét igazolják, hanem arra is utalnak, hogy különböző segédanyagok (aminosavak, niacin, stb.) hozzáadásával a vizsgálati módszer továbbfejleszhető.

3.3.2. Zsírkiegészítés hatása a bendőben zajló mikrobás fermentációra

3.3.2.1. Különböző kémiai formájú zsírok hatása a bendőfermentációra (1. kísérlet)

A zsíroknak a kérődzők takarmányozásában betöltött szerepével kapcsolatos nemzetközi és hazai irodalom tanulmányozása alapján egyértelműen megállapítható, hogy a nagyobb mennyiségben etetett zsírok bendőfermentációra kifejtett káros hatásait csak védett zsírok etetésével védhetjük ki. Ugyanakkor azok a sok esetben ellentmondásos kísérleti eredmények, melyek a leggyakrabban etetett védett zsírféleséggel - a Ca-szappannal - kapcsolatban napvilágot láttak, arra hívják fel a

figyelmet, hogy még mindig nem rendelkezünk elegendő ismerettel olyan részletkérdésekben, mint a Ca-szappanok zsírsav-összetételének, gyártási technológiájának a készítmény bendőbeli stabilitására és ezen keresztül a bendőben zajló mikrobás fermentációra gyakorolt hatása. Ezért az említett kérdések vizsgálatára bendő- és duodenum kanülözött növendékbikákkal több kísérletet állítottunk be. Az első kísérlet során arra kerestünk választ, hogy a különböző kémiai formájú zsírok miként befolyásolják a bendőfermentációt. Az ezzel kapcsolatos eredményeket a 20. és 21. táblázatban tüntettem fel, illetve a 3. és 4. ábrákon mutatom be.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a zsírkiegészítés mindkét formája csökkentette a bendőfolyadék mikrobiális aktivitását. A csökkenés mértéke azonban kezelésként erősen eltérő volt. A Ca-szappan csak kismértékben befolyásolta a mikrobiális folyamatokat a bendőben, ezzel szemben napraforgóolaj adagolásakor igen jelentős aktivitás-csökkenés következett be. A kezeletlen napraforgóolaj nemcsak a kontrollhoz képest, hanem még a Ca-szappanhoz viszonyítva is drasztikus hatással volt a bendőmikrobák működésére.

Kísérletünkben a Ca-szappan etetése nem befolyásolta a bendőfolyadék ecetsav-, vajsav- és izo-vajsav tartalmát. Ezzel szemben napraforgóolaj adagolásakor csaknem felére csökkent a bendőben az ecetsav és a vajsav részaránya. Az izo-vajsav csökkenése kisebb mértékű volt, mint a normál vajsavé.

A zsírkiegészítés mindkét formája csak csekély mértékben növelte a bendőfolyadék propionsav-tartalmát, a propionsav moláris részaránya ugyanakkor kezeletlen zsír etetésének hatására jelentősen, több mint másfélszeresére nőtt (3. ábra). Az ecetsav-propionsav aránya Ca-szappan

etetésekor csak kismértékben változott meg a kontrollhoz képest, míg kezeletlen napraforgóolaj adagolásakor az említett arány erőteljesen beszűkült. Mivel a propionsav koncentráció olaj etetésekor is csak jelentéktelen mértékben növekedett, az arány megváltozása elsősorban a bendőfolyadék csökkent ecetsav tartalmára vezethető vissza.

20. táblázat

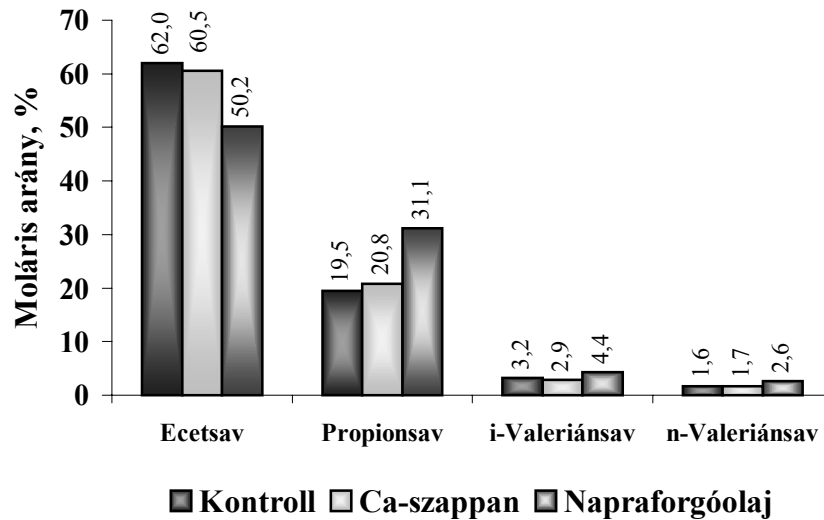
**Ca-szappan és kezeletlen napraforgóolaj
hatása a bendőfolyadék néhány paraméterére
(Mintavétel etetés előtt)**

	Kontroll	Ca-szappan	Napraforgó- olaj
pH	6,81±0,25 ^a	6,83±0,19 ^a	7,24±0,28 ^b
NH ₃ (mmol/l)	3,22±2,09 ^a	4,63±1,87 ^b	2,58±0,64 ^a
KNO ₂ red. 0,2 ml (perc)	3,50±1,12 ^a	4,08±4,41 ^a	8,00±3,32 ^b
KNO ₂ red. 0,5 ml (perc)	7,53±3,32 ^a	9,75±2,63 ^b	21,54±12,10 ^c
KNO ₂ red. 0,7 ml (perc)	10,50±5,52 ^a	12,96±3,40 ^b	27,17±13,45 ^c
Összes illózsírsav (mmol/l)	83,30±17,99 ^a	90,77±14,09 ^a	56,37±14,48 ^b
Ecetsav (mmol/l)	51,62±9,33 ^a	54,95±8,33 ^a	28,31±8,16 ^b
Propionsav (mmol/l)	16,20±4,05 ^a	18,90±2,97 ^b	17,55±4,45 ^{ab}
Ecetsav : Propionsav	3,19±0,42 ^a	2,91±0,26 ^b	1,61±0,42 ^c
i-Vajsav (mmol/l)	1,25±0,23 ^a	1,36±0,23 ^a	0,91±0,23 ^b
n-Vajsav (mmol/l)	10,22±3,75 ^a	11,35±2,50 ^a	5,68±1,82 ^b
i-Valeriánsav (mmol/l)	2,64±0,98 ^a	2,64±0,39 ^a	2,45±1,08 ^a
n-Valeriánsav (mmol/l)	1,37±0,88 ^a	1,57±0,39 ^a	1,47±0,88 ^a

a,b,c: Vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelzett értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($p \leq 0,05$).

3. ábra

**Néhány illózsírsav moláris arányának
alakulása az 1. kísérletben
(Mintavétel etetés előtt)**



Megfigyeltük vizsgálataink során azt is, hogy a kísérleti szakaszokban kissé emelkedett a valeriánsav koncentrációja a bendőben, bár a különbség nem szignifikáns mértékű. Ezzel szemben moláris aránya kezeletlen zsír adagolásakor szembetűnően növekedett. Utóbbi változás nemcsak a n-, hanem az izo-valeriánsav esetében is tapasztalható (3. ábra).

A Ca-szappannal végzett kiegészítés nem volt hatással a bendőfolyadék pH-értékére, ugyanakkor a kezeletlen napraforgóolaj adagolásakor jelentősen – mintegy 0,43 egységgel – emelkedett a pH-érték a bendőben.

21. táblázat

**Ca-szappan és kezeletlen napraforgóolaj
hatása a bendőfolyadék néhány paraméterére**
(Mintavétel etetés után 3 órával)

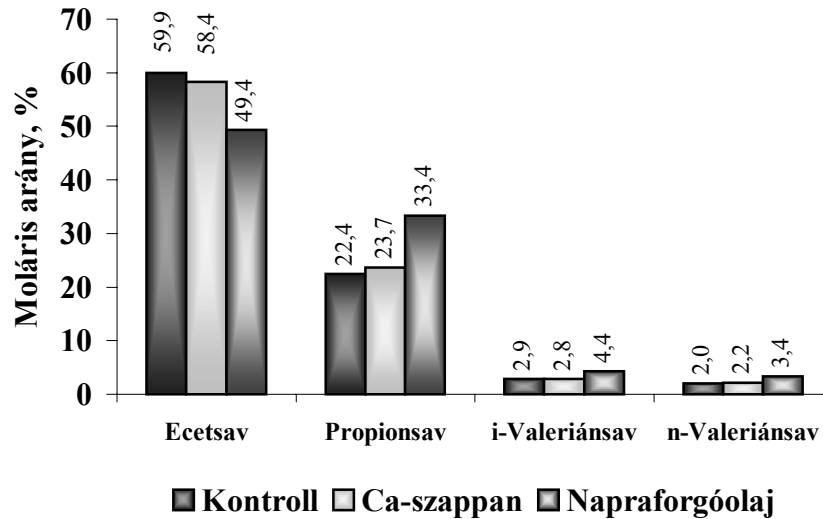
	Kontroll	Ca-szappan	Napraforgó- olaj
pH	6,47±0,20 ^a	6,47±0,17 ^a	6,71±0,30 ^b
NH ₃ (mmol/l)	3,21±2,07 ^a	4,07±2,61 ^a	0,69±0,28 ^b
KNO ₂ red. 0,2 ml (perc)	3,13±0,48 ^a	3,92±1,29 ^b	9,13±5,77 ^c
KNO ₂ red. 0,5 ml (perc)	6,00±1,39 ^a	8,13±2,74 ^b	21,67±12,11 ^c
KNO ₂ red. 0,7 ml (perc)	8,34±2,31 ^a	11,71±3,96 ^b	27,83±12,90 ^c
Összes illózsírsav (mmol/l)	108,38±10,82 ^a	114,16±11,96 ^a	80,95±18,27 ^b
Ecetsav (mmol/l)	64,95±6,49 ^a	66,61±6,49 ^a	39,97±10,66 ^b
Propionsav (mmol/l)	24,30±3,24 ^a	27,00±3,51 ^b	27,00±5,13 ^b
Ecetsav : Propionsav	2,67±0,32 ^a	2,47±0,30 ^b	1,48±0,35 ^c
i-Vajsav (mmol/l)	1,36±0,23 ^a	1,25±0,23 ^a	0,91±0,23 ^b
n-Vajsav (mmol/l)	12,49±2,38 ^a	13,62±1,93 ^a	6,81±2,50 ^b
i-Valeriánsav (mmol/l)	3,13±0,88 ^a	3,23±0,88 ^a	3,52±1,27 ^a
n-Valeriánsav (mmol/l)	2,15±0,59 ^a	2,45±0,69 ^a	2,74±1,37 ^a

a,b,c: Vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelzett értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($p \leq 0,05$).

Az etetés mind a kontroll szakaszban, mind pedig Ca-szappan adagolásakor kedvező hatással volt a mikrobiális aktivitásra. Ha ugyanezt a zsírmennyiséget olaj formájában tartalmazta a takarmányadag, etetést követően nem vált élénkebbé a mikrobás fermentáció a bendőben, sőt alacsony nitritkoncentráció esetén aktivitás-csökkenés tapasztalható.

4. ábra

Néhány illózsírsav moláris arányának alakulása az 1. kísérletben
(Mintavétel etetés után 3 órával)



Etetés után megnövekedett ugyan az illózsírsavak koncentrációja a bendőfolyadékban, de az egyes kezelések között kialakult arányok lényegesen nem változtak meg.

A kezeletlen napraforgóolaj hatására bekövetkezett pH-érték emelkedés kevésbé volt kifejezett, mint az etetés előtti mintákban (0,43 helyett itt csak 0,24 egység), de ez a különbség is szignifikáns mértékűnek bizonyult.

Napraforgóolaj adagolásakor igen jelentősen, relatíve mintegy 78,5%-kal csökkent a bendőfolyadék ammóniatartalma. Bár ez a jelenség

az etetés előtti mintákban is megfigyelhető, de a csökkenés mértéke ott jóval kisebb (relatív 19,9 %) és nem szignifikáns.

3.3.2.2. Eltérő zsírsav-összetételű Ca-szappanok hatása a bendőfermentációra (2. kísérlet)

A Ca-szappan zsírsav-összetételének a bendőfermentációra gyakorolt hatását három eltérő zsírsav-összetételű Ca-szappannal, bendő- és duodenum kanülözött növendékbikákkal végzett kísérletek keretében vizsgáltuk. A három vizsgált Ca-szappan közül kettő (Profat és a napraforgó zsírsavpárlatból készült Ca-szappan) jelentős mértékben különbözött egymástól zsírsav-összetétel tekintetében. A kísérlet eredményeit a 22. és 23. táblázatban foglaltam össze, illetve az 5. és 6. ábrán szemléltetem.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a zsíriegésztés nélküli, kontroll takarmányadaghoz viszonyítva valamennyi készítmény kismértékben csökkentette a bendőfolyadék mikrobiális aktivitását. A napraforgó zsírsavpárlatból előállított Ca-szappan – amely a legtöbb telítetlen zsírsavat tartalmazta – a másik két szappannál kifejezettebben gátolta a bendőmikrobák működésére, bár a különbség ez esetben sem volt szignifikáns mértékű.

A készítmények telítetlen zsírsavhányadának növekedésével a bendőfolyadék összes illózsírsav-tartalma csökkenő tendenciát mutatott, de szignifikáns különbségek nem alakultak ki az egyes készítmények között.

22. táblázat

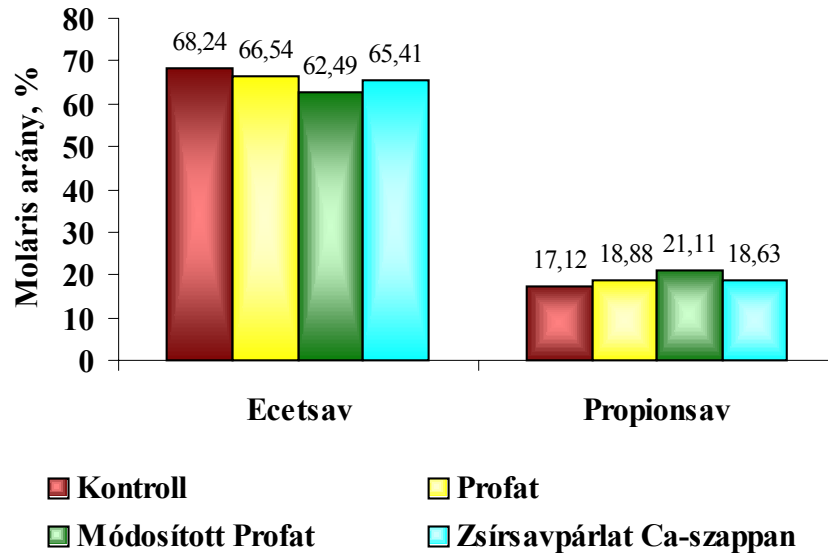
**Eltérő zsírsav-összetételű Ca-szappanok
hatása a bendőfolyadék néhány paraméterére
(Mintavétel etetés előtt)**

	Kontroll	Profat	Módosított Profat	Napraforgó zsírsavpárlat Ca-szappan
pH	6,59±0,15 ^a	6,36±0,10 ^b	6,25±0,38 ^{ab}	6,41±0,37 ^{ab}
NH ₃ (mmol/l)	2,56±1,35 ^a	2,61±1,56 ^a	3,85±1,59 ^a	3,54±1,76 ^a
KNO ₂ red. 0,2 ml (perc)	4,00±1,07 ^a	5,00±0,00 ^b	4,25±1,49 ^{ab}	5,63±2,07 ^{ab}
KNO ₂ red. 0,5 ml (perc)	10,13±2,59 ^a	10,38±1,69 ^a	10,50±2,27 ^a	12,75±3,65 ^a
KNO ₂ red. 0,7 ml (perc)	14,88±2,17 ^a	15,13±3,09 ^a	15,00±2,07 ^a	17,88±4,55 ^a
Összes illózsírsav (mmol/l)	102,49±15,25 ^a	100,11±8,76 ^a	95,93±19,50 ^a	94,20±21,40 ^a
Ecetsav (mmol/l)	69,94±9,99 ^a	66,61±6,66 ^a	59,95±13,32 ^a	61,62±11,66 ^a
Propionsav (mmol/l)	17,55±2,70 ^a	18,90±4,05 ^a	20,25±5,40 ^a	17,55±5,40 ^a
i-Vajsav (mmol/l)	1,25±0,11 ^a	1,25±0,11 ^a	1,25±0,45 ^a	1,14±0,23 ^a
n-Vajsav (mmol/l)	10,22±2,27 ^a	10,22±2,27 ^a	11,35±4,54 ^a	11,35±3,41 ^a
i-Valeriánsav (mmol/l)	2,55±0,69 ^a	1,96±0,49 ^{ab}	2,15±0,59 ^{ab}	1,66±0,49 ^b
n-Valeriánsav (mmol/l)	0,98±0,49 ^a	1,17±0,88 ^a	0,98±0,39 ^a	0,88±0,49 ^a

a, b: Vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($p \leq 0,05$).

5. ábra

Az ecetsav és a propionsav moláris arányának alakulása a 2. kísérletben (Mintavétel etetés előtt)



A bendőfolyadék ecetsavtartalma kismértékben csökkent, propionsav-tartalma pedig – egy kezelés kivételével – nőtt a kontrollhoz képest, de a változások nem szignifikáns mértékűek. Az említett illózsírsavak moláris arányát kiszámolva sem tapasztalunk jelentős eltéréseket a kezelések között (5. ábra).

A napraforgó zsírsvárpárlatból készített (legtelítetlenebb) Ca-zsappan etetése szignifikáns mértékben csökkentette a bendőfolyadék izo-valeriánsav tartalmát.

Kísérletünkben a bendőfolyadék pH-értékének alakulása nem volt szinkronban az összes illózsírsav-tartalommal. A Ca-szappannal végzett kiegészítés – főleg a telítettebb készítmények esetében – kismértékben csökkentette a bendőfolyadék pH-értékét.

A kísérlet valamennyi szakaszára jellemző, hogy etetést követően élénkebbé vált a mikrobás fermentáció a bendőben. A vizsgált Ca-szappanok gyakorlatilag nem voltak hatással a bendőfolyadék mikrobiális aktivitására.

A Profat nevű készítmény – amely a legkevesebb telítetlen zsírsavat tartalmazta – nem befolyásolta negatívan sem az ecetsav, sem pedig az összes illózsírsav koncentrációját a bendőben. A Profatnál telítetlenebb Ca-szappanok esetében továbbra is megfigyelhető a bendőfolyadék ecetsav-, valamint összes illózsírsav tartalmának esökkenő tendenciája.

A kontrollhoz képest mindhárom Ca-szappan etetése növelte a bendőfolyadék n-vajsavtartalmát. A különbség a legtelítetlenebb készítmény kivételével szignifikáns mértékű.

Hasonlóan az etetés előbbi állapothoz, a legtelítetlenebb Ca-szappan szignifikánsan csökkentette az izo-valeriánsav koncentrációját a bendőben. Etetés után a kísérlet valamennyi szakaszában csökkent a bendőfolyadék pH-értéke. Legalacsonyabb értékeket a Profat és a módosított Profat, legmagasabbat pedig a napraforgó zsírsavpárlatból készült Ca-szappan esetében mértük. A különbségek nem szignifikáns mértékűek.

23. táblázat

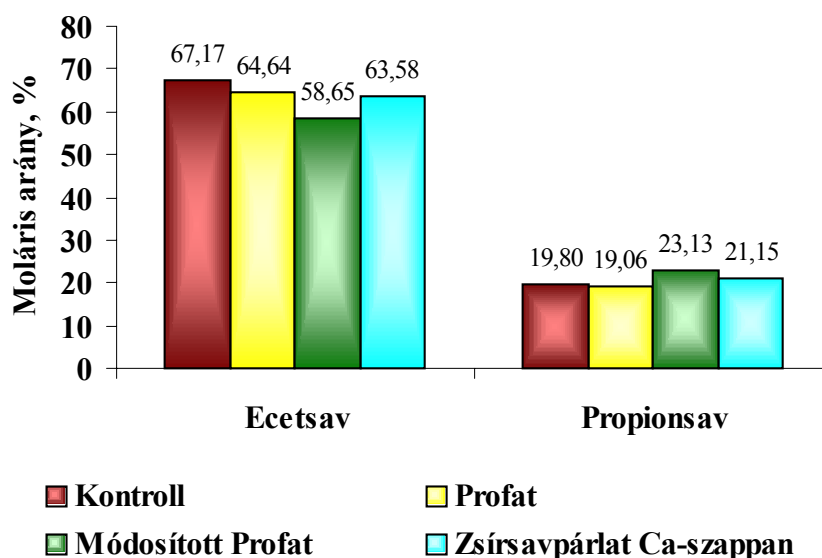
**Eltérő zsírsav-összetételű Ca-szappanok
hatása a bendőfolyadék néhány paraméterére
(Mintavétel etetés után 3 órával)**

	Kontroll	Profat	Módosított Profat	Napraforgó zsírsavpárlat Ca-szappan
pH	6,17±0,20 ^a	5,96±0,25 ^a	5,95±0,23 ^a	6,21±0,31 ^a
NH ₃ (mmol/l)	2,52±1,77 ^a	2,69±2,29 ^a	4,25±2,11 ^a	3,45±1,77 ^a
KNO ₂ red. 0,2 ml (perc)	3,50±0,93 ^a	3,50±0,93 ^a	3,50±0,93 ^a	3,50±0,93 ^a
KNO ₂ red. 0,5 ml (perc)	7,13±2,70 ^a	7,63±2,13 ^a	7,50±1,69 ^a	7,50±3,16 ^a
KNO ₂ red. 0,7 ml (perc)	9,88±3,44 ^a	11,00±2,88 ^a	10,38±3,16 ^a	10,13±4,26 ^a
Összes illózsírsav (mmol/l)	109,08±20,48 ^a	113,35±18,08 ^a	105,06±21,98 ^a	102,15±15,93 ^a
Ecetsav (mmol/l)	73,27±18,31 ^a	73,27±9,99 ^a	61,62±14,99 ^a	64,95±9,99 ^a
Propionsav (mmol/l)	21,60±2,70 ^a	21,60±5,40 ^a	24,30±2,70 ^a	21,60±2,70 ^a
i-Vajsav (mmol/l)	1,02±0,11 ^a	1,14±0,34 ^a	1,25±0,45 ^a	1,02±0,11 ^a
n-Vajsav (mmol/l)	9,08±2,27 ^a	13,62±4,54 ^b	14,76±4,54 ^b	11,35±3,41 ^{ab}
i-Valeriánsav (mmol/l)	2,64±0,98 ^a	2,25±0,69 ^{ab}	2,15±0,78 ^{ab}	1,86±0,29 ^b
n-Valeriánsav (mmol/l)	1,47±0,39 ^a	1,47±0,69 ^a	0,98±0,59 ^a	1,37±0,49 ^a

a, b: Vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($p \leq 0,05$).

6. ábra

Az ecetsav és a propionsav moláris arányának alakulása a 2. kísérletben
(Mintavétel etetés után 3 órával)



3.3.2.3. Nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappan hatása a bendőfermentációra (3.kísérlet)

Egy későbbiekben tárgyalásra kerülő üzemi kísérletben lenolajból készített Ca-szappant is etettünk azzal a céllal, hogy a tejsírban növeljük a linolénsav részarányát. Az üzemi kísérletet megelőzően egy bendő-, valamint duodenum kanülözött növendékbikákkal végzett kísérletben vizsgáltuk, hogy a nagy telítetlen zsírsavhányadú lenolajból előállított Ca-szappan etetése milyen hatást gyakorol a bendőfermentációra. A kísérletek eredményeit a 24. és 25. táblázatok tartalmazzák, valamint a 7. és 8. ábrák szemléltetik.

24. táblázat

**Lenolaj alapú Ca-szappan hatása a
bendőfolyadék néhány paraméterére**
(Mintavétel etetés előtt)

	Kontroll	Lenolaj alapú Ca-szappan
pH	6,58±0,23	6,55±0,20 NS
NH ₃ (mmol/l)	5,24±1,03	4,64±0,80 *
KNO ₂ red. 0,2 ml (perc)	4,00±1,32	5,33±1,52 **
KNO ₂ red. 0,5 ml (perc)	7,88±2,89	10,04±3,07 *
KNO ₂ red. 0,7 ml (perc)	10,33±3,86	12,58±3,12 *
Összes illózsírsav (mmol/l)	90,07±22,66	95,58±11,42 NS
Ecetsav (mmol/l)	58,49±14,00	61,96±8,17 NS
Propionsav (mmol/l)	15,30±3,75	16,89±2,63 NS
Ecetsav : Propionsav	3,82±0,47	3,67±0,70 NS
i-Vajsav (mmol/l)	1,48±0,41	1,39±0,20 NS
n-Vajsav (mmol/l)	11,87±4,15	11,73±2,38 NS
i-Valeriánsav (mmol/l)	1,78±0,66	2,41±0,74 **
n-Valeriánsav (mmol/l)	1,15±0,37	1,20±0,39 NS

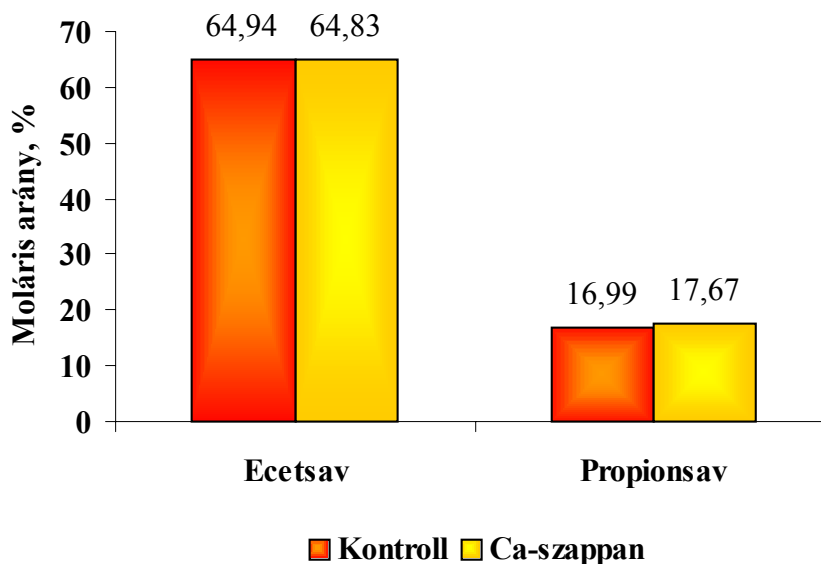
* $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$

Mint látható, a Ca-szappan etetése valamennyi nitrit-koncentráció esetén szignifikáns mértékben csökkentette a bendőfolyadék mikrobiális aktivitását.

Ennek ellenére sem az összes illózsírsav, sem pedig az ecetsav koncentrációjára gyakorolt negatív hatás nem mutatható ki. A bendőfolyadék propionsav-tartalma a szappan etetésekor kismértékben növekedett, aminek következtében szűkült az ecetsav-propionsav arány. Utóbbi változások azonban a kontrollhoz képest nem szignifikáns mértékűek. Az ecetsav és a propionsav moláris részaránya gyakorlatilag változatlan maradt a kontroll szakaszhoz viszonyítva (7. ábra).

7. ábra

**Az ecetsav és a propionsav moláris arányának alakulása a 3. kísérletben
(Mintavétel etetés előtt)**



Ellentétben az előző kísérlettel, a Ca-szappan etetése szignifikánsan növelte az izo-valeriánsav koncentrációját a bendőben.

A zsírkiegészítés gyakorlatilag nem volt hatással a bendőfolyadék pH-értékére, ugyanakkor szignifikáns mértékben csökkentette annak ammónia-tartalmát.

Az etetés után vett mintákban ugyancsak megfigyelhető a készítmény mikrobaműködésre kifejtett kedvezőtlen hatása, bár az aktivitás-csökkenés csak nagy nitrit-koncentráció esetén bizonyult szignifikáns mértékűnek.

25. táblázat

**Lenolaj alapú Ca-szappan hatása
a bendőfolyadék néhány paraméterére
(Mintavétel etetés után 3 órával)**

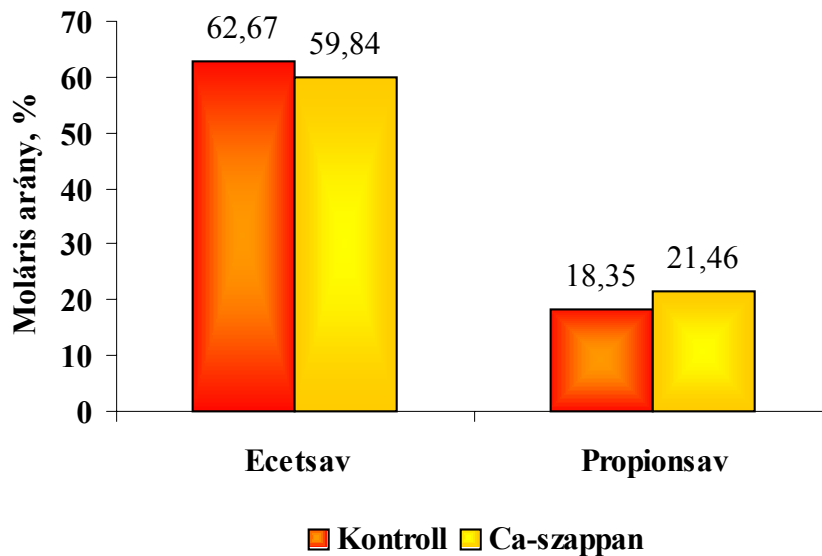
	Kontroll	Lenolaj alapú Ca-szappan
pH	6,01±0,26	6,02±0,19 NS
NH ₃ (mmol/l)	5,56±1,65	4,82±1,51 NS
KNO ₂ red. 0,2 ml (perc)	3,78±1,17	4,00±1,20 NS
KNO ₂ red. 0,5 ml (perc)	6,13±2,20	7,05±2,28 NS
KNO ₂ red. 0,7 ml (perc)	7,14±2,54	9,15±2,13 **
Összes illózsírsav	112,49±19,22	115,35±25,08 NS
Ecetsav (mmol/l)	70,50±13,83	69,03±16,01 NS
Propionsav (mmol/l)	20,64±3,59	24,75±5,38 **
Ecetsav : Propionsav	3,42±0,42	2,79±0,51 ***
i-Vajsav (mmol/l)	1,59±0,29	1,41±0,30 *
n-Vajsav (mmol/l)	15,04±3,45	14,85±4,30 NS
i-Valeriánsav (mmol/l)	2,69±0,84	3,25±0,91 **
n-Valeriánsav (mmol/l)	2,03±0,60	2,06±0,63 NS

* $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$

Hasonlóan az etetés előtti állapothoz, Ca-szappan etetésekor nem csökkent sem az összes illózsírsav, sem pedig az ecetsav koncentrációja a bendőfolyadékban, bár az ecetsav moláris aránya tendencia jelleggel kisebb volt (8. ábra).

8. ábra

Az ecetsav és a propionsav moláris arányának alakulása a 3. kísérletben
(Mintavétel etetés után 3 órával)



A propionsav-tartalom növekedése etetést követően szignifikáns mértékű volt, aminek eredményeként a bendőfolyadék ecetsav-propionsav aránya ugyancsak szignifikánsan szűkült.

Az etetés előtti minták eredményeivel megegyezően Ca-szappan adagolásakor több izo-valeriánsav termelődött a bendőben.

A bendőfolyadék ammónia tartalmának csökkenése etetés után is tapasztalható, de a különbség nem szignifikáns mértékű.

Mindhárom tárgyalt kísérletben megfigyelhető volt, hogy a nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappanok kismértékben csökkentik a

bendőfolyadék mikrobiális aktivitását. Ez a készítmények gyengébb bendőbeli stabilitásával magyarázható. A Ca-szappanok hidrolíziséből származó, többszörösen telítetlen zsírsavak károsan befolyásolják a bendőmikrobák működését (Henderson, 1971, Harfoot, 1981, Maczulak és mtsai, 1981). Mint az 1. kísérlet eredményeiből látható, a Ca-szappan mikrobaműködést mérséklő hatása messze elmarad a kezeletlen növényi olaj depresszív hatásától. Ezt Franulic és mtsai (2000) vizsgálatai is alátámasztják. Az olaj formájában történő zsírkiegészítés – hasonlóan a mi eredményeinkhez – Wachira és mtsai (2000) kísérleteiben ugyancsak csökkentette a bendőfolyadék mikrobiális aktivitását. A kísérletük során lenolajat, halolajat, illetve a kettő keverékét etették bendőkanülözött juhokkal, 60 g olaj/kg takarmány szárazanyag dózisban.

A bendőfolyadék összes illózsírsav- és ecetsav koncentrációjának csökkenése, amely kezeletlen olaj etetésekor tapasztalható volt (1. kísérlet), 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 összes illózsírsav- és ecetsavtartalom csökkenésének másik oka, hogy a zsírok – főleg ha azok sok telítetlen zsírsavat tartalmaznak – vékony, filmszerű réteggel vonják be a takarmányrészecskéket 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 Vágyhegyi, 1992, Várhegyi, 1993).

A zsírkiegészítésnek a bendőfolyadék illózsírsav tartalmára gyakorolt hatásával kapcsolatos kísérleti eredményeink jól egyeznek a témába vágó hazai és nemzetközi irodalom adatainak többségével. Így Doreau és mtsai (1990) is a bendőfolyadék ecetsav koncentrációjának csökkenését figyelték meg, amikor zsírral egészítették ki a tehének takarmányát. Sipőcz (2000) vizsgálatai során 30%-kal csökkent a bendőfolyadék ecetsavtartalma, amikor a növendékbikák takarmányát a szárazanyag 7,2%-ának megfelelő mennyiségű kezeletlen zsírral (sertészsír és napraforgóolaj 50-50%-os keveréke) egészítette ki.

Az említett kísérleti eredményekkel ellentétben Szumacher-Strabel és mtsai (1998) kísérletében – amelyben bendőkanülözött kosokkal repceolajat etettek – az ecetsav koncentrációja nem változott a kontroll szakaszhoz képest.

Az 1. kísérletünk során a bendőfolyadék ecetsavtartalma mellett annak vajsavtartalma is csökkent a kezeletlen növényi olaj etetésének következményeként. Szumacher-Strabel és mtsai (1998) említett kísérletükben szintén a vajsav-koncentráció csökkenését tapasztalták kezeletlen repceolaj etetésekor. Vizsgálatainkban a Ca-szappanok adagolása nem csökkentette a bendőfolyadék vajsavtartalmát.

A zsírkiegészítéssel végzett kísérletek többségében – hasonlóan, mint a mi vizsgálataink során (1. és 3. kísérlet) – a kiegészítés hatására növekedett a bendőfolyadékban a propionsav részaránya. Plascencia és mtsai (1999) a szárazanyag 4%-ának megfelelő mennyiségű zsírt etettek tejjelő tehennel, gőzzel pelyhesített kukoricán, illetve lucernaszénán elosztatva. A kísérlet során növekedett a propionsav moláris részaránya a bendőfolyadékban. Megnövekedett propionsav tartalomról számolnak be

Wachira és mtsai (2000) is, amikor bendőkanülőzött juhoknak halolajat adagoltak. Choi és mtsai (1999) tejelő tehenekkel végzett kísérleteiben Ca-szappan adagolásakor is növekedett a propionsav koncentráció a bendőben. Sipőcz (2000) kísérletében a sertészsírból és napraforgóolajból álló zsírkiegészítés ugyancsak növelte a bendőfolyadék propionsav koncentrációját.

Első kísérletünk során a kezeletlen zsírból álló kiegészítés nagyobb mértékben emelte a propionsav moláris arányát a bendőben, mint a Ca-szappan adagolása. Ezt Fébel és mtsai (2004) vizsgálatai is alátámasztják.

A zsírkiegészítés propionsav koncentrációra gyakorolt hatásának feltehetően az lehet az alapja, hogy a propionsavat termelő baktériumok kevésbé érzékenyek a telítetlen zsírsavak negatív hatásaira, mint az ecetsavtermelők (White és mtsai, 1958, Henderson, 1973).

Fébel és mtsai (2004) különböző zsírkészítmények etetésekor a propionsav mellett a valeriánsav moláris arányának növekedését is megfigyelték. Ezt a változást mi is tapasztaltuk az 1. kísérletünkben, kezeletlen napraforgóolaj adagolását követően.

Magdus (1991) az izo-valeriánsav koncentrációjának növekedését állapította meg juhokban, kezeletlen állati zsír etetése során. Harmadik kísérletünkben védett zsír (Ca-szappan) adagolásakor is előfordult a bendőfolyadék izo-valeriánsav tartalmának növekedése, míg a 2. kísérletben nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappan etetésekor az izo-valeriánsav koncentráció csökkenését figyeltük meg.

A takarmányadag Ca-szappannal történő kiegészítése az 1. és 3. kísérletünkben nem volt hatással a bendőfolyadék pH-értékére, a 2. kísérletben pedig tendencia jelleggel kissé csökkentette azt. Ezzel

szemben kezeletlen napraforgóolaj adagolásakor (1. kísérlet) jelentősen emelkedett a pH-érték a bendőben, ami a lecsökkent ecetsavtartalomra vezethető vissza.

Heller (1995), Allam és mtsai (1999), valamint Cai QingHe és mtsai (2001) védett zsírok etetésekor is tapasztalták a bendőfolyadék pH-értékének emelkedését. Ezzel szemben Yildiz (1990), Ammann (1991), valamint Drochner és Yildiz (1999) kísérleteikben csökkent a bendőfolyadék pH-értéke, amikor az állatok takarmányadagját Ca-szappannal egészítették ki.

Kezeletlen zsír adagolását követően – hasonlóan 1. kísérletünk eredményeinkhez – Sipőcz (2000) is a pH-érték emelkedését figyelte meg. Fébel és mtsai (2004) kísérletében kezeletlen szójaolaj etetésének hatására ugyancsak növekedett a bendőfolyadék pH-értéke, bár a növekmény nem volt szignifikáns.

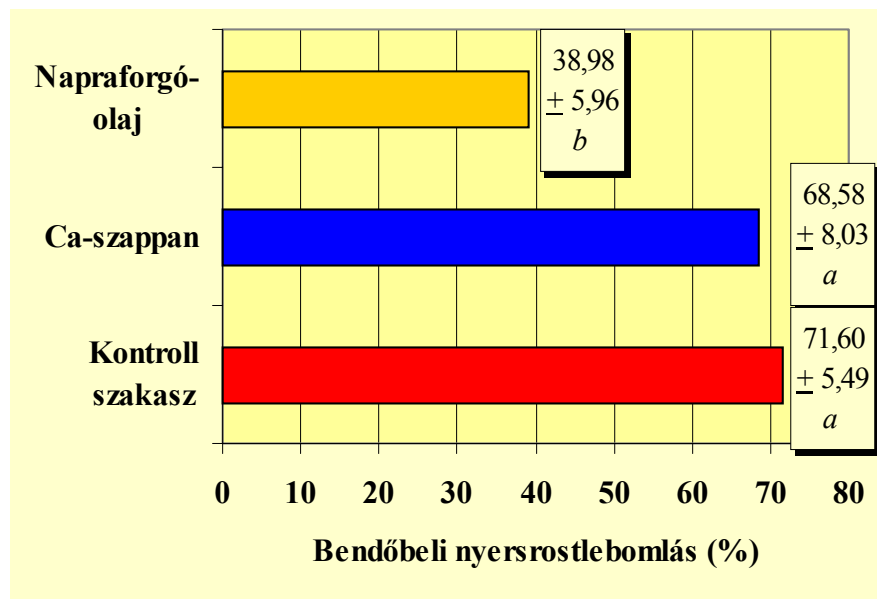
A bendőfolyadék ammónia tartalmának nagymértékű csökkenését Sipőcz (2000) is megfigyelte, amikor az állatok takarmányadagját védetlen zsírral egészítette ki. A Ca-szappanok etetése vizsgálatainkban nem volt lényeges hatással a bendőfolyadék ammónia tartalmára, némely kísérletben azonban védett zsírok adagolását követően is előfordult az ammónia koncentrációjának csökkenése bendőben (Yildiz, 1990, Brinkmann és Abel, 1993, Kim és mtsai, 1993, Demeterová és mtsai, 2002, Fébel és mtsai, 2004). Ennek lehetséges okára az Irodalmi áttekintés 2.5.4. fejezetében utaltam. Az említett eredményekkel szemben ismertek olyan kísérleti beszámolók is, melyek szerint a halolaj adagolása növelte a bendőfolyadék ammónia-tartalmát (Keady és Mayne, 1999, Kook és mtsai, 2002).

3.3.2.4. Zsírok hatása a nyersrost bendőbeli lebomlására

Az 1. illetve a 3. kísérlet során azt is vizsgálatuk, hogy a takarmányadag különféle zsírokkal történő kiegészítése milyen mértékben befolyásolja a nyersrost bendőbeli lebomlásának mértékét. A vizsgálatok eredményeit a 9. és 10. ábrák mutatják be.

9. ábra

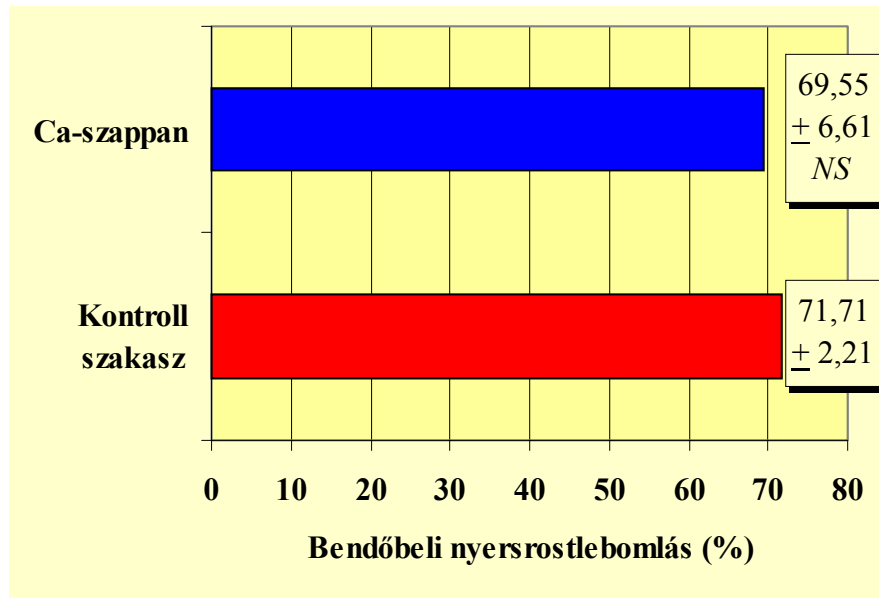
**Különböző kémiai formájú zsírok hatása
a nyersrost bendőbeli lebomlására
(1. kísérlet)**



a, b: A különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($p \leq 0,05$).

10. ábra

**Lenolaj alapú Ca-szappan hatása
a nyersrost bendőbeli lebomlására
(3. kísérlet)**



Mint látható, a két Ca-szappan etetése gyakorlatilag nem volt hatással a nyersrost bendőbeli lebomlásának mértékére, annak ellenére sem, hogy túlnyomórészt telítetlen zsírsavakat tartalmaztak.

Ha ugyanezt a zsírmennyiséget kezeletlen napraforgóolaj formában tartalmazta a takarmányadag, igen jelentősen, relatíve mintegy 46%-kal csökkent a nyersrost bendőbeli lebomthatósága. A rostemesztésben bekövetkező depresszió mértéke nemcsak a kontroll-, hanem a Ca-szappanos szakaszhoz viszonyítva is jelentősnek (43 relatív %) és egyúttal szignifikánsnak ($p \leq 0,05$) bizonyult.

A bendőfolyadék ecetsavtartalmának alakulása mindkét kísérletben alátámasztja a kapott eredményeket. Ca-szappan adagolásakor ugyanis nem csökkent az ecetsav koncentráció a bendőben, ugyanakkor a kezeletlen napraforgóolaj hatására jelentős mértékben visszaesett a bendőfolyadék ecetsavtartalma. Az olajtetési szakaszban az etetés előtt vett minták relatíve 45%-kal, az etetés utániak pedig 38%-kal tartalmaztak kevesebb ecetsavat a kontroll szakasz megfelelő mintáinál (lásd 20. és 21. táblázat).

A nyersrostlebonlás visszaeséséhez – az olaj burkoló hatása mellett – nagyban hozzájárult az is, hogy a kezeletlen zsírral végzett kiegészítés erőteljesen csökkentette a mikrobiális aktivitást a bendőben. Ezt ugyancsak a 20. és 21. táblázatok adatai igazolják.

Eredményeinkkel megegyezően, a Ca-szappan adagolás Kövessy és mtsai (1987), valamint Gonzalez és mtsai (1998) kísérleteiben sem befolyásolta számottevően a nyersrost, illetve az egyes rostfrakciók lebonthatóságát. Ezzel szemben Cai QingHe és mtsai (2001) Ca-szappan etetésekor is tapasztalták az NDF és ADF emészthetőségének csökkenését. Brinkmann és Abel (1993) bendőfisztulás juhokkal végzett vizsgálatai során Ca-szappan adagolását követően szignifikánsan csökkent a celluláz aktivitása a bendőben. Egy másik kísérletükben az NDF és ADF emészthetősége – nem kanulözött állatokon vizsgálva – gyakorlatilag változatlan maradt kontrollhoz képest.

A takarmányadag kezeletlen zsírokkal történő kiegészítése a kísérletek túlnyomó többségében csökkentette a nyersrost, vagy valamelyik rostfrakció lebonthatóságát (Magdus, 1991, Kaszás és mtsai, 1992, Várhegyiné és Várhegyi, 1992, Várhegyi, 1993, Dohme és mtsai,

2000, Wettstein és mtsai, 2000). Az említett kísérleti eredményekkel ellentétben Rohr és mtsai (1978) a nyersrost bendőbeli lebomlásának növekedését figyelték meg szójaolajjal végzett kiegészítést követően. Hasonló eredményekről számolnak be Palmquist és Conrad (1980) is az ADF vonatkozásában. Az ellentmondó kísérleti eredmények lehetséges okaira az Irodalmi áttekintés 2.5.1. fejezetében kitértem.

3.3.3. Az üzemi kísérletek eredményei

3.3.3.1. Lenolaj alapú Ca-szappan etetésének hatása a tej összetételére

A kísérlet során azt kívántuk vizsgálni, hogy lehetséges-e a kiemelkedően sok (51,46%) linolénsavat tartalmazó lenolajból készült Ca-szappan etetésével a tejsír linolénsav-tartalmát növelni.

A tej összetételének alakulásával kapcsolatos adatok a 26. táblázatban, a tejsír zsírsav-összetételére vonatkozó eredmények pedig a 27. táblázatban találhatók meg, illetve a 11. és 12. ábrán láthatók.

26. táblázat

Lenolaj alapú Ca-szappan etetésének hatása a tej összetételére

		Kontroll	Kísérleti
		csoport	
Tejsír	% (m/V)	3,58±0,54	2,42±0,54 ***
Tejfehérje	% (m/V)	3,39±0,28	3,05±0,20 ***
Tejcukor	% (m/V)	4,91±0,20	4,86±0,21 *

* $p \leq 0,05$, *** $p \leq 0,001$

27. táblázat

**Lenolaj alapú Ca-szappan etetésének hatása
a tejsír zsírsav-összetételére**

Zsírsavak		Kontroll	Kísérleti
		csoport	
Laurinsav	C _{12:0}	5,51±0,77	2,78±0,49 ***
Mirisztinsav	C _{14:0}	14,74±1,65	10,79±1,23 ***
Palmitinsav	C _{16:0}	38,36±3,02	24,70±2,74 ***
Palmitoleinsav	C _{16:1-c9}	2,13±0,35	2,18±0,45 NS
Sztearinsav	C _{18:0}	8,97±1,45	8,99±2,20 NS
Elaidinsav	C _{18:1-t9}	0,47±0,12	1,21±0,27 ***
Olajsav	C _{18:1-c9}	18,42±3,31	24,11±3,42 ***
Linolsav	C _{18:2-c9,c12}	4,08±1,23	5,09±1,82 NS
CLA	C _{18:2-c9,t11}	0,25±0,03	1,09±0,20 ***
Linolénsav	C _{18:3-c9,c12,c15}	0,40±0,15	0,89±0,36 ***
Egyéb, nem azonosított zsírsavak		6,68±2,30	18,17±5,90 ***

*** $p \leq 0,001$

Mint látható, a kísérleti csoport teje valamennyi táplálóanyagból szignifikáns mértékben kevesebbet tartalmaz a kontroll csoport tejénél. Legnagyobb csökkenés a tejsír esetében figyelhető meg (1,16 abszolút %).

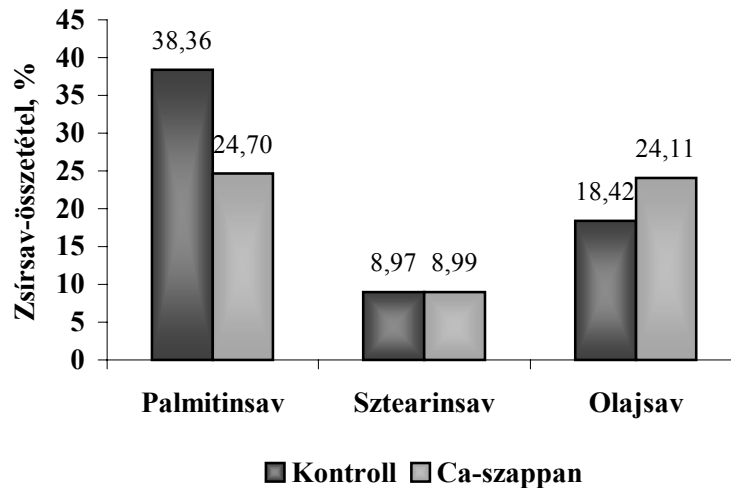
A vizsgált Ca-szappan a fisztulás állatokkal végzett modell kísérletek során sem a nyersrost bendőbeli lebomlását, sem a bendőfolyadék ecetsav tartalmát nem csökkentette, következésképpen a tejsírtartalom visszaesése más biológiai mechanizmus útján valósult meg.

Több szerző (Hagemeister és Kaufmann, 1979, Gaynor és mtsai, 1994, Baumgard és mtsai, 2000, Männer, 2002, Várhegyi és mtsai, 2004)

a többszörösen telítetlen zsírsavak biohidrogénezése során keletkező transz-izomerek hatására vezeti vissza a tej zsírtartalmának csökkenését.

11. ábra

A tejszír fontosabb zsírsavainak aránya az 1. üzemi kísérletben

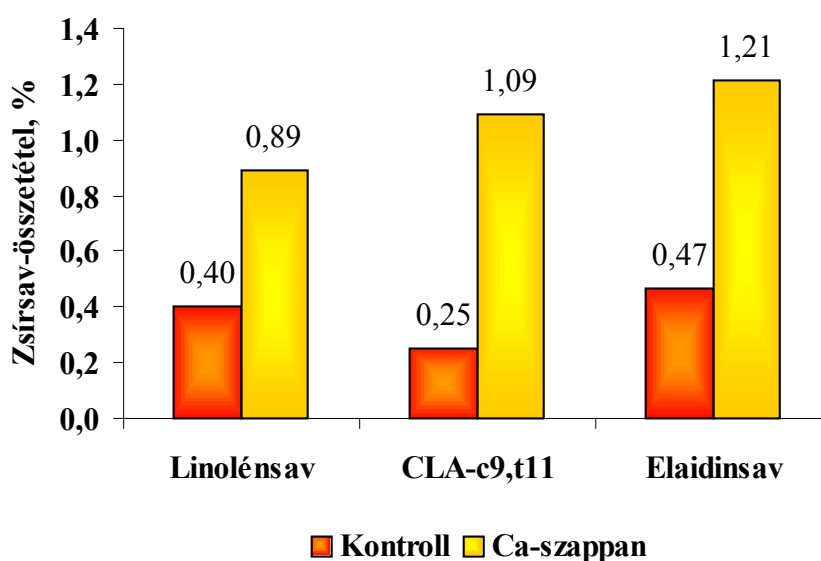


Kísérletünk során transz-vakcénsav (t11-C_{18:1}) sem a kontroll, sem pedig a Ca-szappant fogyasztó állatok tejszírjában nem volt kimutatható, ugyanakkor a c9,t11-CLA mennyisége a kísérleti csoport tejszírjában jelentősen nagyobb volt (a kontroll érték 4,4-szerese). Ennek az a magyarázata, hogy a bendőben keletkező transz-vakcénsav a kérődzők tejmirigyében deszaturáció útján c9,t11-CLA-vá alakul át (Hagemeister és Voigt, 2001). A konjugált linolsavak más típusai (t10,c12; c9-c11; t9,t11) mindkét csoport tejszírjában csak nyomokban voltak jelen. Griinari és Bauman (1999), valamint Padori (1999) vizsgálatai szerint ugyancsak a

c9,t11-CLA a legfontosabb konjugált linolsav a tejben és az összes CLA-tartalomnak majdnem 90%-át teszi ki. Elaidinsavat (t9-C_{18:1}) mind a kontroll, mind pedig a kísérleti csoport tejsírájában találtunk, de a kísérleti állatok tejsírájában mért érték lényegesen magasabb volt ($p \leq 0,001$).

12. ábra

A tejsír néhány telítetlen zsírsavának aránya az 1. üzemi kísérletben



A többi transz-C_{18:1} zsírsav (t7; t10; stb.) azonosításához nem álltak standard-ek rendelkezésünkre, ezért azok együttes mennyiségét "egyéb, nem azonosított" zsírsavként adtuk meg. Mivel a tejsír csak csekély mennyiségben tartalmaz páratlan szénatomszámú zsírsavakat, a nem azonosított zsírsavak többségét a bendőben végbemenő biohidrogénezés

intermedier vegyületei - transz-zsírsavak - adják. Ezt támasztja alá Hagemester és Voigt (2001) megfigyelése is, amely szerint zsíretetéskor úgy növekszik a tejsír transz-zsírsvartartalma, hogy közben az egyes transz-zsírsavak egymáshoz viszonyított aránya lényegesen nem változik meg. Vizsgálataik során valamennyi transz-zsírsvav koncentrációja kb. a kétszeresére emelkedett. Kísérletünkben az elaidinsav (t9-C_{18:1}) tartalom növekedése (2,6-szoros) jó egyezőséget mutat a nem azonosított zsírsavak mennyiségének emelkedésével (2,7-szeres).

Baumgard és mtsai (2000), valamint Männer (2002) véleménye szerint a tejsírtartalom csökkenésében legnagyobb szerepe a t10-C_{18:1} oktadecénsavnak van és nem a t11-C_{18:1} vakeénsavnak. Rindsig és Schultz (1974) vizsgálataiban napi 25 g tiszta elaidinsav (t9-C_{18:1}) adagolása nem volt hatással a tej zsírtartalmára. Az elaidinsavat 500 ml sáfrányolajhoz keverve, kanülön keresztül juttatták az állatok oltógyomrába. A kísérlet során 500 ml, elaidinsavat nem tartalmazó sáfrányolaj adagolása ugyancsak hatástalan volt a tejsírtartalomra. Gaynor és mtsai (1994) kísérletében napi 750 g transz-zsírsvavokban gazdag zsír felvétele szignifikáns mértékben, mintegy 0,86 abszolút %-kal csökkentette a tej zsírtartalmát. A vizsgált zsírkészítmény valamennyi transz-C_{18:1} izomert tartalmazta. Kisebb mértékű (0,18 abszolút %-os) tejsírscsökkenést abban az esetben is tapasztaltak, amikor ugyanazt a zsírmennyiséget csak cisz-zsírsvavakat tartalmazó zsír formájában kapták az állatok. Azért, hogy az etetett zsírok zsírsvav-összetétele a bendőben végbemenő biohidrogénezés következtében ne változzon meg, a zsírkiegészítést oltógyomor-kanülön keresztül végezték.

A fentiekből arra lehet következtetni, hogy a tej zsírtartalmának csökkenése a transz-zsírsavak jelenlétén kívül más okokra is visszavezethető. Több kísérletben igazolódott, hogy zsíretetéskor csökken a tőgyben *de novo* szintézissel előállított, közepes lánchosszúságú zsírsavak mennyisége (Faulkner és mtsai, 1981, Sutton, 1989, Banks és mtsai, 1990, Grummer és mtsai, 1991), amely csökkenést a takarmányadag megnövekedett C₁₈-tartalma nem tudja hatékonyan ellensúlyozni (Hagemeister és Voigt, 2001).

Kísérletünkben a tejszírtartalom csökkenése ellenére a Ca-szappant fogyasztó állatok teje literenként átlagosan 2,9-szer több konjugált linolsavat (c9,t11) és 1,6-szor több linolénsavat (ω -3) tartalmazott, mint a zsírkiegészítésben nem részesülő kontroll állatok teje. A linolsav (c9,c12) - linolénsav arány (ugyancsak g/l tej egységben számolva) 10,43-ról 5,59-re szűkült. Az említett változások, valamint az a tény, hogy csökkent a tejsírban a közepes lánchosszúságú, telített zsírsavak részaránya, a humán táplálkozás szempontjából igen kedvezőek.

Hátrányosnak ítélnélhető meg ugyanakkor a tejsír elaidinsav tartalmának növekedése, amit a zsír % csökkenése nem tudott ellensúlyozni (1 l kísérleti tej 1,7-szer több elaidinsavat tartalmazott, mint 1 l kontroll tej). Az elaidinsav (t9-C_{18:1}) és a t10-C_{18:1} oktadecénsav nagyobb mennyiségben fogyasztva káros élettani hatásokat fejthetnek ki - ami elsősorban a szív és érrendszerre irányul -, míg a t11-C_{18:1} vakkénsavnak nincs ilyen hatása (Willett és mtsai, 1993, Hodgson és mtsai, 1996). A tejsír telítetlen zsírsav- és CLA-tartalmának növelésekor arra kell tehát törekedni, hogy közben a t9-C_{18:1} és t10-C_{18:1} zsírsavak koncentrációját a lehető legalacsonyabb szinten tartsuk. A megoldást a

legeltetéses állattartás (Dhiman és mtsai, 1999), az optimális tömegtakarmány-abrak arány beállítása (Jiang és mtsai, 1996, Griinari és mtsai, 1998), illetve megfelelő védettségű növényi olajok etetése (Padori, 1997) jelenthetik.

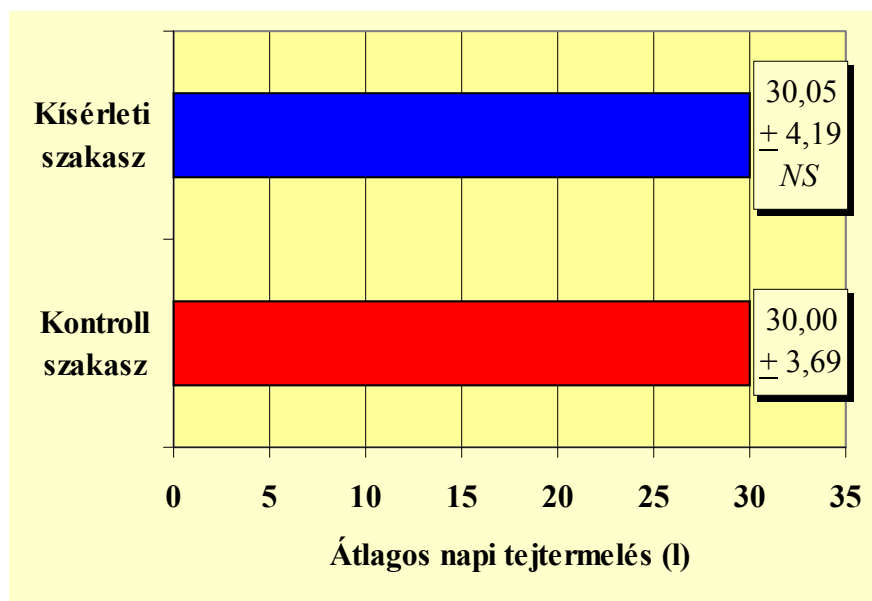
3.3.3.2. Napraforgó zsírsavpárlatból előállított Ca-szappan etetésének hatása a tejtermelésre és a tej összetételére

Kísérleti munkám során egy üzemi tejtermelési kísérletben azt is vizsgáltam, hogy a növényolajiparban melléktermékként keletkező napraforgó zsírsavpárlatból egylépcsős technológiával előállított Ca-szappan milyen eredménnyel használható fel a tejelő tehenek energiaellátásában. A tejtermelés alakulását a 13. ábra szemlélteti.

Megállapítható, hogy a tehenek átlagos napi tejtermelése a kontroll és a kísérleti időszakban gyakorlatilag azonos volt. Ez azzal magyarázható, hogy a kísérleti csoport takarmányadagjában lévő Ca-szappan eredményesen helyettesítette a napi adagból elvont takarmányokat. A Ca-szappan kiegészítést ugyanis nem többletként adtuk a kontroll takarmányadaghoz, hanem a kontroll szakaszban etetett abrak egy részének kiváltására használtuk fel. Ennek következtében az energia- és fehérjeellátás színvonala a kontroll és a kísérleti szakaszban azonos volt.

Eredményeinkkel megegyezően, a takarmányadag Ca-szappannal történő kiegészítése Schauff és Clark (1992), Elmeddah és mtsai (1994), valamint Son és mtsai (2000) kísérleteiben sem volt hatással a tejtermelésre.

13. ábra

A tejtermelés alakulása a 2. üzemi kísérlet során

A kísérletek többségében ugyanakkor növekedett a tej mennyisége Ca-szappanok adagolásának hatására (Crovetto és mtsai, 1991, Lebzien és mtsai, 1992, Savoini és mtsai, 1992, Lubis, 1994, Sklan és mtsai, 1994, Várhegyi és mtsai, 1995, Chouinard és mtsai, 1998, Sipőcz, 2000).

Schauff és Clark (1992) említett kísérletükben túlzott mennyiségű Ca-szappan etetésekor már a tejtermelés csökkenését figyelték meg.

A látszólag ellentmondásos kísérleti eredmények okaira az Irodalmi áttekintés 2.7.1. fejezetben részletesen kitértem.

A tej összetételére vonatkozó adatok a 28. táblázatban találhatóak, a tejszír zsírsav-összetételének változását pedig a 29. táblázat, valamint a 14. és 15. ábrák szemléltetik.

28. táblázat

**A tej összetétele a 2. üzemi kísérlet
egyed szakaszaiban**

		Kontroll	Kísérleti
		szakasz	
Tejzsír	% (m/V)	3,71±0,59	3,80±0,58 NS
Tejfehérje	% (m/V)	2,87±0,19	2,78±0,17 ***
Tejcukor	% (m/V)	4,82±0,18	4,78±0,15 NS
Szárazanyag	% (m/V)	12,08±0,63	12,06±0,63 NS
Zsírmentes sza.	% (m/V)	8,39±0,27	8,28±0,24 ***

*** $p \leq 0,001$

Megállapítható, hogy az etetett Ca-szappan gyakorlatilag nem volt hatással a tej zsírtartalmára, bár az a kísérleti szakaszban kisebb mértékben, de nem szignifikánsan emelkedett.

Ez az eredmény szinkronban van a zsírsav-összetétel vizsgálata során kapott adatokkal, hiszen a Ca-szappan adagolás hatására transz- $C_{18:1}$ zsírsavak (t9; t11) nem jelentek meg a tejzsírban. A nem azonosított zsírsavak mennyisége ugyancsak nem változott érdemben a kontroll szakaszhoz képest.

Eredményeinkkel megegyezően, a takarmányadag Ca-szappannal történő kiegészítése Lebzien és mtsai (1992), Rohr és mtsai (1993), Elmeddah és mtsai (1994), valamint Son és mtsai (2000) vizsgálataiban sem volt hatással a tej zsírtartalmára. Néhány kísérletben (Sklan és mtsai, 1994, Tomlinson és mtsai, 1994) növekedett, más esetekben (Chouinard és mtsai, 1998, Fahey és mtsai, 2002/b) csökkent a tej zsírtartalma Ca-szappanok etetésének következményeként.

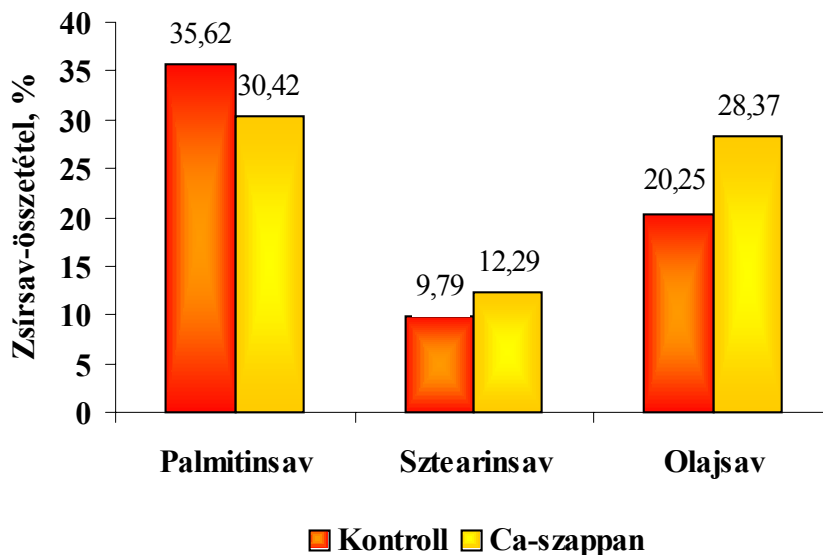
29. táblázat

**Napraforgó zsírsavpárlatból készült
Ca-szappan hatása a tejszír zsírsav-összetételére**

Zsírsavak		Kontroll	Kísérleti
		szakasz	
Kaprilsav	C _{8:0}	1,17±0,11	0,95±0,07 *
Kaprinsav	C _{10:0}	3,13±0,33	2,30±0,20 **
Undekánsav	C _{11:0}	0,34±0,04	0,23±0,03 **
Laurinsav	C _{12:0}	3,89±0,40	2,73±0,26 **
Tridekánsav	C _{13:0}	0,21±0,03	0,13±0,01 **
Mirisztinsav	C _{14:0}	12,37±0,80	9,74±0,68 **
Mirisztoleinsav	C _{14:1-c9}	0,95±0,06	0,72±0,05 **
Pentadekánsav	C _{15:0}	1,09±0,06	0,84±0,04 ***
Palmitinsav	C _{16:0}	35,62±2,53	30,42±1,40 *
Palmitoleinsav	C _{16:1-c9}	2,24±0,11	2,38±0,16 NS
Margarinsav	C _{17:0}	0,76±0,06	0,76±0,06 NS
Heptadecénsav	C _{17:1-c10}	0,24±0,02	0,37±0,05 **
Sztearinsav	C _{18:0}	9,79±0,96	12,29±0,88 **
Olajsav	C _{18:1-c9}	20,25±2,92	28,37±1,72 **
cisz-Vakcénsav	C _{18:1-c11}	0,55±0,05	0,69±0,02 **
Linolsav	C _{18:2-c9,c12}	2,92±0,22	2,80±0,16 NS
CLA	C _{18:2-c9,t11}	0,33±0,01	0,41±0,01 ***
Linolénsav	C _{18:3-c9,c12,c15}	0,20±0,01	0,19±0,02 NS
Arachinsav	C _{20:0}	0,14±0,01	0,14±0,01 NS
Eikozénsav	C _{20:1-c11}	0,10±0,01	0,08±0,01 *
Eikozatriénsav	C _{20:3-c8,c11,c14}	0,12±0,01	0,11±0,01 NS
Arachidonsav	C _{20:4-c5,c8,c11,c14}	0,21±0,01	0,18±0,01 **
Egyéb, nem azonosított zsírsavak		3,13±0,24	3,19±0,14 NS
C ₁₈ -nál rövidebb láncú zsírsavak, összesen		62,00±4,11	51,55±2,45 **
C ₁₈ szénláncú zsírsavak, összesen		34,30±3,84	44,75±2,39 **
C ₁₈ -nál hosszabb láncú zsírsavak, összesen		0,57±0,03	0,52±0,01 *
Telítetlen zsírsavak, összesen		28,39±3,08	36,30±1,08 **

* $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$, *** $p \leq 0,001$

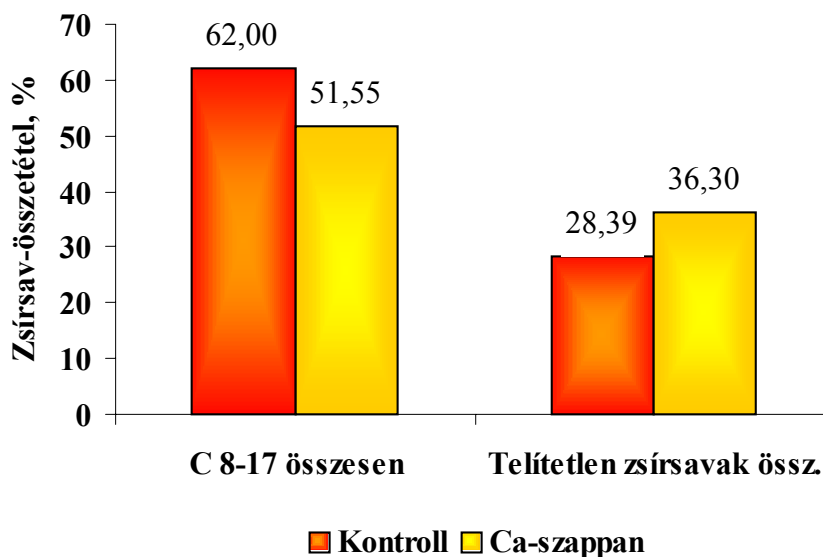
14. ábra

A tejszír fontosabb zsírsavainak aránya a 2. üzemi kísérletben

Az eltérő kísérleti eredmények arra vezethetők vissza, hogy az egyes kísérletekben különböző mennyiségű és zsírsav-összetételű Ca-szappant etettek és a takarmányadagok nyersrosttartalma is eltérően alakult.

Vizsgálataink során a zsíriekiegészítés hatására csökkent a közepes lánchosszúságú zsírsavak részaránya a tejszírban. Ezt a jelenséget - amely a *de novo* zsírszintézis mérséklődésével magyarázható - számos kísérletben tapasztalták különböző formájú védett zsírok, illetve olajos magvak etetésekor (Dhiman és mtsai, 1999, Kowalski és mtsai, 1999, Chilliard és mtsai, 2001, Precht és mtsai, 2001, Schmidely és Sauvart, 2001).

15. ábra

A tejsír közepes lánchosszúságú, illetve telítetlen zsírsavainak aránya a 2. üzemi kísérletben

Kísérletünkben a Ca-szappan adagolása 7,91%-kal növelte a tejsír telítetlen zsírsavtartalmát. Legnagyobb növekedés az olajsav esetében figyelhető meg (8,12%). A tejsír linolsavtartalma nem emelkedett a kontroll szakaszhoz képest, ami feltehetően a készítmény gyenge bendőbeli stabilitására vezethető vissza. Ennek oka, hogy zsírsavkészletének jelentős részét (80%) telítetlen zsírsavak teszik ki.

A szappanból szabaddá váló telítetlen zsírsavak bendőbeli biohidrogénezése következtében növekedett a c9,t11-CLA, a cisz-vakcénsav, valamint a sztearinsav részaránya a tejsírban. Az említett három zsírsav relatív növekedése gyakorlatilag azonos, mintegy 25% volt.

A tejsír olajsavtartalmának nagymértékű emelkedése ugyancsak a telítetlen zsírsavak (linolsav) bendőbeli biohidrogénezésével magyarázható. A tejsír telítetlen zsírsavtartalmának növekedését Ca-szappanok etetésekor több kísérletben is megfigyelték (Sipőcz, 2000, Brzóska és Sala, 2001, Cenkvári és mtsai, 2004). Cenkvári és mtsai (2004) vizsgálataiban - hasonlóan a mi eredményeinkhez - a telítetlen zsírsavak mellett a sztearinsav mennyisége is emelkedett a tejsírban nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappan adagolásakor.

Mindkét üzemi kísérletünk során szignifikánsan csökkent a tej fehérjetartalma a védett zsír etetésének következményeként. A csökkenés mértéke azonban csak az első kísérletben volt nagyobb mértékű (0,34%), míg a második kísérletben mindössze 0,09%-kal volt kisebb a kísérleti szakaszban termelt tej fehérjetartalma. Gaynor és mtsai (1994) vizsgálatai nem támasztják alá, hogy a tej fehérjetartalmának alakulása összefüggésben lenne az oltógyomorba jutó transz-zsírsavak mennyiségével. Ezért a második kísérletben kialakult kisebb különbség inkább arra vezethető vissza, hogy ebben a kísérletben a tej fehérjetartalma egyébként is alacsonyabb volt az átlagos értéknél (kontroll szakasz: 2,87%). A témával kapcsolatos kísérletek többségében ugyancsak a tej fehérjetartalmának kisebb csökkenését figyelték meg különböző zsírok etetését követően. Az ezzel kapcsolatos szakirodalmi hivatkozások a 2.7.4. fejezetben találhatóak és ugyanebben a fejezetben foglaltam össze a tejfehérje-csökkenés lehetséges okait tagláló véleményeket.

Kísérleteinkben a nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappanok etetése kismértékben csökkentette a tej laktóztartalmát. A laktóz-

koncentráció csökkenése csak az első kísérletben volt szignifikáns ($p \leq 0,05$). Egyébként a csökkenés mértéke mind a két kísérletben csak minimális (0,05 ill. 0,04%) volt. Gaynor és mtsai (1994) kísérleteiben napi 750 g transz-zsírsavakban gazdag zsír abomasalis adagolása tendencia jelleggel csökkentette a tej cukortartalmát. Ezzel szemben a hasonló mennyiségben adagolt, csak cisz-zsírsavakat tartalmazó zsírnak nem volt ilyen hatása. A vérplazma inzulin koncentrációja ugyanakkor mindkét esetben azonos mértékben emelkedett a kontroll szakaszhoz képest. A takarmányadag Ca-szappannal történő kiegészítése Elmeddah és mtsai (1994) kísérleteiben - hasonlóan a mi eredményeinkhez - kismértékben, nem szignifikánsan csökkentette a tej laktóztartalmát. Ezzel szemben Fahey és mtsai (2002/a, 2002/b) a tejcukor koncentráció növekedését figyelték meg Ca-szappan etetésekor.

Második üzemi kísérletünk során vizsgáltuk a tej szárazanyag-, valamint zsírmentes szárazanyag tartalmának alakulását is. A fehérjetartalom csökkenését szinte teljes mértékben kompenzálta a zsírtartalom kismértékű emelkedése, így a tej szárazanyag koncentrációja gyakorlatilag változatlan maradt.

Az egyes tejalkotók naponta megtermelt mennyiségét a 30. táblázat tartalmazza.

Mint látható, az adatok tendenciájukban követik ugyan a koncentrációk alakulását (28. táblázat), de a kontroll szakaszhoz képest szignifikáns különbséget egyik tejalkotó esetében sem tapasztaltunk.

30. táblázat

**A tejjel naponta megtermelt táplálóanyagok
mennyisége a 2. üzemi kísérlet során**

		Kontroll	Kísérleti
		szakasz	
Tejzsír	(g/nap)	1106±224	1127±208 NS
Tejfehérje	(g/nap)	854±109	828±128 NS
Tejcukor	(g/nap)	1438±196	1424±216 NS
Száranyag	(g/nap)	3600±485	3588±515 NS
Zsírintes szá.	(g/nap)	2501±314	2467±366 NS

A kísérleti eredmények alapján megállapítható, hogy a növényolajiparban melléktermékként keletkező napraforgó zsírsavpárlatból egylépcsős technológiával előállított Ca-szappan eredményesen használható fel a tejlő tehén takarmányozásában az állatok energiaszükségletének fedezésére. 700 g Ca-szappannal 1700 g abraktakarmányt volt lehetséges a tejtermelés csökkenése nélkül helyettesíteni. Etetésekor kismértékben (0,09%-kal) csökken a tej fehérjetartalma, amit a tej zsírtartalmának növekedése ellentételez, következésképpen a tej száranyag-tartalma nem változik. A vizsgált Ca-szappan etetése szignifikánsan növelte a tejzsírban a telítetlen zsírsavak részarányát, ami kedvező a humán táplálkozás szempontjából.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az elvégzett laboratóriumi mérések, *in situ*, illetve *in vitro* vizsgálatok, bendő- és duodenum kanülözött növendékbikákkal lefolytatott modell kísérletek, valamint üzemi kísérletek alapján a következő új tudományos eredmények fogalmazhatók meg:

1. Tilley és Terry (1963) *in vitro* módszerének továbbfejlesztésével olyan új vizsgálati eljárás került kidolgozásra, amely alkalmas a Ca-szappanok bendőbeli lebomlásának vizsgálatára. Az alapeljárás módosításának lényege, hogy táplálóanyagokat, nevezetesen $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -ot és glükózt biztosítunk a bendőmikrobák számára, továbbá a fermentációs közeg pH-értékét az optimálisnál (6,9-7,2) alacsonyabbra állítjuk be (6,75 ill. 6,25). Egyes Ca-szappanok bendőbeli stabilitása - különösen a nagy telítetlen zsírsavhányadú készítmények esetében - a továbbfejlesztett eljárással biztonságosabban ítéltető meg, mint az *in situ* módszerrel.
2. Megállapítást nyert, hogy a zsírsavak telítetlensége mellett azok szénlánc hosszúsága is jelentősen befolyásolja a belőlük készült Ca-szappan bendőbeli stabilitását, nevezetesen a rövid szénláncú zsírsavak Ca-szappanjai gyengébb bendőbeli stabilitással rendelkeznek. A C_{14-15} átlagos szénlánc hosszúságú Ca-szappan esetében már nagyobb telített zsírsavtartalomnál is jól megfigyelhető a bendőbeli stabilitás csökkenése.

3. A Ca-szappan előállításának technológiája ugyancsak hatással van a termék bendőbeli stabilitására. Azonos zsírsav-összetétel esetén az egylépcsős gyártási technológiával készült Ca-szappan – eltérő fizikai tulajdonságainak következtében - a bendőben uralkodó körülmények között stabilabb, mint a kétlépcsős módszerrel előállított termék.
4. A növényolajiparban melléktermékként keletkező napraforgó zsírsavpárlatból kielégítő bendőbeli stabilitású Ca-szappan állítható elő, amely a szokásosnál nagyobb (800 g/nap) adagban etetve is csak minimális mértékben zavarja a bendőfermentációt. A készítmény etetése gyakorlatilag nincs hatással a nyersrost bendőbeli lebomlására. A napraforgó zsírsavpárlatból előállított Ca-szappan jó eredménnyel használható fel a tejelő tehének takarmányozásában, a laktáció során fellépő energiahány pótlására. A készítmény etetése kedvezően befolyásolja a tejsír zsírsav-összetételét, hiszen megnöveli a tejsírban a telítetlen zsírsavak részarányát a közepes lánc hosszúságú, telített zsírsavak rovására.
5. Nagy linolénsav-tartalmú Ca-szappan etetésével több mint kétszeresére növelhető a tejsír linolénsav (ω -3) tartalma. Ennek következtében szűkül a linolsav - linolénsav arány a tejben, amely változás humán táplálkozás-élettani szempontból igen kedvező. Ilyen szappan etetésekor azonban számítani kell a

transz-zsírsavak megjelenésére a tejsírban, melyek egyrészt rontják a tej táplálkozás-biológiai értékét, másrészt csökkenthetik annak zsírtartalmát.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A Tilley - Terry (1963) -féle *in vitro* eljárás, valamint annak Teveli (1977) által módosított változata nem alkalmas a Ca-szappanok bendőbeli stabilitásának vizsgálatára, mert a Ca-szappanok - ellentétben a takarmányokkal - nem szolgáltatnak energiát és N-t a bendőmikrobák számára. A vizsgálatok során a bendőmikrobák N-, S-, illetve energiaellátását $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ és glükóz adagolásával biztosítottuk. Különböző segédanyagok (aminosavak, niacin, stb.) hozzáadásával a vizsgálati módszer továbbfejleszhető. A fermentációs közeg pH-értékét az optimális 7,2-nél alacsonyabbra (6,75 ill. 6,25) állítottuk be, mivel alacsonyabb pH-érték mellett nagyobb biztonsággal ítéhető meg a Ca-szappanok bendőbeli stabilitása. A közeg pH-értékének csökkenésével ugyanis nő a Ca-szappanok disszociációjának mértéke.

Régóta ismert, hogy a telítetlen zsírsavakban gazdag Ca-szappanok gyengébb bendőbeli stabilitással rendelkeznek, mint amelyek túlnyomórészt telített zsírsavakat tartalmaznak. A telítetlen zsírsavak részarányán túlmenően ugyanakkor a zsírsavak szénlánc hosszúsága, valamint a szappangyártás technológiája is jelentősen befolyásolják a készítmény stabilitását. Az apoláris szénlánc rövidülésével csökken a szappanmolekulák hidrofób jellege, így a Ca-sók a vizes közegben (bendőfolyadékban) egyre könnyebben disszociálnak. Ez a jelenség még a C_{10} és a C_{12} lánc hosszúságú zsírsavak Ca-sói esetében is jól megfigyelhető. Megállapítást nyert továbbá az is, hogy az egylépcsős technológiával előállított Ca-szappanok stabilabbak a bendőben uralkodó

körülmények között, mint a kétlépcsős eljárással készült termékek. A különbség a kétféle anyag eltérő kristályszerkezetével magyarázható.

A zsírok bendőműködésre gyakorolt hatását 3 kísérlet keretében vizsgáltuk. Valamennyi kísérletet 3 bendő- és duodenum kanülözött növendékbikával, 2 ismétlésben végeztük el. A kísérletek során a nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappanok szokásosnál nagyobb (800 g/nap) adagban történő etetése csak minimális mértékben zavarta a bendőfermentációt, ami elsősorban a mikrobiális aktivitás mérséklődésében nyilvánult meg. A készítmények gyakorlatilag nem voltak hatással a nyersrost bendőbeli lebomlására, amely eredményeket a bendőfolyadék ecetsavtartalmának alakulása is alátámasztja.

Napi 640 g kezeletlen napraforgóolaj adagolása ezzel szemben nemcsak a zsírkiegészítés nélküli kontrollhoz képest, hanem a Ca-szappanhoz viszonyítva is drasztikus hatással volt a bendőműködésre. A mikrobiális aktivitás, a bendőfolyadék ammónia- és ecetsav koncentrációja, valamint a bendőbeli nyersrostlebomlás mértéke jelentősen visszaesett a védetlen zsír etetésének következményeként. A bendőfolyadék ecetsav - propionsav aránya erőteljesen beszűkült, ami a tejtermelés szempontjából kedvezőtlen változás.

Az *in vivo* modell kísérletek eredményei összességükben azt igazolják, hogy a növényolajiparban melléktermékként keletkező napraforgó zsírsavpárlatból egylépcsős technológiával kielégítő bendőbeli stabilitású Ca-szappan állítható elő.

Üzemi kísérleteink során nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappanokat (lenolajból, illetve napraforgó zsírsavpárlatból készült terméket) használtunk fel az abraktakarmány egy részének energetikai


alapon történő helyettesítésére. Első kísérletünkben napi 700 g lenolaj alapú Ca-szappan etetése több mint kétszeresére növelte a tejsír linolénsav (ω -3) tartalmát, ami a linolsav - linolénsav arány szűküléséhez vezetett. Ugyancsak említést érdemel, hogy a kísérleti állatok tejsírija 4,4-szer több konjugált linolsavat (c9,t11-C_{18:2}) tartalmazott, mint a kontroll állatok tejsírija. Az említett változások humán táplálkozás-élettani szempontból előnyösek, ugyanakkor kedvezőtlen a tejsír elaidinsav (t9-C_{18:1}) tartalmában bekövetkezett emelkedés. A kísérleti csoportban csökkent a tej zsírtartalma, ami a transz-zsírsavak növekvő részarányára vezethető vissza.

Második üzemi kísérletünk során napi 700 g napraforgó zsírsavpárlatból készült Ca-szappan eredményesen, a tejtermelés csökkenése nélkül helyettesített 1700 g-ot az abrakkeverék növényi komponenseiből. A kísérleti szakaszban kismértékben (nem szignifikánsan) növekedett a tej zsírtartalma. Kedvező irányba módosult a tejsír zsírsav-összetétele is, hiszen növekedett a telítetlen zsírsavak részaránya a közepes lánchosszúságú, telített zsírsavak rovására. Transz-zsírsavak (elaidinsav, transz-vakécinsav) jelenléte nem volt kimutatható.

Összességében megállapítható, hogy a napraforgó zsírsavpárlatból előállított Ca-szappan jó eredménnyel használható fel a tejelő tehenek takarmányozásában, a laktáció elején fellépő fokozott energiaszükséglet fedezésére.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm fejezem ki elsősorban **Dr. Schmidt János** egyetemi tanárnak, aki *tudományos vezetőként* a kutatómunkámhoz szükséges feltételeket biztosította és szakmai iránymutatásával segítette munkámat. Köszönöm a publikációk, valamint az értekezésem összeállításában nyújtott értékes segítségét.

Köszönöm a Takarmányozástani Tanszék valamennyi munkatársának együttműködését, amellyel kutatómunkámat nagyban segítették. **B. Kissné Dr. Kelemen Gertrúd** tanszékvezető, egyetemi docens kezdettől fogva figyelemmel kísérte tanulmányi és kísérleti munkámat. Az üzemi kísérletek beállításában és szervezésében **Dr. Sipócz József** egyetemi adjunktustól kaptam hasznos segítséget. A szükséges laboratóriumi vizsgálatokban **Németh Valéria** laborvezető, **Bán Tiborné**, **Meszlényi Lászlóné**, **Meszlényi Sándorné** , **Tölts Sándorné**, **Vedrődi Istvánné** és **Winkler Károlyné** laboránsok voltak segítségemre. A publikációk és az értekezés szerkesztésében **Sellingné Dovigyel Katalin** tanszéki adminisztrátor segített.

Külön köszönöm **Dr. Perédi József** egyetemi docensnek (Kertészeti Egyetem, Gabona és Ipari Növények Tanszéke), a vizsgált Ca-szappanok előállítása során nyújtott értékes szakmai segítségét.

Emésztés-élettani modell vizsgálatainkat a Kar Állattenyésztési és Takarmányozási Kísérleti Telepén végeztük. Köszönöm **Földes Árpád** telepvezető, **Szűcsné Rigó Livia**, **Szűcs Tamás**, **Szűcs József** és **Horváth Zsolt** dolgozók lelkiismeretes munkáját.

Felhasznált irodalom jegyzéke

1. Abdullah, M. - Young, J.M. - Tyler, H.D. - Mohiuddin, G. (2000): Effect of feeding high forage diets with supplemental fat on blood metabolites, rumen fermentation and dry matter digestibility in dairy cows. *Asian Austr. Dairy Sci.*, 13 (4) 451-456.
2. Abe, M. - Yamamota, Y. - Uehara, R. - Ogiwara, K. - Satoh, T. (1976): Untersuchungen zur Fütterung eingekapselten Safrolöls an Milchkühe und Mastrindern. *Japanese J. Zootechnical Sci.*, 47 (11) 639-647.
3. Aesbacher, G. (1984): Kristallines Fett. Inaugural Dissertation, Bern.
4. Aiple, K.P. (1987): Zur Wirkung von Sojaöl in Form von vollfetten Bohnen oder als freies Öl auf Nährstoff-verdaulichkeit. Diplomarbeit, Hohenheim.
5. Allam, A.M.A. - El-Shzaly, K. - Barhami, B.E.A. - Abdell-All, M.A.M. (1999): Microbial activity in the rumen of early weaned buffalo calves in response to some nutrition additives. *Alexandria J. Agric. Res.*, 44 (2) 57-66.
6. Allen, M.S. (2000): Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 83 1598-1624.
7. Ammann, H.M. (1991): Der Einfluss von geschützten Fett und geschützten Protein in Einzehlügen und Kombination auf verdauungsphysiologische Parameter in Pansen, Labmagen und Kot von Schafen. Thesis, Tierärztliche Hochschule, Hannover, 176.
8. Astrup, H.N. - Nedkvitne, J.J. (1972): Experimente mit casein-stabilisiertem Fett für die Wiederkäuer. Tag. Ges. Ernährungsphysiol. Haustiere. München, April 1972. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.* 30 (1972) 3 s. 145-146.

9. Astrup, H.N. - Nedkvitne, J.J. - Skevdal, T. - Fauske, R. - Lindstad, P. - Bakke, F. (1972): Versuch mit eingekapseltem Fett bei Wiederkäuer. *Meierposten*, 61 (27) 621-630.
10. Astrup, H.N. - Krekling, T. (1979): Ein Einfaches Caseingeschütztes Ölsupplement. *Milchwissenschaft*, 34 (1) 9-10.
11. Astrup, H.N. - Vik-Mo, L. - Lindstad, P. - Ekern, A. (1979): Fütterung eines caseingeschützten Ölsupplements in geringen Mengen an Milchkühe. *Milchwissenschaft*, 34 (5) 291.
12. 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 (2) 345-353.
13. Bailey, P.C. - Orskov, E.R. (1974): The effect of ruminal or post ruminal digestion of lactose or fat on voluntary intake and digestibility of dried grass by lamb. *Proc. Nutr. Soc.*, 23. 45 A.
14. Banks, W. - Clapperton, J.L. - Girdler, A.K. (1990): Effect of dietary unsaturated fatty acids in various forms on the de novo synthesis of fatty acids in the bovine mammary gland. *J. Dairy Res.*, 57. 159.
15. Barowicz, T. - Brejta, W. (2001): Using linseed oil and grease calcium soap of fatty acids for fattening young slaughter cattle. In: *Nutr. Abst. Rev.*, (2002) 72 (3) 277.
16. Baumgard, L.H. - Corl, B.A. - Dwyer, D.A. - Saebo, A. - Bauman, D.E. (2000): Identification of conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. *Am. J. Physiol.*, 278 179-184.
17. 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. of Nutrition*, 131 (6) 1764-1769.

18. Bedő, S. - Bedő, I. (1970): A takarmányadag zsírtkiegészítésének hatása a fiatal borjak anyagforgalmára. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 19 (3) 191-200.
19. Benitez, H.F.I. (1988): Einfluss gestaffelter oraler Gaben geschützter Fette auf verdauungsphysiologische Parameter im Pansen, Ileochoyimus und Kot des Schaffes. Dissertation, Hannover.
20. Benson, J.A. – Reynolds, C.K. – Humphries, D.J. – Rutter, S.M. – Beever, D.E. (2001): Effects of abomasal infusion of longchain fatty acids on intake, feeding behavior and milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 84 (5) 1182-1191.
21. Bergner, H. - Ketz, H.A. (1969): Verdauung, Resorption, Intermediär-stoffwechsel bei Landwirtschaftlichen Haustieren. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
22. Bickerstaffe, R. - Noakes, D.E. - Annison, E.F. (1972): Quantitative aspects of fatty acid biohydrogenation, absorption and transfer into milk fat in the lactating goat, with special reference to the cis- and trans- isomers of octadecanoate and linolate. *Biochem. J.*, 130 607-617.
23. Blum, T.W. - Tnas, F. - Moses, W. - Fröhli, D. - Zemp, M. - Keller, U. (1985): Twenty-hour pattern of blood hormone and metabolite concentrations in high yielding dairy cows: Effects of feeding low or high amounts of stach or crystalline fat. *Zbl. Vet. Med., Reihe A.* 32 401-418.
24. Brandt, M. – Allan, S.M. (1987): Analytik von TiO₂ im Darminhalt und Kot nach Kjeldahlaufschluss. *Arch. Anim. Nutr.*, 37 453-454.
25. Brinkmann, J. - Abel, H. (1993): Eigenschaften und Wirkungen von Ca-verseiften Palmfettsäuren im Verdauungskeit von Wiederkäuern. *Fett Wissenschaft Technologie*, 95 312-318.
26. Brown-Crowder, I.E. - Hart, S.P. - Cameron, M. - Sahl, T. - Goetsch, A.L. (2001): Effect of dietary tallow level on performance

- on Alpine does in early lactation. *Small Ruminant Research*, 39 (3) 233-241.
27. Brydl, E. (1990): Komplex anyagforgalmi vizsgálatok nagyüzemi tehenészetekben. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 45 (12) 719-724.
28. Brydl, E. (2000): Szubklinikai anyagforgalmi zavarok tejhasznú tehenészetekben. *Takarmányozás*, 3 (2) 4-7.
29. Brzóska, F. - Gasior, R. - Sala, K. - Wiewióra, W. (1999): Effect of Ca-salts of fatty acid from animal fat, rape oil, linseed oil and fish oil on the yield and composition of cows milk. *Roczniki Naukowe Zootechniki*, 26 (2) 105-117.
30. Brzóska, F. - Sala, K. (2001): The effect of fatty-acid calcium salt and copper supplementation of dairy rations on milk yield and composition, lipid metabolism and cholesterol level in cows milk. *J. Anim. Feed Sci.*, 10 (3) 399-412.
31. Burgstaller, G. - Klein, F. - Probstmeier, G. (1988): "Kristallines" Futterfett in der Futtermischung für hochleistende Kühe in der Anfangslaktation. *Züchtungskunde*, 60 398.
32. Burgstaller, G. - Klein, F. (1990): "Kristallines" Futterfett im Milchleistungsfutter - Auswirkungen auf Grundfutterverzehr, Milchleistung und Inhaltsstoffe, sowie einige Blutparameter. *Fat Sci. Technol.* 92 569-573.
33. Cai QingHe - Jia ZhiHai - Hou WenJuan (2001): Effects of addition level of calcium soap on nutrient digestion in sheep. *J. China Agric. Univ.*, 6 (3) 113-118.
34. Canale, C.J. - Muller, L.D. - McCahon, H.A. - Whistel, T.J. - Varga, G.A. - Lormore, M. J. (1990): Dietary fat and ruminally protected amino acids for high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 79 135-141.
35. Cenkvari, É. - Fekete, S. - Fébel, H. - Veresegyházy, T. - Andrásföszky, E. (2004): Lenolaj alapú Ca-szappan felhasználása a

- kecskék takarmányozásában. Előadás, XXX. Óvári Tudományos Napok, Mosonmagyaróvár, 79. old.
36. Chalupa, W. - Kutches, A.J. (1968): Biohydrogenation of linoleic-1-14C acid by rumen protozoa. *J. Anim. Sci.*, 27 1502-1508.
 37. Chalupa, W. - Rickabaugh, B. - Kronfeld, D.S. - Sklan, D. (1984): Rumen fermentation in vitro as influenced by long chain fatty acids. *J. Dairy Sci.*, 67 1439-1444.
 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 Research.*, 64 (2) 173-179.
 39. 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. *Livestock Production Sci.*, 70 (1/2) 31-48.
 40. Choi, B.R. - Palmquist, D.L. - Son, Y.S. (1999): Effects of dietary fat on ruminal propionate and plasma insulin concentrations in lactating cows. *Korean J. Dairy Sci.*, 21 (1) 31-40.
 41. 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 (2) 471-481.
 42. Christie, W.W. (1981): *Lipid metabolism in ruminant animals* - Pergamon Press GmbH Kronberg/Taunus.
 43. Cieslak, A. - Szumacher-Strabel, M. - Potkanski, A. - Kowalczyk, J. - Czauderna, M. (2001): The effect of different amounts and types of fat on the extent of C18 unsaturated fatty acid hydrogenation in the sheep. *J. Anim. Feed Sci.*, 10 (2) 123-128.
 44. Coenen, G. - Ryanto, I. - Imming, I. - Abel, H. (1988): Zum Einfluss unterschiedlicher Fett / Stärke-Kombinationen im Futterb

- auf Parameter des mikrobiellen Stoffwechsels im Pansenstimulationssystem und im Verdauungstrakt beim Schaf. 42. Tagung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere.
45. Cook, L.J. - Scott, T.W. - Pan, Y.S. (1972): Formyliertes Casein-Safrolöl als Futterzusatz bei Milchkühen. 2/. Der Einfluss auf die Fettsäurezusammensetzung der Plasma und Milchlipide. *J. Dairy Research.*, 39 211-218.
 46. Crovetto, G.M. - Sandrucci, A. - Stefanini, L. - Modenesi, R. - Corti, M. (1991): Calcium salts of fatty acids in lactating cows feeding. *Agricoltura Mediterranea*, 121 (1) 87-94.
 47. Czerkawski, J.W. - Christie, W.W. - Breckenridge, G. - Hunter, M.L. (1975): Changes in the rumen metabolism on sheep given increasing amounts of linseed oil in their diet. *Br. J. Nutr.*, 34 25-44.
 48. Daccord, R. (1984): Einfluss von Fett auf die Verwertung der Ration bei Ziege. *Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkunde*, 52 62-63.
 49. Davison, K.L. - Wood, W. (1960): The influence of fatty acids upon digestibility of ration components by lambs and upon cellulose digestion in vitro. *J. Anim. Sci.*, 19 54-59.
 50. Davison, K.L. - Wood, W. (1963): Effect of calcium and magnesium upon digestibility of a ration containing corn oil by lambs. *J. Anim. Sci.*, 22 27-29.
 51. Dawson, R.M.C. - Kemp, P. (1969): The effect of defaunation on the phospholipids and on the hydrogenation of unsaturated fatty acids in the rumen. *Biochem. J.*, 115 351-352.
 52. Dawson, R.M.C. - Hemington, N. (1974): Digestion of grass lipids and pigments in the sheep rumen. *Br. J. Nutr.*, 32 327-340.
 53. Demeterová, M. - Vajda, V. - Pastierik, P. - Köteles, A. (2002): The effect of protected fat and protein supplements on rumen

- metabolism, on some parameters of intermediary metabolism, and production of milk in dairy cows. *Folia Veterinaria*, 46 20-26.
54. Demeyer, D. (1973): Lipidstoffwechsel im Pansen. In: Giesecke, D. - Hendericks, H.K.: *Biochemie der microbiellen Verdauung*. BLV-Verlag, München, Bern, Wien. 209-234.
 55. Dewendra, C. - Lewis, D. (1974): The interaction between dietary lipids and fibre in sheep. *Anim. Prod.*, 19 67-76.
 56. Dhiman, T.R. - Helmink, E.D. - McMahon, D.J. - Fife, R.L. - Pariza, M.W. (1999): Conjugated linoleic acid content of milk and cheese from feed extruded oilseeds. *J. Dairy Sci.*, 82 (2) 412-419.
 57. Dohme, F. - Machmüller, A. - Wasserfallen, A. - Kreuzer, M. (2000): Comparative efficiency of various fats rich in medium-chain fatty acids to suppress ruminal methanogenesis as measured with RUSITEC. *Canadian J. Anim. Sci.*, 80 (3) 473-482.
 58. Donovan, D.C. - Schingoethe, D.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 cows. *J. Dairy Sci.*, 83 (11) 2620-2628.
 59. Doreau, M. - Chilliard, Y. - Bauchart, D. - Michalet-Doreau, B. (1990): Influence of different fat supplements on digestibility and ruminal digestion in sheep. *Annales de Zootechnie*, 40 (1) 19-30.
 60. Doreau, M. - Chilliard, Y. (1997): Effect of ruminal or postruminal fish oil supplementation on intake and digestion in dairy cows. *Reproduction, Nutrition, Development*, 37 (1) 113-124.
 61. Drackley, J.K. - Clark, A.K. - Sahlu, T. (1985): Ration digestibilities and ruminal characteristics in steers fed sunflower seeds with additional calcium. *J. Dairy Sci.*, 68 356-367.
 62. Drackley, J.K. - Schingoethe, D.J. (1986): Extruded blend soybean meal and sunflower seed for dairy cattle in early lactation. *J. Dairy Sci.*, 69 371-384.

63. Drinkhaus, M. (1987): Untersuchungen zur sogenannten diätetischen Wirkung von Trockenschnitzeln. Dissertatoin, Hannover.
64. Drochner, W. - Yildiz, G. (1999): Ruminale Fermentation und Verdaulichkeit von Nährstoffen in Modell-Schaf nach Zugabe von Ca-Seife von Palmöl-Fettsäuren und ihrer freien analoge Säuren. Berl. Münch. tierärztl. Wschr., 112 472-479.
65. El Hag, G.A. - Miller, T.B. (1972): Evaluation of Whiskey distillery by-products. 6./ The reduction in digestibility of malt distiller's grains by fatty acids and the interaction with calcium and other reversal agents. J. Sci. Food Agric., 23 247.
66. Elmeddah, Y. - Doreau, M. - Rouel, J. - Chilliard, Y. (1994): Effects of calcium salts supplementation on dairy cow performances in early lactation. Influence of the nature of concentrates. Annales de Zootechnie, 43 (4) 341-353.
67. Emanuelson, M. - Murphy, M. - Lindberg, J.E. (1991): Effects of heat-treated and untreated full-fat rapeseed and tallow on rumen metabolism, digestibility, milk composition and milk yield in lactating cows. Anim. Feed Sci. Technol., 34 (3/4) 291-309.
68. Fahey, J. - Mee, J.F. - Murphy, J.J. - O'challaghan, D. (2002/a): Effects of calcium salts of fatty acids and calcium salts of methionine hydroxy analogue on plasma prostaglandin F_{2α} metabolite and milk fatty acid profiles in late lactation Holstein-Friesian cows. Theirogenology, 58 (8) 1471-1482.
69. Fahey, J. - Mee, J.F. - O'callaghan, D. - Murphy, J.J. (2002/b): Effect of calcium salts of fatty acids and calcium salt of methionine hydroxy analogue on reproductive responens and milk production in Holstein-Friesian cows. J. Anim. Sci., 74 (1) 145-154.
70. Farruque, A.J.M.O. - Jarvis, B.W.D. - Hawke, J.C. (1974): Studies on rumen metabolism. IX. Contributions of plant lipases to the

- release of free fatty acids in rumen. *J. Sci. Food. Agric.*, 25 1313-1328.
71. Faulkner, A. - Clapperton, J.L. (1981): Changes in the concentrations of some minor constituents of milk from cows fed low- or high-fat diets. *Comp. Biochem Physiol.*, 68 281.
72. Fébel, H. - Husvéth, F. - Andrásófszky, E. - Várhegyi, I. (2002/b): Új technologia bypass növényi zsír előállítására és a készítmény élettani hatásának vizsgálata. Előadás, 13. Magyar Buiatrikus Kongresszus, Hajdúszoboszló, 25-30. old.
73. Fébel, H. - Husvéth, F. - Veresegyházy, T. - Andrásófszky, E. - Várhegyi, I. - Huszár, Sz. (2002/a): Effect of different fat sources on in vitro degradation of nutrients and certain blood parameters in sheep. *Acta Vet. Hung.*, 50 (2) 217-229.
74. Fébel, H. - Csapó, J. - Huszár, Sz. - Andrásófszky, E. - Miklós, Sz. - Várhegyi, I. (2004): Különböző zsírkészítmények élettani hatásának vizsgálata juhekban. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 126 (7) 395-402.
75. Finn, A.M. - Clark, A.K. - Drackley, J.K. - Schingoethe, D.J. - Sahlu, T. (1985): Whole rolled sunflower seeds with or without additional limestone in lactating cattle rations. *J. Dairy Sci.*, 68 903-913.
76. Frank, N. (1981): Fetthaltige Rapsprodukte für Milchkühen. *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, 83 (6) 214-217.
77. Franulic, N.K. - Gonzalez, M.F. - Bas, M.F. (2000): Effect of a hydrogenated fat oil (GHP) and a calcium salt of fatty acid (SCP) derived from the fish oil industry on the apparent digestibility of nutrient in calves. In: *Nutr. Abst Rev.*, (2001) 71 (1) 49.
78. Garg, M.R. - Metha, A.K. (1998): Effect of feeding bypass fat on feed intake, milk production and body condition of Holstein Friesian cows. *Indian J. Anim. Nutr.*, 15 (4) 242-245.

79. Garrett, W.N. - Yang, Y.T. - Dunklei, W.L. - Smith, L.M. (1976): Energy utilisation, feedlot performance and fatty acid composition of beef steers fed protein encapsulated tallow or vegetable oils. *J. Anim. Sci.*, 42 1522-1533.
80. Gaynor, P.J. - Erdman, R.A. - Teter, B.B. - Sampugna, J. - Capuco, A.V. - Waldo, D.R. - Hamosh, M. (1994): Milk fat yield and composition during abomasal infusion of cis or trans octadecenoates in Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 77 157-165.
81. Geissler, B. - Trilk, J. - Fickel, A. (1994): Zur Fütterung von Hochleistungskühen. Pansengeschütztes Futterfett vermindert Energiedefizit. *Neue Landwirtschaft*, 12 70-72.
82. Gibb, M.J. - Ivings, W.E. (1993): A note on the estimation on the body fat, protein and energy content of lactating Holstein-Friesian cows by measurement of condition score line-weight. *Anim. Prod.*, 56 281-283.
83. Giesecke, D. - Stangassinger, M. - Veitinger, W. (1987): In: Giesecke, D. - Abdo, M.S.: Lipidmobilisation und Insulinfunktion bei Kühen mit hoher Leistung. Parey, Hamburg - Berlin.
84. Girard, V. - Hawke, J.C. (1978): The role of holotrichs in the metabolism of dietary linoleic acid in the rumen. *Biochimica et Biophysica Acta*, 528 17-27.
85. Goering, H.K. (1977): Verfütterung vielfach ungesättigter Pflanzenöle an laktierende Kühe. *J. Dairy Sci.*, 60 (5) 769-747.
86. Gonzalez, M.F. - Bas, M.F. - Luque, L.V. (1998): Effect of supplementation of hydrogenated fat (GHP) and a calcium salt of fatty acid, derived from fish oil, on in vitro digestibility of cell wall and volatile fatty acid production. In: *Nutr. Abst. Rev.*, (1999) 69 (10) 797.
87. Gonzalez, F. - Bas, F. (2002): Effects of a hydrogenated fish oil on milk production in Holstein Friesian dairy cows. In: *Nutr. Abst. Rev.*, (2003) 73 (1) 68.

-
88. Goodridge, J. - Ingalls, J.R. - Crow, G.H. (2001): Transfer of omega-3 linolenic acid and to milk fat from flaxseed or Linola protected with formaldehyde. *J. Anim. Sci.*, 81 (4) 525-532.
 89. Goosen, P.C.M. (1975): Absorption of long-chain fatty acids by rumen epithelium, experiment in vivo and in vitro. *Z. Tierphysiol., Tierernähr., Futtermittelk.*, 35 296-302.
 90. Goulas, C. - Zervas, G. - Papadopoulos, G. (2003): Effect of dietary animal fat and methionine on dairy ewes milk yield and milk composition. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 105 (3) 43-54.
 91. Griinari, J.M. - Dwyer, D.A. - McGuire, M.A. - Bauman, D.E. - Palmquist, D.L. - Nurmela, K.V.V. (1998): Trans-octadecenoate acids and milk fat depression in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 81 1251-1261.
 92. Griinari, J.M. - Bauman, D.E. (1999): Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: Yurawecz, M.P. - Mossoba, M.M. - Kramer, J.K.G. - Pariza, M.W. - Nelson, G.J.: *Advances in conjugated linoleic acid research., Vol. 1.* Champaign, Illinois: AOCS Press, 180-200.
 93. Grummer, R.R. (1991): Effect of feed on the composition of milk fat. *J. Dairy Sci.*, 74 3244-3257.
 94. Gulati, S.K. - Ashes, J.R. - Scott, T.W. (1999): Hydrogenation of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids and their incorporation into milk fat. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 79 (1/2) 57-64.
 95. Gulati, S.K. - Kitessa, S.M. - Ashes, J.R. - Fleck, E. - Byres, E.B. - Byres, Y.G. - Scott, T.W. (2000): Protection of conjugated linoleic acids from ruminal hydrogenation and incorporation into milk fat. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 86 (3/4) 139-148.

96. Gurr, M.J. (1984): The chemistry of plant fats and their nutritional importance. In: Fats in animal nutrition. Butterworths, London. 3-23.
97. Hagemeister, H. - Kaufmann, W. (1979): Verwenderungsmöglichkeiten von Fett in der Ernährung von Milchkühen. Übers. Tierernährung, 7 1-30.
98. Hagemeister, H. (1990): Fetteinsatz in der Milchviehfütterung unter besonderer Berücksichtigung der im Pansen entstehenden trans-Fettsäuren. Kieler Milchwissenschaftliche Forschungsberichte, 42 (2) 271-280.
99. Hagemeister, H. - Voigt, J. (2001): A takarmányozás hatása a tehéntej kedvező zsírsav-összetételére. Takarmányozás, 4 (3) 7- 11.
100. Haraszti, J. (1990): Az anyagforgalmi betegségek szaporodásbiológiai vonatkozásai. Magyar Állatorvosok Lapja, 45 (5) 291-293.
101. Harfoot, C.G. (1981): Lipid metabolism in the rumen. In: Lipid metabolism in ruminant animals. Verlag Pergamon Press, Oxford, 21-25.
102. Hazelwood, G.P. (1975): Isolation and properties of a phospholipidhydrolysing bacterium from ovine rumen fluid. J. Gen. Microbiol., 89 163-174.
103. Heinrics, A.J. - Palmquist, D.L. - Noyes, T.E. (1980): OARDC. Research Circular. 261. Wooster.
104. Heller, R. (1995): Verdauungsphysiologische Untersuchungen an Milchkühen bei alleiniger und kombinierter Verabreichung von geschützten Fetten und Variation des Fütterungs-systems. Thesis, Tierärztliche Hochschule, Hannover, 135.
105. Henderson, C. (1971): A study of the lipase produced by *Anaerovibrio lipolytica* a rumen bacterium. J. Gen. Microbiol., 65 81-89.

-
106. Henderson, C. - Hodgkiss, W. (1973): An electron microscopic study of *Anaerovibrio lipolytica* and its lipolytic enzyme. *J. Gen. Microbiol.*, 76 389-393.
 107. Henderson, C. (1973): The effects of fatty acids on pure cultures of rumen bacteria. *J. Agric. Sci. Camb.*, 81 107-112.
 108. 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.
 109. 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 (3) 799-812.
 110. Horváth, Z. (1979): Állatorvosi klinikai laboratóriumi vizsgálatok. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
 111. Husvéth, F. (1994): A háziállatok élettana és anatómiája. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
 112. Huszenica, Gy. - Schmidt, J. (1998): Védett zsír / fehérje készítmény szarvasmarháknak. OMFB zárójelentés.
 113. Ikwuegbu, O.A. - Sutton, J.D. (1982): The effect of varying the amount of linseed oil supplementation on rumen metabolism in sheep. *Br. J. Nutr.*, 48 365-375.
 114. 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 Research.*, 41 (3) 215-227.
 115. Ivings, W.E. - Gibb, M.J. - Dhanoa, M.S. - Fisher, A.V. (1993): Relationship between velocity of ultrasound in live lactating dairy cows and some post slaughter measurements of body composition. *Anim. Prod.*, 56 9-16.

116. Jahreis, G. - Richter, G.H. - Hartung, H. - Bargholz, J. (1993): Auswirkungen von Rapsaat in der Milchkuhfütterung auf die Inhaltstoffe und Eigenschaften der Milch. Qualität und Hygiene von Lebensmittel in Production und Verarbeitung. Vorträge zum Generalthema des 105. VDLUFA - Kongress.
117. Jahreis, G. - Richter, G.H. (1996): Nutzung von Nebenproducten der Rapsölkaltabpressung in der Milchkuhfütterung. In: Proceeding of the workshop, unconventional feedstuffs, held in the Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig - Völkenrode (FAL) 10-11th April 1996.
118. Jans, F. (1983): Der Einsatz von ALIKON in der Milchviehfütterung. In: Kurzfassungen der Vorträge vom 10. November in Wangen.
119. Jaros, D. - Ginzinger, W. - Tschager, E. - Leitgeb, R. - Rohm (2001): Application oilseed feeding to reduce firmness of hard cheeses produced in the winter feeding period. *International Dairy J.*, 11 (8) 611-619.
120. Jenkins, T.C. (1987): Effect of fats and fatty acid combinations on rumen fermentation in semi continuous in vitro cultures. *J. Anim. Sci.*, 55 1526-1532.
121. Jiang, J. - Bjoerck, L. - Fonden, R. - Emanuelson, M. (1996): Occurrence of conjugated cis-9, trans-11-octadecadienoic acid in bovine milk: effects of feed and dietary regimen. *J. Dairy Sci.*, 79 438-445.
122. Jilg, T. (1986): Zur Wirkung verschiedener Sojaproducte auf die Stickstoff- und Energiebilanz bei Hochleistungskühen. Dissertation, Hohenheim.
123. Jilg, T. - Aiple, K.P. - Steingass, H. (1988): Fettstoffwechsel und Wirkungen von Futterfetten beim Wiederkäuer. *Übers. Tierernährung*, 16 (2) 109-152.

-
124. 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.
 125. Jonson, R.R. - McClure, K.E. (1972): High fat rations for ruminants. 1./ The addition of saturated and unsaturated fats to high roughage and high concentrate rations. J. Anim. Sci., 34 501-509.
 126. Kakuk, T. - Schmidt, J. (1988): Takarmányozás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
 127. Kaszás, I. - Schmidt, J. - Sipőcz, J. - Cenkvári, É. (1992): Effect of full fat rapeseed and rapeseed cake on rumen fermentation, composition of milk and butter quality. 43rd Annual Meeting of the EAAP. Madrid 13-17 Sept. 492.
 128. Keady, T.W.J. - Mayne, C.S. (1999): The effect of level of fish oil inclusion in the diet on rumen digestion and fermentation parameters in cattle offered grass silage basal diet. Anim. Feed Sci. Technol., 81 (1/2) 57-68.
 129. Keady, T.W.J. - Mayne, C.S. (2000): Effects of supplementation of dairy cattle with fish oil on silage intake, milk yield and milk composition. J. Dairy Res., 67 (2) 137-153.
 130. Kemp, P. - White, R.W. - Lander, D.J. (1975): Hydrogenation of unsaturated fatty acids by five bacterial isolated from the sheep rumen including a new species. J. Gen. Microbiol., 90 100-114.
 131. Kenney, M. (1970): Lipid metabolism in the rumen. In: Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. Verlag Oriel Press, Newcastle, 489-503.
 132. 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.

133. Kim, Y.K. - Schingoethe, D.J. - Casper, D.P. - Ludens, F.C. (1993): Supplemental dietary fat from extruded soybeans and calcium soap of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 76 197-204.
134. 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.
135. Kitessa, S.M. - Gulati, S.K. - Ashes, J.R. - Fleck, E. - Scott, T.W. - Nichols, P.D. (2001): Utilisation of fish oil in ruminants. 1./ Fish oil metabolism in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 89 (3/4) 189-199.
136. Kobayashi, T. - Sato, H. - Nishiguchi, Y. - Itabashi, H. (1999): Effects of rumen-bypass amino acids and fat on milk production, rumen fermentation, and blood components in dairy cows. *Bul. Nat. Ins. Anim. Ind.*, 59 17-23.
137. Kook, K. - Choi, B.H. - Sun, S.S. - Garcia, F. - Myung, K.H. (2002): Effect of fish oil supplement on growth performance, ruminal metabolism and fatty acid composition of longissimus muscle in Korean cattle. *As. Austr. J. Anim. Sci.*, 15 (1) 66-71.
138. Kowalczyk, J. - Orskov, E.R. - Robinson, J.J. - Stewart, C.S. (1977): Effect of fat supplementation on voluntary food intake and rumen metabolism in sheep. *Br. J. Nutr.*, 37 251-257.
139. Kowalski, Z.M. - Pisulewski, P.M. - Spanghero, M. (1999): Effects of calcium soap of rapeseed fatty acids and protected methionine on milk yield and composition in dairy cows. *J. Dairy Res.*, 66 (4) 475-487.
140. Kövessy, M. - Robinson, J.J. - Lough, A.K. - Aitken, R.P. (1987): Bendőben való lebomlástól védett zsírkészítmény etetésének hatása különböző mértékű halliszt kiegészítés mellett az anyajuhok tejtermelésére és a tej összetételére. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 36 (5) 459-465.

-
141. Kreuder, K. (1976): Der Einsatz von Einkapseltem Öl in der Fütterung von Milchkühen. Vortrag auf der 11. Hochschultagung der Agrar-, Haushalts- und Ernährungswissenschaftlichen Fachbereiche der Universität Giessen.
 142. 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 (1) 123-127.
 143. Kronfeld, D.S. (1969): In: Phillipson, A.T.: *Physiology of digestion and metabolism in the ruminant*. Orel Press Limited, Newcastle.
 144. Lebzien, P. - Rohr, K. - Oslage, H.J. (1981): Untersuchungen über die Abhängigkeit der Fettsäureproduktion im Pansen von der Rationszusammensetzung. *Arch. Tierernähr.*, 31 685-696.
 145. Lebzien, P. - Rohr, K. - Engling, F.P. - Schafft, H. (1991): Zum Einfluss geschützter Fette auf die Verdauungsvorgänge bei Milchkühen. Kurzfassungen der Vorträge zur 44. Tagung der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie der Haustiere. 10-12. 04. Giessen.
 146. Lebzien, P. - Daenicke, R. - Rohr, K. (1992): Untersuchungen über den Einfluss verseifeter Palmfettsäuren auf die Milchleistung und Milchinhaltsstoffe. *Landbauforschung, Völkenrode*, 2 85-88.
 147. Lin, H. – Boylston, T.D. – Chang, M.J. – Luedecke, L.O. – Shultz, T.D. (1995): Survey of conjugated linoleic acid contents of dairy products. *J. Dairy Sci.*, 78 2358-2365.
 148. Lubis, D. (1994): Substituting corn-soyabean with protected fat in dairy ration. In: *Proceedings of the 7th AAAP Animal Science Congress, Bali, Indonesia, 11-16 July 1994*.
 149. Lüpping, W. - Kaufmann, W. (1979): Probleme der Energieversorgung von Hochleistungskühen. Zusammenfassung der Wissenschaftlichen Tagung von 7-8. November, Cuxhaven.

150. MacLeod, G.K. - Buchanan-Smith, J.G. (1972): Digestibility of hydrogenated tallow, saturated fatty acids and soybean oil-supplemented diets by sheep. *J. Anim. Sci.*, 35 890-895.
151. MacLeod, G.K. - Yu, Y. - Schaeffer, L.R. (1977): Fütterungswert von geschütztem tierischen Talg für Hochleistungskühe. *J. Dairy Sci.*, 60 (5) 726-738.
152. Maczulak, A.F. - Dehority, B.A. - Palmquist, D.L. (1981): Effect of long-chain fatty acids on growth of rumen bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.*, 42 856-862.
153. Magdus, M. (1991): A zsírforgalmat befolyásoló tényezők vizsgálata és az energiaellátás javításának lehetőségei zsíretetéssel kérődzőkben. Kandidátusi értekezés, Budapest.
154. Martin, J.C. - Valeille, K. (2002): Conjugated linoleic acids: all the same or to everyone its own function? *Reproduction, Nutrition, Development*, 42 (6) 525-536.
155. Mattos, W. - Palmquist, D.L. (1974): Zunahme vielfach ungesättigter Fettsäuren in der Milch von Kühen nach Verfütterung mit "geschütztem" Fett. *J. Dairy Sci.*, 57 (9) 1050-1054.
156. Mattos, W. - Palmquist, D.L. (1977): Biohydrogenation and availability of linoleic acid in lactating cows. *J. Nutr.*, 107 1755-1761.
157. Männer, K. (2002): Pansengeschützte Fette für Milchrinder. *Kraftfutter*, 10 386-394.
158. McDonald, P. - Edwards, R.A. - Greenhalgh, J.F.D. (1980): Lipids. In: *Animal Nutrition*. Verlag Oliver and Boyd. Edinburgh, 25-41.
159. McNamara, S. - Butler, T. - Ryan, D.P. - Mee, J.F. - Dillion, P. - Mara, F.P.O. - Butler, S.T. - Anglessey, D. - Rath, M. - Murphy, J.J. (2003): Effect of offering rumen protected fat supplements on

-
- fertility and performance in spring-calving Holstein-Friesian cows. *Anim. Reproduction Sci.*, 79 (1/2) 45-56.
160. Middaugh, R.P. - Baer, R.J. - Casper, D. P. - Singoethe, D.J. - Seas, S.W. (1988): Eigenschaften der Milch und Butter von Kühen, die mit Sonnenblumenkernen gefüttert wurden. *J. Dairy Sci.*, 71 (12) 3179-3187.
161. Mozzon, M. - Frega, N.G. - Fronte, B. - Tocchini, M. (2002): Effect of dietary fish oil supplements on levels of n-3 polyunsaturated fatty acids, trans acids and conjugated linoleic acid in ewe milk. *Food Technology and Biotechnology*, 40 (3) 213-219.
162. Nelson, M.L. - Wetsburg, H.H. - Parish, S.M. (2001): Effects of tallow on the energy metabolism of weathers fed barley fishing diet. *J. Anim. Sci.*, 79 (7) 1892-1904.
163. 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.
164. Noble, R.C. (1981): Digestion absorption and transport of lipids in ruminant animals. In: *Lipid metabolism in ruminant animals*. Pergamon Press, Oxford, 57-93.
165. 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 (3) 613-625.
166. Oslage, J.H. (1984): Einsatzmöglichkeiten von Fetten in der Ernährung landwirtschaftliche Nutztiere. *Fette, Seife, Anstrichmittel*, 86 25-33.
167. Ottou, J.F. - Doreau, M. - Chilliard, Y. (1995): Duodenal infusion of rapeseed oil in midlactation cows. 6./ Interaction with niacin on dairy performance and nutrition balance. *J. Dairy Sci.*, 78 (6) 1345-1352.

168. Owens, F.N. - Hanson, C.F. (1992): External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. *J. Dairy Sci.*, 75 2605-2617.
169. Pabst, K. (1990): Verbesserung der Streifähigkeit von Winterbutter durch Verfütterung von geschütztem Fett. *Sci. Technol.*, 92 577-581.
170. Padori, P.W. (1997): Cows' milk fat components as potential anticarcinogenic agents. *J. Nutr.*, 127 155-160.
171. Padori, P.W. (1999): Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. *J. Dairy Sci.*, 82 1339-1349.
172. Palmquist, D.L. - Conrad, H.R. (1978): High fat rations for dairy cows: Effects on feed intake, milk and fat production and plasma metabolites. *J. Dairy Sci.*, 61 890-901.
173. Palmquist, D.L. - Jenkins, T.C. (1980): Fat in dairy rations. *J. Dairy Sci.*, 63 1-14.
174. Palmquist, D.L. - Conrad, R.H. (1980): High fat rations for dairy cows: Tallow and hydrolised blended fat intakes. *J. Dairy Sci.*, 63 391-395.
175. Palmquist, D.L. - Moser, E.A. (1981): Dietary fat effects on blood insulin, glucose utilisation, and milk protein content of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 64 1664-1670.
176. Pan, S.Y. - Cook, L.J. - Scott, T.W. (1972): Formyliertes Casein-Safrolöl als Futterzusatz bei Milchkühen. 1./ Einfluss auf die Zusammensetzung der Milch. *J. Dairy Sci.*, 39 203-210.
177. Patton, R.A. - McCarthy, D.E. - Griel, L.C. (1970): Lipid synthesis by rumen microorganisms. 2./ Further characterisation of the effects on methionine. *J. Dairy Sci.*, 53 460-465.

-
178. 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 (7) 1764-1766.
 179. Petit, H.V. - Dewhurst, R.J. - Proulx, J.G. - Khalid, M. - Haresing, W. - Twagiramungu, H. (2001): Milk production, milk composition, and reproductive function of dairy cows fed different fat. *Canadian J. Anim. Sci.*, 81 (2) 263-271.
 180. Piatkowski, B. (1975): Mikrobielle Proteinsynthese im Pansen. In: Piatkowski, B.: Nährstoffverwertung beim Wiederkäuer. Fischer Verlag, Jena.
 181. Pires, A.V. - Eastridge, M.L. - Firkins, J.L. (1994): Feeding roasted soyabeans, blood meal, and tallow as sources of fat and bypass protein for lactating cows. *Special Circular - Ohio Agricultural Research and Development Center*, No. 145, 17-21.
 182. Plascencia, J.A. - Barreas, S.A. - Zinn, R. (1999): Addition of supplementary fat in substitution of forage in the diets of lactating cows: nutrient digestibility and rumen function. In: *Nutr. Abst. Rev.*, (2000) 70 (9) 680.
 183. Plowman, R.D. (1972): Milchfett mit einem vermehrten Gehalt an ungesättigten Fettsäuren. *J. Dairy Sci.*, 55 204-207.
 184. Polidori, F. - Rossi, C.A.S. - Senatore, E.M. - Savoini, G. - Dell'Orto, V. (1997): Effect of recombinant bovine somatotropin and calcium salts of long-chain fatty acids on milk from Italian buffalo. *J. Dairy Sci.*, 80 (9) 2137-2142.
 185. Precht, D. - Voigt, J. - Hagemester, H. - Kanitz, W. (2001): The influence of dietary rumen-protected linoleic acid on milk fat composition, spreadability of butter and energy balance in dairy cows. *European J. Lipid Sci. Technol.*, 103 (12) 783-792.
 186. Ramana, R.Y. - Krishna, N. - Raghava, R.E. - Janardhana, R.T. (2003): Influence of dietary protected lipids on intake and

- digestibility of straw based diets in Deccani sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 106 (4) 29-38.
187. Ramaswamy, N. - Baer, R.J. - Schingoethe, D.J. - Hippen, A.R. - Kasperson, K.M. - Whitlock, L.A. (2001): Composition and flavour of milk and butter from cows fed fish oil, extruded soybeans, or their combination. *J. Dairy Sci.*, 84 (10) 2144-2151.
188. Renner, E. - Hahn, C. (1978): Auswirkungen der Fütterung eingekapseltem Futteröl auf die Qualität des Milchfettes. *Milchwissenschaft*, 33 (7) 422-424.
189. Reynaert, R.M. - De Paepe, M. - Marcus, S. - Peters, G. (1975): Influence of serum free fatty acid levels on growth hormone secretion in lactating cows. *J. Endocr.*, 66 213-224.
190. Rindsig, R.B. - Schultz, L.H. (1974): Effects of abomasal infusions of safflower oil or elaidic acid on blood lipids and milk fat in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 57 (12) 1459-1466.
191. Rodriguez, L.A. - Stallings, C.C. - Herbein, J.H. - McGilliard, M.L. (1997): The effect of degradability of dietary protein and fat on ruminal, blood and milk components of Jersey and Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 80 353-363.
192. Rohr, K. - Daneicke, R. - Oslage, H.J. (1978): Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Fettbeimischungen zum Futter auf Stoffwechsel und Leistung von Milchkühen. *Landbauforschung Völkenrode*, 28 (3) 139-147.
193. Rohr, K. - Lebzien, P. - Daenicke, R. - Engling, F.P. (1993): Zur Wirkung verseifeter Pflanzenfettsäuren in Verbindung mit geschütztem Protein bzw. mit Körnermais auf die Milchleistung und die Milchzusammensetzung bei Hochleistungskühen. *J. Animal Physiology and Animal Nutrition*, 69 (5) 251-259.
194. Savoini, G. - Polidori, F. - Dell'Orto, V. - Lanzani, A. - Bondioli, P. - Fedeli, E. - Toppino, P. - Contarini, G. (1992): Calcium soap and

-
- free fatty acids in dairy cow nutrition: effect on milk yield and quality. *World Review of Animal Production*, 27 (2) 43-49.
195. 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 (1) 2990-3002.
196. Schiemann, R. (1981): Milchbildung. In: Gebhardt, G.: Tierernährung. VEB Deutsch. Landwirtschaftsverlag, Berlin Kapitel 9 249-274.
197. Schmidely, P. - Sauvant, D. (2001): Fat content yield and composition of milk in small ruminants: effect of concentrate level and addition of fat. *INRA Productions Animals*, 14 (5) 337-354.
198. Schmidt, J. - Cenkvari, É. - Kaszás, I. - Sipócz, J. (1993): A bendőben kismértékben lebomló "védett" zsírkészítmény kifejlesztése. OMFB zárójelentés.
199. Schmidt, J. (1994): Increasing energy supply for high producing dairy cows. 3rd International Symposium on Animal Nutrition, Kaposvár, október 18. 1-10.
200. Schmidt, J. (1995): Gazdasági állataink takarmányozása. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
201. Schmidt, J. (2003): A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
202. Shiler, G.G. - Payerkova, G.S. (1982): Hypotetic ideal fat in food products for healthy people. Brief Communication of XXI. Dairy Congr., Moskow, 336.
203. Simos, G.C. - Della-Vedova, J.J. - Gulati, S.K. - Myung, K.H. - Fleck, E. - Gooden, J.M. - Wynn, P.C. (2000): Transfer efficiency of unsaturated fatty acids into milk of cows fed supplements of cottonseed protected form ruminal degradation. *J. Dairy Sci.*, 13 (Suppl.) 141-144.

204. Sipőcz, P. (2000): Védett fehérje és védett zsír a tejlő tehének takarmányozásában. Doktori (PhD) értekezés, Mosonmagyaróvár.
205. 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 (6) 1652-1660.
206. Smith, N.E. - Dunkley, W.L. - Franke, A.A. (1978): Effects of feeding protected tallow to dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.*, 61 747-756.
207. Son, J. - Larson, L.L. - Grant, R.J. (2000): Effect of time of initiating dietary fat supplementation on performance and reproduction of early lactation dairy cows. *Asian - Australisan J. Anim. Sci.*, 13 (2) 182-187.
208. Sprons, P. - Rebolledo, J. - Cadden, A.M. - Jelen, P. (1984): Veränderungen von Butter-Fettsäuren durch Fütterung von geschütztem Lipidsupplement auf Canola-Grundlage. *Milchwissenschaft*, 39 (6) 330-332.
209. Steele, W. - Noble, R.C. - Moore, J.H. (1971): The effects of 2 methods of incorporating soybean oil into the diet on milk yield and composition in the cow. *J. Dairy Res.*, 38 43-48.
210. Stoll, W. - Sollberger, H. - Schaeren, W. (2001): Rapeseed in dairy cow rations. *Revue Suisse d' Agriculture*, 33 (5) 207-212.
211. Storry, J.E. - Hall, A.J. - Jonson, V.W. (1973): The effects of increasing amounts of dietary tallow on milk-fat secretion in the cows. *J. Dairy Res.*, 40 293-299.
212. Storry, J.E. - Brumby, P.E. - Tuckley, B. - Welch, V.A. - Stead, D. - Fulford, R.J. (1980): Effect of feeding protected lipid to dairy cows in early lactation on the composition of blood lipoproteins and secretion on fatty acids in milk. *J. Agric. Sci.*, 94 503-516.

-
213. Sukhija, P.S. - Palmquist, D.L. (1990): Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. *J. Dairy Sci.*, 73 (7) 1784-1787.
 214. 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. Agric. Sci. Camb.*, 84 317-326.
 215. Sutton, J.D. - Knight, R. - McAllan, A.B. - Smith, R.H. (1983): Digestion and synthesis in the rumen of sheep given diets supplemented with free and protected oils. *Br. J. Nutr.*, 49 419-432.
 216. Sutton, J.D. (1989): Altering milk composition by feeding. *J. Dairy Sci.*, 72 2801-2814.
 217. Swenson, M.J. (1984): *Dukes' physiology of domestic animals*. Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, Ithaca, London.
 218. Szakály, S. - Schäffer, B. - Horn, P. - Sarudi, Cs. - Szakály, Z. (2001): A tej táplálkozásbiológiai értéke a közelmúlt új kutatási eredményei tükrében. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 50 (5) 435-448.
 219. Szumacher-Stabel, M. - Potkanski, A. - Cieslak, A. (1998): A note on the effect of rape seed oil supplementation on microbial protein synthesis in sheep. *J. Anim. Feed Sci.*, 7 (3) 293-300.
 220. Teveli, B. (1977): Metodikai vizsgálatok a szálastakarmányok emészthetőségének "in vitro" meghalározása érdekében. Doktori értekezés, Gödöllő.
 221. Teveli, B. (1978): Szálastakarmányok emészthetőségének vizsgálata in vitro módszerrel. Az állattenyésztési kutatóintézet közleményei, Herceghalom, 299-304.

222. Teweedi, J.W. - Rumsby, M.G. - Hawke, J.C. (1966): Studies on rumen metabolism. 5./ Formation of branched long chain fatty acids in cultures of rumen bacteria. *J. Sci. Fd. Agric.*, 17 241-244.
223. Tilley, J.M.A. - Terry, R.A. (1963): A two-stage technique for the in vitro digestion of forage corps. *J. Brit. Vrasl. Soc.*, 63 18 2 104.
224. Tomlinson, A.P. - Horn, H.H. Van - Wilcox, C.J. - Harris, B.J.R. (1994): Effects of undegradable protein and supplemental fat on milk yield and composition and physiological responses of cows. *J. Dairy Sci.*, 77 (1) 145-156.
225. Van der Honing, Y. (1979): The utilisation by high-yielding cows of energy from animal tallow or soya bean oil added to a diet rich in concentrates. *The Eight Symposium on Energy Metabolism*, Cambridge, Sept. EAAP Publication, Butterworths. 315-318.
226. Várhegyi, J. - Várhegyi, J-né - Nagy, A. (1992): Zsír és olajtetési kísérletek tejtermelő tehenekkel. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 41 (5) 453-460.
227. Várhegyi, J. (1993): Néhány tényező hatása a tejtermelő tehenek takarmányfelvételére és termelésére a laktáció első felében. *Kandidátusi értekezés*, Herceghalom.
228. Várhegyi, J. – Lányi, Cs. – Várhegyi, I. – Szűcs, I. (1995): A védett zsíretetés hatása a laktációs tejtermelésre. *Poszter, Agri Univ 95, Mezőgazdasági Kiállítás és Vásár, Egyetemi Nyílt Napok, Gödöllő, szept. 1-3.*
229. Várhegyi, J. (2004): Védett zsírok és fehérjék a tejtermelő tehenek takarmányozásában. *Agro Napló (6)* 53-54.
230. Várhegyi, J. – Várhegyi, I. – Fébel, H. – Juhász, Z. (2004): Tejsírtartalom és a tejsír zsírsav-összetétele. *Előadás, XXX. Óvári Tudományos Napok, Mosonmagyaróvár, 96. old.*

-
231. Várhegyi J-né - Várhegyi J. (1992): Zsírkiegészítés hatása a táplálóanyagok emészthetőségére juhokban. *Allattenyésztés és Takarmányozás*, 41 (6) 527-532.
232. Viviani, R. - Borgatti, A.R. - Cortesi, P. - Crisetig, G. (1968): *Constituenti lipidici dei batteri e dei protozoi del rumine di ovino. La nuova Veterinaria*, 44 279-283.
233. Wachira, A.M. - Sinclair, L.A. - Wilkinson, R.G. - Halltett, K. - Enser, M. - Wood, J.D. (2000): Rumen biohydrogenation of n-3 polyunsaturated fatty acids and their effects on microbial efficiency and nutrient digestibility in sheep. *J. Agric. Sci.*, 135 (4) 419-428.
234. Ward, A.T. - Wittenberg, K.M. - Przybylski, R. (2002): Bovine milk fatty acid profiles produced by feeding diets containing solin, flax, canola. *J. Dairy Sci.*, 85 (5) 1191-1196.
235. Wettstein, H.R. - Forni, M.G.Q. - Kreuzer, M. - Sutter, F. (2000): Influence of plant lecithin partly replacing rumen-protected fat on digestion, metabolic trains and performance of dairy cows. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 84 (5) 165-177.
236. 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.
237. Willett, W.C. - Stampfer, J.M. - Mansos, J.E. - Colditz, G.A. - Speizer, F.E. - Rosner, B.A. - Sampson, L.A. - Hennekens, C.H. (1993): Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *Lancet*, 341 581-586.
238. Yildiz, G. (1990): The influence of palm oil fatty acids and their Ca-soaps on nutritional parameters in the rumen, serum, and faeces in sheep. *Veteriner Fakultesi Gerdisi, Universitesi Ankara*, 37 574-588.

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS	3
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
2.1.	A TAKARMÁNYOK ZSÍRTARTALMA	6
2.2.	A ZSÍROK LEBOMLÁSA A BENDŐBEN	6
2.2.1.	<i>A zsírok hidrolízise</i>	6
2.2.2.	<i>A zsírok hidrogénezése</i>	7
2.3.	A ZSÍROK SZINTÉZISE A BENDŐBEN	9
2.4.	A ZSÍRSAVAK FELSZÍVÓDÁSA	10
2.5.	ZSÍROK HATÁSA A BENDŐ MŰKÖDÉSÉRE	11
2.5.1.	<i>Zsírok hatása a nyersrost bendőbeli lebomlására</i>	12
2.5.2.	<i>Zsírok hatása a bendő mikroflórájára és mikrofaunájára</i>	14
2.5.3.	<i>Zsírok hatása a bendőfolyadék illózsírsav összetételére</i>	15
2.5.4.	<i>Zsírok hatása a bendőfolyadék pH-értékére, NH₃-tartalmára, illetve a bendőbeli metántermelésre</i>	16
2.5.5.	<i>Zsírok hatása az állatok takarmányfelvételére</i>	18
2.6.	VÉDETT ZSÍR FOGALMA, VÉDETT ZSÍROK ELŐÁLLÍTÁSÁNAK TECHNOLÓGIÁI	19
2.6.1.	<i>Burkolással előállított védett zsírkészítmények</i>	19
2.6.2.	<i>Hidrogénezett zsírkészítmények</i>	20
2.6.3.	<i>Zsírsavamidok</i>	21
2.6.4.	<i>Ca-szappanok</i>	22
2.6.5.	<i>Olajos magvak</i>	23
2.7.	VÉDETT ZSÍROK FELHASZNÁLÁSA A KÉRŐDZŐK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN	24
2.7.1.	<i>Védett zsírok hatása a tejtermelésre</i>	24
2.7.2.	<i>Védett zsírok hatása a tej zsírtartalmára</i>	26
2.7.3.	<i>Védett zsírok hatása a tejsír zsírsav-összetételre</i>	28
2.7.4.	<i>Védett zsírok hatása a tej fehérjetartalmára</i>	31
2.7.5.	<i>Zsírok hatása a tej cukortartalmára</i>	33
2.7.6.	<i>Védett zsírok hatása a tehének reprodukzív teljesítményére</i>	34
3.	SAJÁT VIZSGÁLATOK	36
3.1.	A KÍSÉRLETEK CÉLKITŰZÉSE	36
3.2.	ANYAG ÉS MÓDSZER	38

3.2.1. <i>Eltérő zsírsav-összetételű Ca-szappanok bendőbeli stabilitásának vizsgálata in situ módszerrel</i>	38
3.2.2. <i>Eltérő zsírsav-összetételű és eltérő technológiával készült Ca-szappanok bendőbeli stabilitásának vizsgálata in vitro módszerrel</i>	40
3.2.3. <i>Emésztés-élettani alapvizsgálatok bendő- és duodenum kanülözött növendékbikákkal</i>	45
3.2.3.1. <i>Zsírok hatása a bendőfolyadék összetételére és mikrobiális aktivitására</i>	45
3.2.3.2. <i>Zsírok hatása a nyersrost bendőbeli lebomlására</i>	50
3.2.4. <i>Az üzemi kísérletek metodikája</i>	51
3.2.5. <i>A kísérletek során alkalmazott kémiai vizsgálati eljárások</i> ...	57
3.2.6. <i>Az eredmények statisztikai értékelése</i>	59
3.3. <i>KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE</i>	60
3.3.1. <i>Eltérő zsírsav-összetételű és különböző gyártási technológiával készült Ca-szappanok bendőbeli stabilitásának vizsgálata</i>	60
3.3.1.1. <i>Az in situ vizsgálatok eredményei</i>	60
3.3.1.2. <i>Az in vitro vizsgálatok eredményei</i>	62
3.3.2. <i>Zsírkiegészítés hatása a bendőben zajló mikrobás fermentációra</i>	67
3.3.2.1. <i>Különböző kémiai formájú zsírok hatása a bendőfermentációra (1. kísérlet)</i>	67
3.3.2.2. <i>Eltérő zsírsav-összetételű Ca-szappanok hatása a bendőfermentációra (2. kísérlet)</i>	73
3.3.2.3. <i>Nagy telítetlen zsírsavhányadú Ca-szappan hatása a bendőfermentációra (3.kísérlet)</i>	78
3.3.2.4. <i>Zsírok hatása a nyersrost bendőbeli lebomlására</i>	87
3.3.3. <i>Az üzemi kísérletek eredményei</i>	90
3.3.3.1. <i>Lenolaj alapú Ca-szappan etetésének hatása a tej összetételére</i>	90
3.3.3.2. <i>Napraforgó zsírsavpárlatból előállított Ca-szappan etetésének hatása a tejtermelésre és a tej összetételére</i>	96
4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	105
5. ÖSSZEFOGLALÁS	108