

DEBRECENI EGYETEM
AGRÁR- ÉS MŰSZAKI TUDOMÁNYOK CENTRUMA
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
ÁLLATTENYÉSZTÉSTUDOMÁNYI INTÉZET

ÁLLATTENYÉSZTÉSI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:
Dr. Kovács András
egyetemi tanár, az MTA doktora

Témavezető:
Dr. Gundel János
CSc

**EGY FUNKCIONÁLIS SERTÉSTAKARMÁNY KIFEJLESZTÉSÉNEK
LEHETŐSÉGE**

Készítette:
Borosné Győri Anikó
doktorjelölt

Debrecen
2009

EGY FUNKCIONÁLIS SERTÉSTAKARMÁNY KIFEJLESZTÉSÉNEK LEHETŐSÉGE

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

Írta: Borosné Győri Anikó okleveles agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem Állattenyésztési Tudományok doktori iskolája
(Takarmányozás, halbiológia programja) keretében

Témavezető: Dr. Gundel János CSc

A doktori szigorlati bizottság:

elnök:	Dr.
tagok:	Dr.
	Dr.

A doktori szigorlat időpontja: 200..... hó nap

Az értekezés bírálói:

Dr.
Dr.
Dr.

A bírálóbizottság:

elnök:	Dr.
tagok:	Dr.
	Dr.
	Dr.
	Dr.

Az értekezés védésének időpontja: 200.....

1. TÉMAFELVETÉS, CÉLKITŰZÉS.....	5
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	8
2.1. A lipidek szerepe a takarmányozásban.....	10
2.2. A konjugált linolsav.....	12
2.2.1. Megnevezés.....	12
2.2.2. A KLS kialakulás és előállításának módozatai.....	13
2.2.3. A KLS előfodulása.....	15
2.2.4. A KLS élettani hatása.....	16
2.4. A tej.....	19
2.4.1. A nyerstej KLS tartalma.....	19
2.4.2. A nyerstej KLS tartalmát befolyásoló tényezők.....	19
2.3. A ghee.....	27
2.3.1. A ghee meghatározása.....	27
2.3.2. A ghee előállítása.....	28
2.5. A KLS antioxidáns hatása.....	29
2.5.1. Antioxidáns definíciója, tulajdonságai.....	29
2.5.2. Az antioxidánsok szerepe a takarmányokban.....	30
2.5.3. Az antioxidánsok szerepe a szervezetben.....	30
2.5.4. A KLS antioxidáns tulajdonsága.....	31
2.6. A sertéshús zsírsavtartalmának változása takarmányozás hatására.....	33
2.6.1. A sertés zsíremésztése.....	33
2.6.2. A takarmányozás hatása a sertéshús zsírsavösszetételére.....	34
2.6.3. A KLS-tartalmú takarmány etetés hatása a sertéshús zsírsavösszetételére.....	35
2.7. A hús zsírsavösszetételének változása különböző zsiradékokban történő sütés hatására.....	37
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	39
3.1. A tej KLS tartalmának változása a laktáció folyamán.....	39
3.1.1. A vizsgált fajták, tartás és takarmányozás.....	39
3.1.2. A tejmintavétel módszerei, a minták tárolása.....	39
3.2. A ghee készítés módszere.....	40
3.3. A KLS antioxidáns hatásának vizsgálata.....	40
3.3.1. A kísérlet beállítása.....	40
3.3.2. Mintavételek a tárolás során.....	40

3.4. Megnövelt KLS tartalmú takarmány etetése sertésekkel.....	41
3.4.1. Állatkísérletek leírása.....	41
3.4.2. Az állatok vágása, mintavétel.....	43
3.4.3. A minták tárolása az analízisig.....	43
3.5. A sertéshús zsírsavösszetételének alakulása a különböző zsiradékokban történő sütés hatására.....	44
3.5.1. A sütéshez felhasznált zsiradékok.....	44
3.5.2. A sütés menetének leírása.....	44
3.5.3. A minták tárolása az analízis megkezdéséig.....	44
3.6. Az alkalmazott analitikai kémiai módszerek.....	46
3.5.1. A minták zsírsavösszetételének meghatározása.....	46
3.5.1.1. A minták előkészítése analízisre (lipidextrakció, átészterezés, készülék, kromatogramok értékelése).....	46
3.5.2. A minták KLS-tartalmának meghatározása.....	47
3.5.2.1. A minták előkészítése analízisre (lipidextrakció, átészterezés, készülék, kromatogramok értékelése).....	47
3.6. Az adatok statisztikai analízise.....	48
4. EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE.....	49
4.1. A tej zsírsavösszetételének és KLS tartalmának változása az évszakok szerint, eltérő genotípusú szarvasmarhákánál.....	49
4.2. A KLS antioxidáns hatásának vizsgálata kukoricadarával.....	55
4.3. A megnövelt KLS tartalmú takarmány hatása a sertések hizlalási teljesítményére.....	59
4.4. A megnövelt KLS tartalmú takarmány hatása a sertéshús és szalonna zsírsavösszetételére.....	64
4.4.1. A karajminták zsírsavösszetétele.....	64
4.4.2. A combminták zsírsavösszetétele.....	68
4.4.3. A hasszalonna minták zsírsavösszetétele.....	72
4.4.4. A hátszalonna minták zsírsavösszetétele.....	76
4.5. Az etetési kísérlet eredményei.....	80
4.6. A sertéshús zsírsavösszetételének alakulása a különféle zsiradékokban történő sütés hatására.....	82
4.7. A sütési kísérlet eredményeiből levonhatókövetkeztetések.....	89

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	90
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	94
7. IRODALOMJEGYZÉK.....	95
KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS.....	112
NYILATKOZATOK.....	113

1. TÉMAFELVETÉS, CÉLKITŰZÉSEK

A humán táplálkozásban az élelmiszerzsíroknak jelentős szerepe van, hisz a bennük koncentrált energia két-két és félszerese az egyéb élelmiszerkomponensekének. A zsírok az energián kívül még azért is rendkívül fontosak az ember számára, mert ebből tudja felvenni a szervezet számára nélkülözhetetlen esszenciális zsírsavakat, a linolsavat és az α -linolénsavat, valamint az arachidonsavat. Az arachidonsav csak állati eredetű zsírokban fordul elő, ezért ezek a típusú zsírok is rendkívül fontosak az emberi szervezet számára.

Hazánkban a lakosság élelmiszereinek energiatartalmával az esetek nagy részében nincs probléma, hisz élelmiszereink mind szénhidrátból, mind zsírból elegendő mennyiséget tartalmaznak, sőt a táplálkozásunk egyik nagy hibája, hogy túl sok zsírral bevitt energiát fogyasztunk a szénhidrátok rovására illetve a szervezet nem kapja meg az energia mellett a számára feltétlenül szükséges fehérjéket illetve esszenciális aminosavakat. A táplálkozási szakemberek javasolják kevesebb állati eredetű és több növényi eredetű zsiradék fogyasztását, gondolva a telítetlen zsírsavak kedvező élettani hatására. E téren sincs azonban minden rendben, hisz hazánkban a táplálék ω -3 zsírsav tartalma lényegesen alacsonyabb, ω -6 zsírsav tartalma pedig lényegesen magasabb annál, mint ami a táplálkozás szempontjából optimális lenne.

Az állati zsírok ellen szól még az állati eredetű élelmiszerek nagy koleszterin tartalma, amelyet korábban kapcsolatba hoztak a szív-érrendszeri megbetegedések kialakulásával, nevezetesen az érlelmeszesedéssel. Ma már tudjuk, hogy nincs közvetlen összefüggés az élelmiszerek koleszterin tartalma, a vérérszék koleszterin szintje valamint az érlelmeszesedés között, ennek ellenére sokan számúzték étrendjükből az olyan kiváló élelmiszerzsírokat, mint amilyen például a vaj. Az utóbbi időben felfedezték viszont a konjugált linolsavak (KLS) rendkívül kedvező hatását, melyeknek egészségvédő tulajdonságot, antioxidáns és rákellenes hatást tulajdonítanak. A KLS-ak legnagyobb koncentrációban a kérődzők bendőjében a *Butyrivibrio fibriosolvens* baktériumok élettevékenységének eredményeként képződnek különféle biokémiai folyamatokban, így azok húsa, illetve zsírja jelentős KLS forrás lehet az ember számára. Monogasztrikus állatok szervezetében a kérődzőkhöz hasonló mechanizmusok szerint ugyan nem keletkezik KLS, de az emésztőrendszerben meg van a lehetősége, a

minimális mennyiségű KLS képződésének, ezért ezek húsa csak nyomokban tartalmaz KLS-at, ami valószínűleg a takarmánnyal kerül szervezetükbe.

Köztudott, hogy megfelelő takarmányozással befolyásolni lehet az állati szervezet összetételét, mint a hús:zsír arány, a zsírsavösszetétel. Így lehetőség nyílik arra, hogy az emberi táplálkozás számára kedvezőbb élelmiszert, élelmiszeripari alapanyagot állítsunk elő. Ezen célok megvalósításához a funkcionális takarmányozás nyújt segítséget, melynek során a takarmányozás adta lehetőségek felhasználásával olyan állati végterméket állítunk elő, amely a humán fogyasztók számára táplálkozás élettani szempontból többletértéket képvisel. Ezen élelmiszerek lehetnek funkcionális élelmiszerek. Japánban „meghatározott egészségi hasznosságú élelmiszerek” az elnevezése a funkcionális élelmiszereknek, melyek olyan feldolgozott élelmiszerek, amelyek tápláló jellegük mellett elősegítenek egyes testi funkciókat: erősítik a szervezet védekező mechanizmusait, hozzájárulnak betegségek megelőzéséhez, mint pl. a magas vérnyomás és a cukorbetegség, gyorsítják a betegségek utáni felépülést, javítják a fizikai állapotot, és lassítják az öregedést (BIRÓ és mtsai, 1997). A funkcionális élelmiszerek a European Commission Concerted Action on Functional Food Science (FUFOSÉ-Group) szerint a következő: „Az élelmiszer akkor tekinthető funkcionálisnak, ha a megfelelő táplálkozás-élettani hatásokon túlmenően, a szervezetben egy vagy több cél-funkcióra kimutatható pozitív hatása van úgy, hogy jobb egészségi állapot vagy kedvezőbb közérzet és/vagy a betegségek kockázatának csökkenés érhető el. Funkcionális élelmiszer kizárólag élelmiszer formájában kínálható, nem mint tablettá vagy kapszula. A szokásos táplálkozási magatartás integrális részét képezze, és hatását már a szokásos fogyasztási mennyiségnél fejtse ki” (DIPLOCK és mtsai, 1999; KATAN, 1999). Minden olyan élelmiszer, (természetes vagy ipari úton előállított), amely a benne lévő tápanyagokon túl egy, vagy több bioaktív (fokozottan egészségvédő) anyagot is tartalmaz, funkcionális élelmiszernek minősül (SZAKÁLY és SCHÄFFER, 2006). SCHMIDT és mtsai (2008) szerint a funkcionális élelmiszerek azok az élelmiszerek, amelyek speciális táplálóanyag tartalmuknak köszönhetően, rendszeres, tartós fogyasztásuk esetén késleltetik vagy akár elkerülhetővé teszik egyes betegségek kialakulását.

Összegezve a fentieket, doktori disszertációm célkitűzései a következők:

1. Irodalmi adatok szerint a KLS tartalmat befolyásolja az évszak, a tartás, a takarmányozás és a fajta, ezért kutatómunkám *első célkitűzése* annak felderítése volt, hogy hogyan változik a tej KLS-tartalma eltérő genotípusú szarvasmarháknál a laktáció folyamán.
2. Vizsgálataim *második célja* az volt, hogy vizsgáljuk az 5 %-os mennyiségben kukoricadarához kevert, megnövelt KLS tartalmú vaj antioxidáns hatását, 40 hetes kísérlet keretében. a zsírsavak oxidációjára.
3. *Harmadik célként*, magyar nagy fehér X holland lapály fajtájú sertésekkel beállított etetési kísérletben vizsgáltuk, hogy a KLS-val dúsított takarmány milyen hatással van a sertés hús- és szalonnarészeinek zsírsavösszetételére.
4. *Negyedik célunk* az volt, hogy megnövelt KLS tartalmú húsrészek összetételnek változását vizsgáljuk sertézsírban, napraforgóolajban és pálmazsírba kisütött húsminták során, azaz, a sütéshez használt zsíradék hogyan befolyásolja a húsminta zsírsavösszetételét.

Vizsgálataimat, az állati eredetű fehérjék takarmányozási célú felhasználásáról szóló, 43/2003 (IV.26.) FVM rendelet ismeretében végeztem el.

A dolgozat elkészítése során szeretttük volna a kidolgozott funkcionális sertéstakarmány életpályáját végigkövetni egészen a kiindulási nyersanyagtól, a tejtől, a készterméken át a piacra és onnan a konyhai asztalra kerülő húsig.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az emberek egészsége általában a genetika és a környezet közötti kölcsönhatások eredménye. Genetikai profilunk az utóbbi negyvenezer évben alig változott, emésztési sajátosságaink pedig gyakorlatilag nem változtak. Változott azonban a rendfelkezésre álló élelmiszerek összetétele és mennyisége, valamint a fizikai aktivitásunk. A fejlett országokra jellemző táplálkozási szokásainkat az összes zsír (telített zsírsav, transz zsírsav, $\omega 6$ esszenciális zsírsav) növekedése jellemzi, csökkent viszont az $\omega 3$ esszenciális zsírsavak mennyisége.

A nyugati társadalmak és más fejlett országok ülő életmóddal jellemezhetők. Nincs egyensúly az $\omega 6$ és $\omega 3$ zsírsavak között és gyakorlatilag hiány van az $\omega 3$ zsírsav felvételben éppúgy, mint a fizikai aktivitásban. Ezen kedvezőtlen változás egyik oka a növényi olajok gyakori használata.

Az ember egészsége szempontjából nagyon fontos tényező az élelmiszerek zsírsavösszetétele. A telített és telítetlen zsírsavak különböző aránya jelentős hatással lehet a fogyasztók egészségére. A telített zsírsavakat a szív- és érrendszeri megbetegedések rizikófaktorának tekintik (BURR és mtsai, 1989; HRBOTICKY és WEBER, 1993), a telítetlen zsírsavakról pedig azt tartják, hogy segítenek ezen betegségek megelőzésében (SIMOPOULOS, 1991; WEBER és mtsai, 1993; WILLETT, 1994). Az omega-3 többszörösen telítetlen zsírsavak kedvező irányban befolyásolják az atherosclerosis kockázati tényezőinek többségét. Csökkentik a szérumtriglicerid és a VLDL szintjét, mérsékelten emelik a HDL mennyiségét, vérnyomáscsökkentő, antitrombotikus és antiaggregációs hatásúak (VARGA, 2008). A hosszú szénláncú, telítetlen zsírsavaknak jelentős szerepe van a csecsemők megfelelő idegrendszeri fejlődésében. Jelenlétük elengedhetetlen a megfelelő látásélesség valamint a kognitív funkciók kialakulásához (DECSI és mtsai, 1996).

Az emberi szervezet számára esszenciális a linolsav és az alfa-linolénsav, melyeknek többirányú élettani hatása van. Közvetlenül hatnak a zsírsavcserére és a membránokba épülve biztosítják annak átjárhatóságát, javítják a vörösvérsejtek flexibilitását, a vér viszkozitását. A hormonszerű aktivitású eikozanoidok prekursorai. Az n-6 zsírsavak egyik fő képviselője a linolsav, melynek szerepe van az epidermális vízáteresztőképesség szabályozásában, csökkenti a szérum összkoleszterin- és HDL-koleszterin szintjét. Másik fontos képviselője az n-6 csoportnak az arachidonsav, mely

zsírsav az eikozanoidok prekursora (eikozapentaénsav ($C_{20:5}$) és a dokozaheksaénsav ($C_{22:6}$)), a sejtmembránok foszfolipidjének alkotóeleme, és jelentős mértékben halmozódik fel a központi idegrendszerben valamint a retinában a magzati és a postnatalis fejlődés folyamán. Az n-3 család fontos tagja az α -linolénsav, és a belőle képződő EPA és DHA. Szerepe van a szérum koleszterinszintjének csökkentésében, a kardiovaszkuláris betegségek kialakulásának csökkentésében és a megfelelő magzati fejlődésben (ANTAL és GAÁL, 1998).

Az állati eredetű zsírok igen nagy mennyiségben tartalmaznak telített zsírsavakat, ezért az utóbbi időben az emberi táplálkozásban a sertés és marhahús népszerűsége csökkent. Ugyanakkor jelentősen megnövekedett a sok telítetlen zsírsavat tartalmazó baromfi, hal és különböző tengeri eredetű élelmiszerek népszerűsége a fogyasztók körében.

2.1. A lipidek szerepe a takarmányozásban

A takarmányokban előforduló zsíroknak a főbb szerepei a következők (KAKUK és SCHMIDT, 1988):

1. *Energiahordozó*

A takarmányokban előforduló táplálóanyagok közül a valódi zsírok energiatartalma a legnagyobb (SCHMIDT, 1996).

Napjaink takarmányozásában a magas termelési szint eléréséhez előnyös a magas energiatartalmú zsírok használata.

A lipidek a legnagyobb energiakonzentrációval bíró takarmányfélések. 1g zsír energiaértéke 38,5-39,7 kJ (KAKUK és SCHMIDT, 1988). Ez a mennyiség 2,2-2,5-szerese a többi takarmány komponens energiatartalmának. A megnövekedett állati termelés (tej, hús, tojás) fokozott energiaszükségletét a takarmány energiakonzentrációjának növelésével lehet fedezni.

A baromfitakarmányozás hatékonyságának növelése érdekében, a fajlagos takarmányfelhasználás csökkentése érdekében célszerű a tápok energiakiegészítése (GIPPERT, 1996).

Sértés esetében körültekintően kell eljárni, hogy a zsírkiegészítés ne rontsa a súlygyarapodást, illetve a takarmányfelvételt, valamint ne romoljon a vágási érték.

2. *Ízjavító hatás*

A takarmányokban előforduló illóolajok növelhetik azok ízletességét. Az aromás takarmányokat az állatok szívesebben fogyasztják. Ezek az illóolajok megjelennek az állati termékben és ezáltal mérsékelt megjelenésük növelheti azok élvezeti értékét (SCHMIDT, 1996).

3. *Lubrikáns hatás*

Lubrikánsoknak nevezzük azokat az anyagokat, amelyek jelentősen csökkenti a préselés formázási és kitolási szakaszában a matrica falánál fellépő súrlódást.

A zsírok, olajok lubrikáns hatásának a különböző pelletált takarmányok esetén van különös jelentősége. A takarmányokhoz kevert zsír megkönnyíti az őrlemény granulálhatóságát (SCHMIDT, 1996).

4. *Esszenciális zsírsavhordozó*

A takarmányokban előforduló lidek lehetnek növényi és állati eredetűek, ami az esszenciális zsírsav tartalmat nagy mértékben meghatározza.

A telített és az egyszeresen telítetlen zsírsavak nem számítanak esszenciálisnak, mert ezeket a szervezet a de novo szintézis során elő tudja állítani. Az állati szervezet számára esszenciális a linolsav $/C_{18:2} (n-6)/$ és az arachidonsav $/C_{20:4} (n-6)/$ (CUNNANE, 1984).

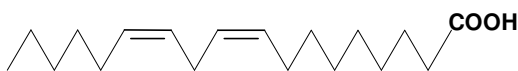
A többszörösen telítetlen zsírsavak közül a takarmányokban döntő többségben három fordul elő: a linolsav, a linolénsav $/C_{18:3} (n-3)/$ valamint az arachidonsav. Az állati szervezet az n-6 és az n-3 csoport tagjait csak abban az esetben képes szintetizálni, amennyiben a takarmányban jelen vannak az esszenciális zsírsavak (WHITEHEAD, 1984).

2.2. A konjugált linolsav

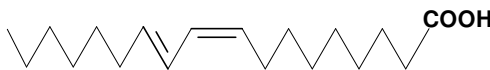
2.2.1. Megnevezés

HUR és mtsai (2007) definíciója szerint a konjugált linolsav gyűjtőfogalom, mely a linolsav konjugált kettős kötéssel rendelkező szerkezeti (c8, c10; c9, c11; c10, c12 és c11, c13) és geometriai (cisz, cisz; cisz, transz; transz, cisz és transz, transz) izomerjeit jelöli. Az összes konjugált linolsav 80 %-át a cisz-9, transz-11 és a transz-10, cisz-12 izomerek adják. RITZENTHALER és mtsai (2001) megállapították, hogy a fő KLS izomer a cisz-9, transz-11, amely a teljes KLS felvétel több, mint 90 %-át adja.

1. ábra A linolsav és a konjugált linolsav képlete (CSAPÓ és mtsai, 2001)



cisz-9,cisz-12-C18:2 (linolsav)



cisz-9,transz-11-C18:2 (konjugált linolsav, KLS)

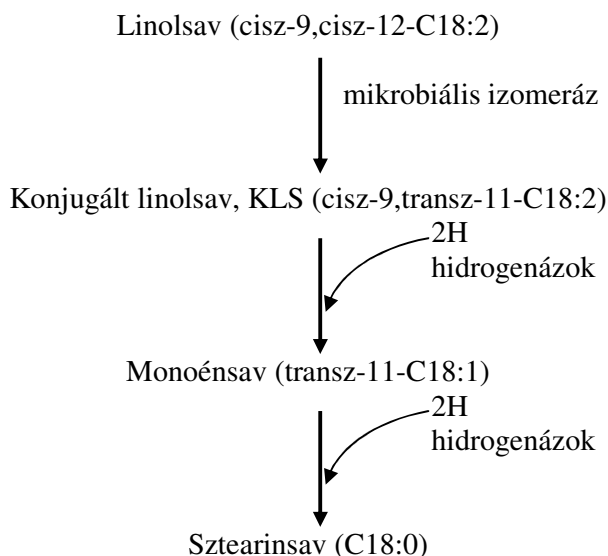
A konjugált linolsav megnevezés azon linolsav-izomerek (szerkezeti és geometriai izomerek) gyűjtőneve, melyek a linolsavval szemben nem izolált, hanem konjugált helyzetben tartalmazznak két kettős kötést (CSAPÓ és mtsai, 2001).

Ezek a kettős kötések leggyakrabban a 9, 11, vagy a 10, 12 helyzetben találhatók (HA és mtsai, 1987), de előfordulhatnak egyéb pozíciókban is, mint például a 8, 11 helyzet illetve a 11, 13-as (CHRISTIE és mtsai, 1997). A konjugált linolsavban lévő kettős kötések egyaránt lehetnek *cisz*, vagy *transz* konfigurációjúak. A táplálékban a KLS izomerek közül 80 %-ban a cisz-9, transz-11 izomer fordul elő (CHURRUCA és mtsai, 2009).

2.2.2. A KLS kialakulása és előállításának módozatai

Természetes körülmények között a KLS főként a többszörösen telítetlen zsírsavak biológiai hidrogénezése során termelődik. Képződése bakteriális enzimtevékenység eredménye, ami elsősorban a kérődző állatok bendőjében zajlik. E mechanizmus mellett feltételezhetően egyes mikrobák is képesek szabad linolsavat cisz-9,transz-11 konjugált linolsavvá alakítani, patkányok bélcsatornájában, mivel azok linolsav fogyasztása befolyásolta a szöveteik KLS-tartalmát. Nagyobb mennyiségű linolsavat fogyasztó patkányok szöveteiből, magas KLS koncentrációt határoztak meg (SHORLAND és mtsai, 1955; CHIN és mtsai, 1992a).

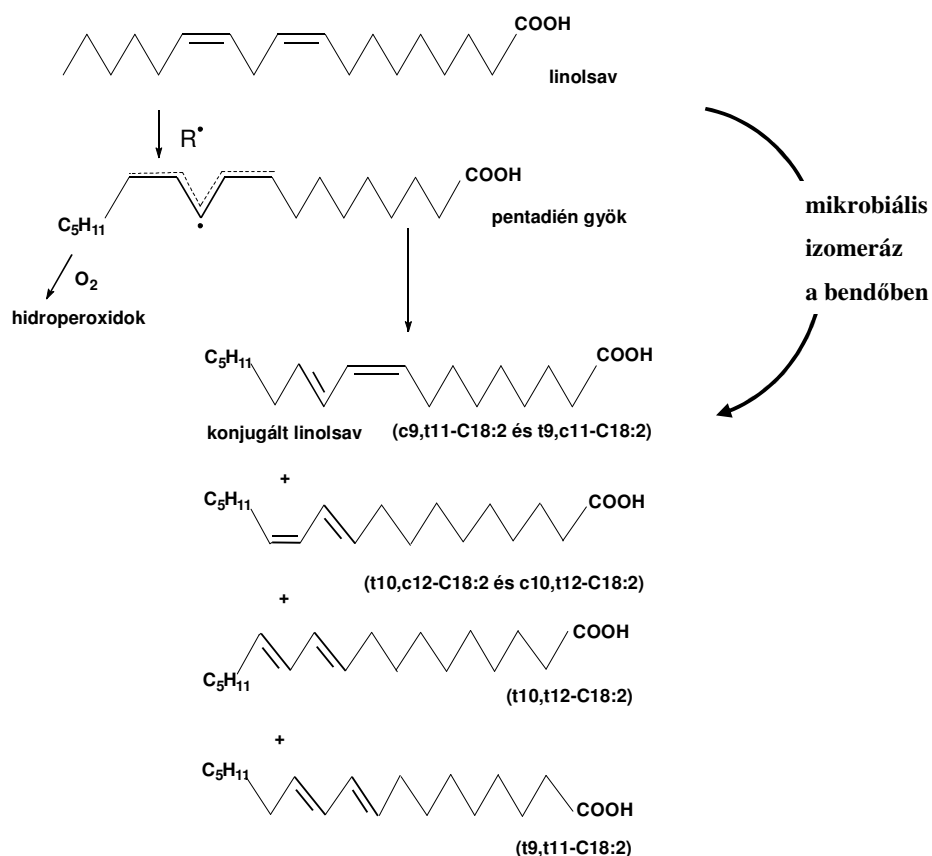
2. ábra A linolsav biológiai hidrogéneződése a bendőben
(CSAPO és mtsai, 2001)



KEPLER és TOVE (1967a) valamint CHURRUCA és mtsai (2009) megállapítása szerint a cisz-9, transz-11-C18:2 (c9, t11-KLS) a leggyakrabban előforduló természetes KLS izomer, amely izomer a linolsav (cisz-9, cisz-12-C18:2) biológiai hidrogénezésének első lépésében keletkezik. A konjugált linolsav (cisz-9, transz-11-C18:2) a *Butyrivibrio fibrisolvens* baktérium mikrobiális izomeráz enzimének hatására képződik linolsavból (cisz-9,cisz-12-C18:2), majd ezt követően két hidrogénatom felvételével a cisz-9 kettős kötés telítődik, és egy egyszeresen telítetlen zsírsav (transz-11-C18:1) jön létre. Ez a monoénsav további hidrogénezéssel sztearinsavvá (C18:0) alakulhat át (KEPLER és mtsai, 1971).

GRIINARI és BAUMAN (1999) valamint CORL és mtsai (2001) vizsgálatainak eredményei alapján feltételezni lehet, hogy transz-C18:1 zsírsavakból is kialakulhat KLS a emlősök tejmirigyében, vagy a patkányok májában (POLLARD és mtsai, 1980; HOLMAN és MAHFOUZ, 1981) a $\Delta 9$ -deszaturáz reakcióval (GRIINARI és mtsai, 2000; HUR és mtsai, 2007).

3. ábra A konjugált linolsavak kialakulása szabad gyökös reakcióval illetve biológiai hidrogéneződéssel linolsavból
(CSAPÓ és mtsai, 2001)



A linolsavban gazdag olajok lúgos izomerizációja, vagy a ricinusolaj víztelenítése közben is kialakulhatnak konjugált linolsavak kémiai reakciókban, enzimek közreműködése nélkül. (PADLEY és mtsai, 1994). DORMANDY és WICKENS (1987) kutatásai szerint a linolsav in vivo szabadgyökös autooxidációja során is keletkezhet KLS, nagy kén tartalmú fehérjék jelenlétében. BERDEAUX és mtsai (1997) egy olyan

szintézis-módszert fejlesztettek ki, mellyel metil-c9, t11-KLS-t lehet előállítani ricinusolajból nyert ricinussav-metil észterből.

2.2.3. A KLS előfordulása

A jelenlegi ismeretek alapján a kérődző állatok termékei körülbelül tízszer annyi KLS-at tartalmaznak, mint a monogasztrikusokéi. Különböző állatokból több húsmintát vizsgáltak meg FOGERTY és mtsai (1988) Ausztráliában. CHIN és mtsai (1992b) az Egyesült Államokban egy hasonló, de szélesebb körű felmérést végeztek. Az általuk mért eredmények a következők voltak (g KLS/100 g zsír):

	USA	Ausztrália
▪ marhahúsban	0,37	1,3
▪ bárányhúsban	0,56	1,49
▪ borjúhúsban	0,27	0,74
▪ sertéshúsban	0,06	0,14
▪ csirkehúsban	0,09	0,18

A különbözőségek okai valószínűleg az eltérő takarmányozási módszerekben keresendők (PARODI, 1994). A halak és egyéb tengeri állatok húsának KLS-tartalmát még ennél is kevesebbnek (0,05 g KLS/100 g zsír) mérték CHIN és mtsai (1992b).

Monogasztrikus állatok termékei kevesebb KLS-t tartalmaznak a kérődző állatok termékeinél. A bárányhús, a marhahús, és a tehéntej körülbelül tízszer annyi KLS-t tartalmaz (0,5-1g KLS/100g zsír), mint a sertés vagy a lazac húsa, valamint a tojássárgája (JIANG, 1998). Ennek oka, hogy a *Butyrivibrio fibriosolvens* baktérium tevékenységének eredményeként a biológiai hidrogénezés során képződött KLS egy része a kérődzők bendőjéből a vékonybélbe továbbjutva a többi takarmány eredetű zsírsavval együtt felszívódik, átésztereződik, és végül az állat szervezetének minden részébe eljut (CHRISTIE, 1979).

Az abrakfogyasztó állatok zsírjának KLS-tartalma származhat egyrészt a takarmányból - a hús alapú takarmányok és a faggyú fogyasztásával -, másrészt elképzelhető, hogy a patkányok és egyéb monogasztrikus állatok bélrezidens mikroorganizmusai is képesek a linolsavat konjugált linolsavakká alakítani. Ha ez a

hidrogénezési folyamat végbe is megy bélcsatornájukban, kisebb mértékű, mint a kérődzők bendőjében (PARODI, 1994).

A növényi olajokban, és a belőlük készített margarinokban nem találtak KLS-t (KEPLER és mtsai, 1966; PARODI, 1994; FRITSCHÉ és STEINHART, 1998). Többen ki tudták mutatni a KLS-at a növényi zsiradékokból, de azok csak kis mennyiségben tartalmazták azt (ACKMANN és mtsai, 1981; MOSSOBA és mtsai, 1991; SPITZER és mtsai, 1991a; SPITZER és mtsai, 1991b CHIN és mtsai, 1992b; KAYAHAN és TEKIN, 1994). A hidrogénezett növényi olajok KLS-tartalmában mért különbségeket az eltérő hidrogénezési körülményekkel indokolták (FRITSCHÉ és STEINHART, 1998).

A termék KLS-tartalmát az élelmiszergyártás egyes lépései, mint a hőkezelés és a fermentációs eljárások is befolyásolhatják. SHANTA és mtsai (1995) a KLS mennyiségének megemelkedését tapasztalták tejtermékekben a mikrobiális fermentáció vagy a tartósítás eredményeként. Több szerző is jelentősnek találta a hőkezelés (HA és mtsai, 1989; SHANTA és mtsai, 1992) és az érlelés (HA és mtsai, 1989) KLS-szint növelő hatását sajtgyártás esetén, míg más élelmiszerek esetében nem tapasztaltak jelentős KLS-tartalom változást a feldolgozás során (CHIN és mtsai, 1992b; SHANTA és mtsai, 1994; FRITSCHÉ és STEINHART, 1998).

A KLS különböző élelmiszeripari termékekben megtalálható. Tartalmazza a tejtermékek, a marha-, sertés- és baromfi termékek, a tengeri élelmiszerek és a növényi olajok (HUR és mtsai, 2007).

2.2.4. A KLS élettani hatása

A KLS-nak antikarcinogén, antiatherogén, immunmoduláló valamint elhízás ellenes hatása van. Ezeknek a hatásoknak az eikozanoid metabolizmus, a citokinin termelés és/vagy a génexpresszió az alapja.

A konjugált linolsav elsődleges hatása bizonyos rákos megbetegedések elleni védelem. Jelentős szempont a rák elleni védelemben, hogy a KLS nemcsak az állati, hanem az emberi zsírszövetben is képes felhalmozódni.

PARIZA és HARGRAVES (1985) tapasztalta először a KLS rákellenes hatását. A szerzők arra kerestek választ, hogy a marhahús konyhatechnikai kezelése során milyen mutagén anyagok keletkezhetnek. A mutagén anyagok helyett azonban felfedeztek egy

csoport antimutagén hatással bíró zsírsavat, amelyekről kiderült, hogy konjugált linolsavak.

A KLS antikarcinogén és elhízás ellenes hatását először IP és mtsai (1994a) mutatták ki rágsálókkal és in vitro körülmények között is.

A konjugált linolsavak karcinogenezist befolyásoló folyamatait többen vizsgálták, azonban ezek a folyamatok nagyrészt még feltáratlanok. Különböző típusú tumorok esetében a kölcsönhatások mechanizmusa eltérő lehet. Az életkor, a karcinogén anyaggal történő kapcsolat időtartama és a karcinogenezis előrehaladottsága is megváltoztathatja a KLS hatásmechanizmusát (PARODI, 1997).

Különféle rákkeltő anyagok felhasználásával többen is végeztek kísérleteket (BENJAMIN és mtsai, 1992; ZU és SCHUT, 1992; LIEW és mtsai, 1995; IP és mtsai, 1991, 1994b, 1996; HA és mtsai, 1990; PARODI, 1994, 1997; SCHULTZ és mtsai, 1992; COPE és REEVE, 1994) a különböző rákos daganatok kifejlődésének indukálására. Azokban az állatokban, amelyek a rákkeltő anyagok adagolása előtt szintetikus KLS-at kaptak, csak fele annyi daganat keletkezett, mint azokban, amelyek nem kaptak KLS-kiegészítést. A kísérleti állatok testszöveteinek vizsgálatakor azt tapasztalták, hogy a szövetek triacil-glicerol molekuláiban a KLS összes izomere megtalálható, de a membránok foszfolipid frakciójába csak a c9,t11-C18:2 izomer épült be. Ebből arra következtettek, hogy csak ennek az egy izomernek van biológiai aktivitása. A KLS természetes forrásában túlsúlyban lévő izomere (85-90%) a cisz-9, transz-11 konfigurációjú (AZAIN, 2003).

A kísérletek során a KLS antioxidáns tulajdonságát figyelték meg HA és mtsai (1990). Feltételezésük szerint a KLS rákellenes hatása azon alapul, hogy a KLS molekula in situ védelmet nyújt a membránt támadó szabad gyökök ellen.

A KLS antikarcinogén hatását a sejtprolifерációs folyamatok gátlása révén is kifejezheti. A kísérleti állatok szervezetébe rákkeltő anyag beadása az ornitin dekarboxiláz enzim (ODC) vagy a protein kináz C enzim aktiválódását váltja ki, amelyek a daganatképződés előmozdításában vesznek részt. Ha a rákkeltő anyag beadása előtt KLS jut a szervezetbe, akkor meggátolja, hogy a rákkeltő anyag bármelyik enzimet aktiválja (BENJAMIN és mtsai, 1992; PARODI, 1994).

A kísérleti állatok több szervében a 2-amino-3-metilimidazo[4,5-f]quinolin (IQ) DNS elváltozásokat okozott. Az IQ DNS-re gyakorolt negatív hatását a KLS etetése gátolta (ZU és SCHUT, 1992).

A sejtkultúrákban az emberi rákos sejtekre a KLS citotoxikus hatást gyakorol (SCHULTZ és mtsai, 1992). A feltételezés szerint a KLS a fehérje- és a nukleotid-bioszintézis gátlásával csökkenti a rákos sejtek növekedését.

A konjugált linolsav rákellenes hatásán kívül egyéb biológiai hatásairól is ismert. Szerepe van az immunmodulálásban, azaz az immunrendszer védelmi kapacitásának szabályozott erősítésében (HARO és mtsai, 2006); a test zsírtartalmának csökkentésében (NAVARRO és mtsai, 2006) és a „szálkásítás”-ában. Koleszterinszint-csökkentő valamint antiatherogén hatást is tulajdonítanak a KLS-nak (LEE és mtsai, 1994; NIKOLOSI és LAITINEN, 1996).

Mindezen pozitív hatások mellett azonban, ha a KLS-at magas zsírtartalmú takarmány mellett etették növendék egerekkel, akkor májmegnagyobbodást és a máj triglicerid akkumulációjának súlyosbodását tapasztalták (ANDREOLI és mtsai, 2009).

A cisz-9, transz-11 valamint a transz-10, cisz-12 KLS izomerek hatására inzulin rezisztencia alakulhat ki (CHURRUCA és mtsai, 2009). Riserius és mtsai (2004) azoknál a személyeknél, akiknél magas a cardiovascularis betegségek kialakulásának valószínűsége, mindkét KLS (transz-10, cisz-9 valamint cisz-9, transz-11) izomer kiegészítés (3 g/nap) hatására az inzulinrezisztencia és a lipid peroxidáció növekedését tapasztalták.

Egereken végzett kutatások bebizonyították, hogy a transz-10, cisz-12 KLS izomer inzulin rezisztenciát, megnövekedett plazma inzulin koncentrációt okozott valamint csökkentette a plazma leptin koncentrációját (TERPSTRA, 2004).

2.3. A tej

2.3.1. A nyerstej KLS tartalma

A tejsírban a teljes KLS-tartalom több mint 80%-át a KLS izomerek közül a c9,t11-KLS teszi ki (CHIN és mtsai, 1992; PARODI, 1994; FRITSCHÉ és STEINHART, 1998). Több országban is vizsgálták a tejsír KLS-tartalmát, mely értékek a 0,2-2g KLS/100g tejsír tartományba estek (JIANG, 1998). Ezekkel az eredményekkel JIANG és munkatársainak (1996) Svédországban végzett mérési eredményei is összhangban vannak (0,25-1,77g KLS/100g tejsír). A c9,t11-KLS izomer minimum szintjét LIN és munkatársai (1995) a nyerstejben 0,45g/100g zsír értékben határozták meg. 14 EU tagországból származó 2110 darab tejmintát vizsgálva PRECHT és MOLKENTIN (2000) a c9,t11-KLS mennyiségének átlagát a tejsírban 0,76g/100g-nak mérték ahol a mért értékek 0,13-1,89g/100g szélső értékek között váltakoztak.

2.3.2. A nyerstej KLS-tartalmát befolyásoló tényezők

A tej KLS-tartalmát befolyásoló tényezők közül mind a tartásmód, mind az évszak hatása is takarmányozási okokra vezethető vissza. Ezek közül a leglényegesebb tényezők a takarmány telítetlen zsírsav (főként linolsav és linolénsav), energia- és rosttartalma, a zsiradék kötött vagy szabad formában való bevitele. Kötött forma esetén az olaj-hordozó szerkezete, valamint a takarmányfelvétel ütemezése (a napi etetések száma) van befolyással a KLS tartalomra.

BOOTH és KON (1935) vizsgálataik során azt tapasztalták, hogy tavasszal a teheneket legelőre kihajtva, a tejükben lévő zsírsavak fényabszorpciója az ultraviola tartományban (230 nm-en) jelentősen megnövekedett. Ezzel a méréssel a tej KLS-tartalmát mérték. A tejsír konjugált dién-sav tartalmának spektrofotometriás meghatározásával foglalkozó módszereket RIEL (1963) foglalta össze, aki hasonló évszakonkénti ingadozásról számolt be. A nyerstej KLS-tartalma nyáron kétszer olyan magas volt (1,46%-a az összes zsírsavnak), mint télen (0,78%). DHIMAN és munkatársai (1996) a legelőre kihajtott tehenek tejében szignifikánsan magasabb KLS-tartalmat mértek, mint a szénával és/vagy szilázssal takarmányozott tehenek esetén. A

transz-zsírsavak (TZSS) esetében is szezonális változást tapasztaltak WOLFF és munkatársai (1995) francia tehenek tejének zsírjában. Kétszer magasabb volt júniusban a *transz*-C18:1 tartalom, mint a januártól márciusig tartó időszakban.

PRECHT és MOLKENTIN (2000) 14 EU tagországból származó tejminták c9,t11-KLS, és *transz*-zsírsav (TZSS) tartalmának gyakorisági eloszlását tanulmányozták. Három eltérő szezonális tartási és takarmányozási módszer KLS és TZSS koncentrációra gyakorolt hatását vizsgálták: legeltetés (nyár), istállózott tartás és etetés (tél), átmeneti időszakok (tavasszal és ősszel). A német tejminták esetében a c9,t11-C18:2 izomer koncentrációjának eloszlása 0,4 és 1,4 g/100g zsír értékek körül ért el maximumot, azaz ez a két KLS koncentráció volt a leggyakoribb a vizsgált mintákban. Az első maximum a téli, a második a nyári takarmányozás esetében vett tejmintákhoz tartozott. A nyáron és a télen mért KLS koncentrációk átfedése kicsi volt; az átmeneti időszakban mért értékek a télen és a nyáron mért értékek között helyezkedtek el. Ezekhez az értékekhez hasonló eloszlásokat kaptak a tejminták teljes *transz*-C18:1 és *transz*-C18:2 tartalmára és a t11-C18:1, és a t11,c15-C18:2 zsírsavtartalomra is. A teljes *transz* zsírsav-tartalom (*transz*-C16:1, *transz*-C18:1, és *transz*-C18:2 összege) eloszlása hasonló volt a KLS-éhez. A francia tejminták c9,t11-C18:2 és *transz*-C18:1 zsírsavtartalmának eloszlása is mutatta a téli és a nyári szezonális maximumot. A tehenek zsírjának átlagos KLS (0,74%), *transz*-C18:1 (3,58%) és a teljes TZSS tartalma (4,78%) majdnem azonos volt a németországi tejzsírokban kapott értékekkel (0,75; 3,62; és 4,86%). A harmadik mintacsoportba 12 EU országból származó tejzsír minták tartoztak, Németország és Franciaország kivételével. Ezen minták esetében a KLS koncentrációk gyakorisága nem mutatott nyári és a téli maximumot. Ennek oka, hogy a vizsgált országok éghajlati adottságai, és ezzel összefüggésben a takarmányozási körülmények is eltértek egymástól. Az írországi teheneket például egész évben legeltették, ezért a legnagyobb gyakorisággal előforduló koncentrációk szinte kivétel nélkül a legmagasabb értékek közül kerültek ki.

A legeltetett állatok többszörösen telítetlen zsírsav (PUFA) bevétele magasabb, mint az istállóban tartott és részben tartósított tömegtakarmányokkal takarmányozott állatoké. A *transz*-zsírsavak a linolsav és a linolénsav részleges biológiai hidrogénezésével keletkeznek a szarvasmarhák bendőjében, így nyáron, a magasabb PUFA tartalmú takarmány etetésekor több TZSS keletkezik, mint télen. A tejzsír linolénsav koncentrációjának gyakorisága szintén két értéknél ért el maximumot, azonban a linolsav esetében ez a takarmányozás-függő, tipikus mintázat nem volt

felismerhető. A statisztikai vizsgálatok szerint szoros volt az összefüggés a tejzsír c9,t11-C18:2 szintjének változása, és a transz-C18:1; t11-C18:1; transz-C18:2; t11,c15-C18:2; illetve a teljes TZSS tartalom változása között ($r < 0,9$) (PRECHT és MOLKENTIN, 2000). JAHREIS és munkatársai (1997) szintén pozitív korrelációt találtak a tej KLS-tartalma és t11-C18:1 zsírsavtartalma között. Erre magyarázatul szolgálhat az a tény, hogy in vivo körülmények között a c9,t11-C18:2 KLS izomer a t11-C18:1 zsírsav fő prekursora, másrészt a t11-C18:1 a transz-C18:1 zsírsavak fő izomere a tejzsírban és a kérődzők előgyomrában (PRECHT és MOLKENTIN 2000; BAYARD és WOLFF, 1996). A tejzsír c9,t11-C18:2 KLS és t11-C18:1 tartalma között JIANG és munkatársai (1996) is szoros lineáris kapcsolatot állapítottak meg. Miután a transz-11 kötés az izomeráz enzim közreműködésével létrejött, a cisz-9 kötés hidrogéneződik, és t11-C18:1 keletkezik (KEPLER és mtsai., 1971). Ezt a két reakciót, a szarvasmarha bendőjében is előforduló, *Butyrivibrio fibrisolvens* baktérium enzimjei katalizálják (KEPLER és TOVE, 1967b), de a t11-C18:1→C18:0 második hidrogénezési lépés független ezen baktériumok tevékenységétől, és a teljes biológiai hidrogénezési folyamat (a linolsavtól a sztearinsavig) reakciósebességét is meghatározza (KEMP és mtsai, 1975; POLAN és mtsai, 1964).

PRECHT és MOLKENTIN (2000) szerint az általánosan elfogadott takarmányozási körülmények között, a tejzsír KLS-tartalmának növekedése (mely táplálkozástani szempontból kívánatos) mindig összefügg a nem kívánatos transz-C18:1 és transz-C18:2 zsírsavak mennyiségének növekedésével.

Nagyobb mennyiségű KLS akkor szívódik fel a bélcsatornából, ha a táplálék telítetlen zsírsavtartalma magas és/vagy ha a biológiai hidrogénezés folyamata valamely okból nem teljes. A zöldtakarmányok zsírja linolénsavban, a szójaolaj, a gyapotmagolaj és a napraforgóolaj pedig linolsavban gazdag (DHIMAN és mtsai, 2000). DHIMAN és munkatársai (1999a) úgy találták, hogy a legeltetett tehenek tejének magasabb volt a KLS-tartalma, ha kiegészítésként nem kaptak koncentrált (abrak) takarmányt. Azonban ha az állatok teljes zsírtartalmú extrudált szójadarát, teljes zsírtartalmú extrudált gyapotmagot, vagy napraforgó olajat kaptak kiegészítésként, a tej KLS-tartalma megemelkedett (DHIMAN és mtsai, 1999b; KELLY és mtsai, 1998). A teljes zsírtartalmú repcemag etetése esetében STANTON és munkatársai (1997) szintén magasabb KLS-szintről számoltak be.

DHIMAN és munkatársai (2000) azt vizsgálták, hogy hogyan hat a takarmányok eltérő linolsav és linolénsav szintje a tej KLS-tartalmának alakulására. Céljuk az volt, hogy gazdaságosan növeljék a tej KLS-tartalmát a tej egyéb összetevőinek (zsírtartalom, fehérjetartalom, zsírsavösszetétel) jelentős megváltoztatása nélkül. Első kísérletükben roppantott nyers szójababbal, roppantott és pörkölt szójababbal, szójabab olajjal, illetve lenolajjal helyettesítették a tejelő tehenek koncentrált takarmányának egy részét. Utóbbi esetben az adag szárazanyag tartalmának 2,2%, illetve 4,4%-a volt lenolaj. Kísérletük során azt tapasztalták, hogy a 3,6% szójaolaj és a 4,4% lenolaj tartalmú táp még nem csökkentette a takarmányfelvételt. MOHAMED és mtsai (1988) viszont már 4% olajat tartalmazó táp esetében is negatív hatásról számoltak be, a szárazanyag emészthetőségének csökkenése miatt. A szójabab adagolás megnövelte a takarmányok sztearinsav-, linolsav- és linolénsav-tartalmát a kontroll takarmányéhoz képest. A lenmagolaj tartalmú takarmányoknak a linolénsav-tartalma volt magasabb, mint a többi takarmánynak. A szójaolajat és a nagyobb koncentrációban lenolajat fogyasztó tehenek csoportjánál az FCM (FCM = fat corrected milk) tejhozam és a tej zsírtartalma alacsonyabb volt, mint a többi csoport esetében. Ezt a jelenséget - a tejzsír depressziót - általában a takarmány alacsony olvadáspotú triglicerid tartalma okozza (BANKS és mtsai, 1980).

A takarmány eredetű, hosszú szénláncú zsírsavak mennyiségének növekedése azzal jár, hogy a tejzsírban ezek a zsírsavak fokozottabb mértékben választódnak ki, és egyúttal gátolják a tejmirigyben a közepes lánchosszúságú zsírsavak de novo szintézisét is (GRUMMER, 1991).

DHIMAN és mtsai (2000) pörkölt szójababot, szójaolajat, kevesebb és több lenolajat fogyasztó csoport esetében vizsgálták a tejzsír zsírsavtartalmát. Megállapították, hogy csökkent a közepes lánchosszúságú zsírsavak aránya a tejzsírban, valamint a KLS-tartalma is megemelkedett (438, 305 és 318%-kal) a kontroll csoporthoz (97%) képest. A tej KLS-szintjét egyedül a nyers szójabab fogyasztása nem növelte meg. Ezt a tényt a szerzők azzal magyarázták, hogy a nyers szójababból lassabban szabadult fel az olaj a bendőben, mint a hőkezelt szójababból, a hőkezelés hatására ugyanis törékenyebbé váltak a babszemek. A 3,6%-os szójababolaj-tartalmú táp nagyobb mértékben növelte a tej KLS-szintjét, mint a 4,4% lenmagolajat tartalmazó táp. A szerzők ebből azt a következtetést vonták le, hogy szójababolaj etetésével a tej KLS-szintje sokkal hatékonyabban emelhető, mint lenolaj adagolásával. DHIMAN és

munkatársai (2000) kísérletében a hőkezelt szójababot és a 2,2% lenmagolajat tartalmazó táp fogyasztása okozott jelentős KLS-tartalom növekedést, a tej zsírtartalmának jelentős csökkenése nélkül. KELLY és munkatársai (1998) a tej KLS-szintjét mintegy 500%-kal növelték meg 5,3% olajat tartalmazó táp etetésével, de eközben a tej összes zsírtartalma 3,38%-ról 2,25%-ra csökkent.

DHIMAN és munkatársai (2000) öt kísérleti csoport koncentrált takarmányát részben 0,5; 1,0; 2,0; és 4,0% szójaolajjal, illetve 1,0% lenolajjal egészítették ki. A 2,0 és 4,0%-os szójaolaj hozzáadás esetében szignifikánsan csökkent a tej zsírtartalma a takarmány magas szabad olajtartalma miatt. A KLS-tartalom 237 és 314%-kal nőtt a kontroll csoporthoz képest; míg a 0,5 és 1,0% szójaolajat és az 1% lenolajat tartalmazó takarmányt fogyasztó csoportok tejének KLS-tartalma nem különbözött a kontroll csoporttól, azaz nem volt olyan csoport, ahol a KLS-szint növekedése mellett a tejzsír-tartalom változatlan maradt volna. A tej KLS-tartalma nem nőtt lineárisan a takarmány szójaolaj tartalmának növelésével, a tej fehérjetartalma ugyanakkor egyik kezelés esetében sem csökkent jelentősen. A közepes láncosszúságú zsírsavak arányának csökkenése a zsírsavösszetételen belül arányos volt a takarmányhoz adott zsír mennyiségének növelésével.

Hasonló kísérletben DONOVAN és munkatársai (2000) 1, 2, és 3% halolajat adtak a takarmányhoz, hogy annak a tej KLS-szintjére gyakorolt hatását vizsgálják. A kontroll (halolajat nem tartalmazó) takarmányban nem volt kimutatható mennyiségű C20:5 (EPA=eikozapentaénsav) és C22:6 (DHA=dokozahexaénsav) zsírsav, melyek viszont a halolajban jelentős mennyiségben jelen voltak. A szárazanyag felvétel 1% halolaj-tartalom felett már csökkent. A szerzők véleménye szerint ennek két oka lehetett: a takarmány megváltozott íze és a bendőbeli rostbontás csökkenése. A bevitt olajtartalom növelésével a tej zsírtartalma jelentősen ($P<0,01$) csökkent. DONOVAN és munkatársai (2000) nem tapasztalták a tej fehérjetartalmának csökkenését egyik kezelés esetében sem. Magyarázatuk szerint ez a csökkenés az alkalmazott kísérleti szakaszok rövid időtartama miatt nem következett be. DONOVAN és munkatársai (2000) jelentős tejzsírösszetétel változást tapasztaltak a kezelések hatására. A hosszú láncú zsírsavak aránya nőtt, a rövid láncúak aránya csökkent, és a tejzsír gazdagabb lett telítetlen zsírsavakban.

A tejzsír KLS és transz-C18:1 zsírsavtartalma szignifikánsan növekedett ($P<0,01$) a takarmány halolaj-tartalmának 2%-ra emelésével. A legjelentősebb KLS izomer, a c9,t11-C18:2 mennyisége is a 2%-os halolaj szintnél ért el maximumot, és a kontroll

csoporthoz képest 370%-kal nőtt annak koncentrációja a tejben. Ez az izomer a teljes KLS-tartalom 84-92%-át tette ki. A t9,t11-C18:2 izomer mennyisége 270%-kal nőtt (DONOVAN és mtsai., 2000). Az idézett szerzők szerint még nincs arról tudomásunk, hogy milyen biológiai folyamatokon keresztül növeli a halolaj fogyasztása a tej KLS-szintjét, mivel a halolaj linolsav-tartalma egyébként alacsony (HARFOOT és HAZELWOOD, 1988). Bár a halolaj bendőbeli lebontása még nem teljesen tisztázott, BYERS és SCHNELLING (1988) vizsgálatai szerint a halolaj lipidjeinek kevesebb, mint 50%-a hidrolizál a bendőben, szemben a növényi olajokkal, amelyek mintegy 90%-ban hidrolizálnak. Nem tisztázott, hogy a 20 és 22 szénatomot tartalmazó zsírsavak átalakulhatnak-e oxidációval a bendőben 18 szénatomszámú zsírsavakká, és arra sincs bizonyítékunk, hogy ezek a zsírsavak részt vennének a biológiai hidrogénezésben. Így a szerzők feltételezik, hogy a halolaj valamely egyéb alkotója serkentette a KLS képződését a bendőben. A KLS pedig - elképzelésük szerint - a takarmány más összetevőivel (pl. kukorica szilázs) bevitt linolsavból alakult ki (DONOVAN és mtsai, 2000).

BAUMAN és munkatársai (2000) tejelő tehenek takarmányát magas linolsav-tartalmú napraforgóolajjal egészítették ki, hogy növeljék a tej KLS-tartalmát. Egy hetes etetési idő után kiválasztották a legmagasabb KLS-tartalmú tejet termelő teheneket, és azok továbbra is kísérleti takarmányt kaptak. A második hét végén azt tapasztalták, hogy több tehén tejének KLS-szintje jelentősen visszaesett. A tejzsír KLS-tartalmának átlaga 3,7g/100g volt az első, de mindössze 2,3g/100g a második hét végén. A harmadik héten tovább folytatódott a hanyatlás, a harmadik hét végén a tejzsír átlagos KLS-szintje már csak 1,6g/100g volt. A szerzők felhívták a figyelmet arra is, hogy a kísérleti takarmány etetésének első néhány hetében a bendőbeli hidrogénezési folyamatok jelentősen megváltozhatnak.

A tej KLS- és t11-C18:1 tartalmát befolyásolhatja a tápok rost- és keményítőtartalma is (KELLY és BAUMAN, 1996; JIANG és mtsai, 1998). Egy in vitro kísérletsorozatban GERSON és munkatársai (1985) bárányok bendőtartalmában a táplálék keményítőtartalmának és rosttartalmának a lipolízis és a hidrogénezés sebességére gyakorolt hatását vizsgálták. Úgy találták, hogy a takarmány rosttartalmának csökkentésével, és keményítőtartalmának növelésével a végső hidrogénezési lépés lelassult, és több t11-C18:1 zsírsav keletkezett, amely a sztearinsav (C18:0) helyett a hidrogénezési folyamat fő termékévé lépett elő. PALMQUIST és SCHANBACHER (1991) is arra a következtetésre jutottak, hogy magas keményítő és

alacsony rosttartalmú tápok etetésekor a terminális hidrogénezési lépés gátolt, és a tej t11-C18:1 tartalma jelentősen emelkedik. A JIANG és munkatársai (1996) által kapott eredmények is összhangban voltak a fenti szerzők megfigyelésével, de ők a tej t11-C18:1 szintjének emelkedése mellett a c9,t11-C18:2 koncentráció emelkedését is megfigyelték. JIANG és munkatársai (1998) három különböző takarmányozási csoportot alakítottak ki: a kontroll csoportban a koncentrált és a terimés takarmány aránya szárazanyagra vonatkoztatva 50:50% volt, a két kísérleti csoportban ez az arány 65:35% volt (több keményítő, alacsonyabb rost és magasabb *cisz*-9-C18:1 zsírsavtartalom). A kontroll csoporttal és a kísérleti csoportokkal etetett kétféle takarmány zsírsavtartalma mindössze a *cisz*-9-C18:1 zsírsav esetében különbözött. A kontroll csoportban, és az egyik kísérleti csoportban az aktuális táplálóanyag szükségleteknek megfelelő adagolt takarmányozás folyt, a második kísérleti csoportban pedig az állatok étvágy szerint fogyaszthatták a takarmányt. A három csoport közül az adagolt takarmányozású kísérleti csoport tejének átlagos c9,t11-KLS-tartalma volt a legmagasabb (1,13 g/100g zsír), és szignifikánsan különbözött a szintén adagolt takarmányozású kontroll csoportétól (0,55 g/100g zsír). A két kísérleti csoport esetében az *ad libitum* takarmányozott csoport tejének c9,t11-KLS-tartalma (0,66 g/100g zsír) jelentősen kevesebb volt, mint az adagolt takarmányozású kísérleti csoporté (1,13 g/100g zsír). Ugyanezt a tendenciát figyelték meg a tej t11-C18:1 zsírsavtartalma esetében is.

BANKS és munkatársai (1980) az etetési gyakoriság tejzsírtartalomra és zsírsavösszetételre gyakorolt hatását vizsgálták. Úgy találták, hogy a tejzsírtartalom magasabb volt, ha az etetések száma is több volt. A többszörösen telítetlen zsírsavak összes mennyiségében nem tapasztaltak különbséget, de a t11-C18:1 zsírsav mennyisége a tejben kissé magasabb volt a naponként kétszeri etetésnél, mint a napi 24-szeri etetésnél. Azt a következtetést vonták le, hogy a t11-C18:1 zsírsav mennyisége csak kis mértékben függ az etetés gyakoriságától. Ezek az eredmények részben ellentmondanak JIANG és munkatársai (1998) tapasztalatainak, akik a tejzsírtartalomban ugyan nem találtak különbséget, de a c9,t11-C18:2 és a t11-C18:1 zsírsavak mennyisége jelentősen ($P < 0,001$) különbözött az adagolt takarmányozású, és az *ad libitum* takarmányozású kísérleti csoportok között.

JAHREIS és munkatársai (1997) arra a következtetésre jutottak, hogy az állatok tartási módja (hagyományos vagy ökológiai) is befolyásolhatja a tej KLS-tartalmát. Az általuk vizsgált elegytej minták KLS-tartalma széles tartományok között változott:

0,34g/100g zsír értéktől (istállózott állatok) 0,80g/100g zsír értékig (ökológiai farmokon tartott állatok).

JIANG és munkatársai (1998) szerint amennyiben a tehéntej KLS-tartalmának emelése előnyös, ez megvalósítható megfelelő takarmányozási receptúrák összeállításával. A takarmányozáson kívül azonban egyéb tényezők is jelentős szerepet játszhatnak a nyerstej KLS-tartalmának alakításában, mivel a legtöbb tanulmányban nagy egyedek közti eltérést figyeltek meg. Ezen tényezők felderítése még a jövő feladata.

2.4. A ghee

2.4.1. A ghee meghatározása

A ghee (ghrita) készítése az ősi Indiában már több mint 1500 évvel idősámításunk előttre vezethető vissza (ACHAYA, 1997). A Közel-Keleten is megtalálható szinte ugyanolyan termék már az ősidők óta (ABDALLA, 1994). Hasonló zsír alapú termékeket készítenek a szarvasmarha tartó közösségek Szudánban, Etiópiában és Ugandában is.

A ghee a tisztított vaj indiai elnevezése, amelyet szarvasmarha- és bivalytejből, illetve ezek keverékéből állítanak elő. A Közel-Keleten kecske, juh és teve tejből is készítenek gheet, melyet masleenak vagy arabul samn-nak neveznek.

A NEMZETKÖZI TEJTERMÉK SZÖVETSÉG (IDF) 1977-ben kiadott meghatározása szerint a ghee különböző állatfajok tejének, tejszínének vagy vajának feldolgozásával készített termék, melynek előállítása során majdnem teljesen eltávolítják a nedvességet és a szilárd, nem zsíralkotókat illetve a termék jellemző fizikai szerkezetet kap. Az előírás szerint a gheenek minimum 96 % tejszírt, maximum 0,3 % nedvességet, maximum 0,3 % szabad zsírsavakat (olajsavaban kifejezve) tartalmazhat, a peroxidszámnak pedig kevesebbnek kell lennie, mint 1. A CODEX ALIMENTARIUS (1997) tejtermékekre vonatkozó meghatározása megegyezik az IDF-ben foglaltakkal, de nem tartalmazza a szabad zsírsavak maximum értékét és a peroxidszámot. Ezzel szemben a Codex Alimentarius megfogalmazása szerint a gheenek határozott aromájának kell lennie.

MUNRO ÉS MTSAI (1992) megfogalmazása szerint a ghee magas hőmérsékleten kezelt tejből, tejszínből vagy vajból nyerhető tejszír, és mint termék eltér mind előállítási módjában, mind aromájában más, olyan koncentrált tejszíroktól, mint a vízmentes tejszír és a vajolaj.

A védikus elvek szerint összeállított ételek receptjében gyakran a ghee (tisztított vaj) használatát írják elő. Teszik ezt azért, mert az emberi szervezetnek is szüksége van az állati zsíradékra is és ezt a lehető legegészségesebb módon ghee-vel vehetik magukhoz. Elegendő azonban csak időszakonként használni a gheet, egyébként olajat tanácsos használni.

2.4.2. A ghee előállítása

A ghee előállításánál az első lépés előkészíteni a nyersanyagokat, azaz a teljes tejet, tejszínt vagy vajat. Ha tej a kiinduló anyag, megengedett, hogy vajjá köpülés előtt felforralják. A tej jobb kiindulási anyag, mint a tejföl, különben a kapott ghee szürke és ízetlen lesz (URBACH és GORDON, 1994). A feldolgozás egyes lépéseinél az ellenőrzött hőmérsékleten történő hőntartásnak meghatározó szerepe van a ghee minőségére.

WARNER (1976) szerint a tejszínből vagy vajból történő ghee készítés lépései a következők: Először a hőmérsékletet fokozatosan emelik a víz forráspontjáig, miközben a vaj habzik. A második lépésben a szabad víz nagy része elpárolog, ami jelentős mennyiségű hőt igényel. Minthogy a legtöbb víz elpárolgott, a hőmérsékletet ellenőrzötten 103°C körül kell tartani, hogy megelőzzük a szilárd alkotóelemek elszénesedését, hogy ne keletkezzen keserű íz és/vagy barna szín. A hevítés hatására távoznak bizonyos illékony aromaanyagok rontva a hűtéshez megfelelő szemcseméretet. A szemcseméret károsodásának megjelenése kapcsolatban van a gheeben található zsír normális szerkezetének néhány rövid láncú, szabad zsírsav elillanásának hatására bekövetkező megváltozásával (WARNER, 1976). Végezetül a hőmérsékletet 105 és 118°C közé emelik folyamatos keverés közben azért, hogy eltávolítsák a szilárd alkotókhoz kötött vizet és kialakítsák a jellegzetes illatot.

2.5. KLS antioxidáns hatása

2.5.1. Antioxidáns definíciója, tulajdonságai

A zsírok kémiai romlása során különböző autooxidatív folyamatok zajlanak le, melyek alaptípusai a dehidrogénezés, peroxidképződés és az oxidáció. A nagy zsírtartalmú élelmiszerek, takarmányok, valamint az élelmiszer-zsírok előállításánál fontos szempont, hogy késleltessük illetve meggátoljuk az oxidációs folyamatok megindulását. Ennek egyik eszköze az antioxidánsok alkalmazása ezen termékek előállítása során. Az antioxidánsok speciális kémiai tulajdonságaiknak köszönhetően képesek megakadályozni illetve késleltetni a különböző romlási folyamatokat (CSAPÓ és CSAPÓNÉ, 2003a).

Az élelmiszerekben, takarmányokban előforduló zsírok avasodását leghatékonyabban vegyi úton lehet meggátolni, különböző természetes vagy mesterséges antioxidánsokkal. Ezek közül a legismertebbek (CSAPÓ és CSAPÓNÉ, 2003b):

- α -toferol
- β -tokoferol
- γ -tokoferol
- lipokrómok
- szterinek
- foszfatidok
- glükózidok.

Az antioxidánsok legtöbbször olyan gyökfogók, amelyek meggátolják az autoxidációs láncban a szabad gyökök képződését (PENKE, 2008). A szabad gyökök semlegesítése mellett az oxidáció során keletkező peroxidokat hidroxí-vegyületekké alakítják, miközben az antioxidánsok elhasználódnak, tehát redukáló szerek is egyben (CSAPÓ és CSAPÓNÉ, 2003c).

2.5.2. Antioxidánsok szerepe a takarmányokban

A különböző antioxidánsok elengedhetetlen alkotóelemei a keveréktakarmányoknak. Védik az oxidációra rendkívül érzékeny vitaminokat, valamint az egyes takarmányalkotók zsírtartalmát az avasodástól. Az antioxidánsok a korábban képződött peroxidokat nem tudják hatástalanítani, de az oxidációs folyamatot lassítják (KAKUK, 2003).

A takarmányban lévő zsírok oxidációja a következő tényezőktől függ:

- A zsírsavak kémiai minősége
- Fém sók jelenléte
- Fény
- Hő
- Oxigén

Ezen tényezőknek is szerepe van a gyökképződés folyamatának elindításában. Az autooxidáció elindulása után külső tényezők nélkül is végbemegy az oxidációs folyamat.

Antioxidáns vegyületek takarmányhoz keverésével védekezhetünk bizonyos avas takarmány okozta megbetegedések ellen, mint pl. csirkék agylágyulása, sertések szederszív betegsége, vagy a kérődzők vázizom elfajulása.

2.5.3. Antioxidánsok szerepe a szervezetben

Az élő szervezetben végbemenő energiatermelő folyamatok során az oxigén gyök vagy peroxid formában van jelen, melyek prooxidáns anyagok. Ezen anyagok nagy mennyiségben előfordulva, láncreakciót indítva a szervezet számára károssá válhatnak. Az aktív oxigéngyökök a zsírsavakat, vitaminokat, aminosavakat, szénhidrátokat roncsolják, a sejtek felépítésében résztvevő anyagokat, mint a szerves savakat, ribonukleidokat, fehérjéket, foszfolipideket károsítják.

Azokat a belső- és külső tényezőket, amelyek az oxigén szabadgyökök keletkezését, azok mennyiségét, vagy biológiailag aktív anyagokra gyakorolt hatását fokozzák, prooxidáns hatásoknak nevezik. Az oxigén szabadgyökök káros hatásai ellen

ható tényezőket pedig, legyenek azok akár belső-vagy külső tényezők, vízdékony vagy zsírdékony karakterű vegyületek vagy makromolekulák, együttesen antioxidáns védőrendszer néven ismertek (MÉZES és mtsai, 2003).

A sejtekben végbemenő oxidációs folyamat főként a sejtek és a mitokondriumok membránjainak működésére hat (VAN DER VARST, 2001).

2.5.4. A KLS antioxidáns tulajdonsága

JIANG és KAMAL-ELDIN (1998) a KLS antioxidáns tulajdonságait vizsgálták egy modell rendszerben. Linolsav-metilészter (LSM) és konjugált linolsav-metilészter (KLSM) oldatokhoz metilénkéket (MK) adtak, majd megvilágítással fotooxidációt váltottak ki, melynek hatására a KLSM oldatok peroxidszáma lényegesen kisebb volt, mint a LSM oldatoké. A zsírsavészterek mennyisége is kisebb mértékben csökkent a besugárzási idő függvényében, mint a LSM oldatoknál. A zsírsavészterek mennyiségének csökkenésével arányosan nőtt a peroxid-érték mindkét zsírsavészter esetében, de az egyenes meredeksége nem volt azonos; egységnyi zsírsavészter veszteségnél lényegesen kisebb volt a peroxidszám növekedés a KLSM oldatok esetében, mint a LSM oldatokban. A szerzők ezt a jelenséget azzal magyarázták, hogy a KLSM-nek a hidroperoxidokon kívül egyéb elsődleges oxidációs termékei is voltak, vagy/és a KLSM-ből származó hidroperoxidok keletkezésükhöz hasonló sebességgel le is bomlottak másodlagos termékekre. Ebből az következik, hogy csupán a peroxid-érték mérése nem elégséges a KLSM oxidatív lebomlásának nyomon követésére. A fényérzékeny anyagként használt metilénkék egy idő után elszíntelenedtek, mivel hidrogént vett fel a hidroperoxidoktól (STEWART és mtsai, 1983, TANIÉLIAN és mtsai, 1992). A megvilágítás első két napján a MK színváltozása nagyobb volt a KLSM oldatoknál, mint a LSM oldatoknál, a harmadik naptól viszont fordított helyzet állt elő. Azonos zsírsav-észter veszteségnél viszont a KLSM oldatok sokkal jobban elszíntelenedtek, mint a LSM oldatok. Mivel a KLSM oldatokban kevesebb hidroperoxid keletkezett, mint a LSM oldatokban, a szerzők az indikátor gyors elszíntelenedésének okát valamely más, eddig még nem ismert reakcióban keresték. Az eredményekből azt a következtetést vonták le, hogy a KLSM és a LSM nem viselkedik azonos módon a MK indikálta fotooxidáció során.

A konjugált linolsav antioxidáns illetve prooxidáns hatására keresték a választ CHEN és mtsai (1997). Repceolajhoz adtak KLS-at és 90 °C-ra hevítették. Közben vizsgálták az oxigén felvételt és a linolén valamint az α -linolénsav mennyiségében bekövetkező változást. A repceolajban lévő szabad KLS és a KLS-metilészter (KLSM) gyorsította a lipid-oxidációt. A KLS és a KLSM prooxidáns aktivitása a repceolajhoz adott mennyiségétől függött. A KLS tartalmú triacilglicerolnak nem találták sem prooxidáns, sem pedig antioxidáns hatását. Megállapították, hogy az adott kísérleti körülmények között a konjugált linolsavnak nem volt antioxidáns hatása.

A takarmányhoz kevert KLS antioxidáns hatásával kapcsolatban nem találtam sem magyar, sem pedig idegen nyelvű irodalmat.

2.6. Sertéshús zsírsavösszetételének változása takarmányozás hatására

2.6.1. A sertés zsíremésztése

A zsírsavak többféle szerepet töltenek be az állati szervezetben. A sejtmembránok alkotói, könnyen mobilizálható formában energiát raktároznak valamint elősegítik a zsírban oldódó mikrotápanyagok és egyéb biológiailag aktív anyagok felszívódását és metabolizmusát. A szervezetben előforduló lipidek nagy része zsírsavak észterei. A palmitinsav (C16:0) a legnagyobb mértékben jelen lévő telített zsírsav a zsírszövetben, míg az olajsav (C18:1) a leggyakrabban előforduló egyetlen telítetlen kötéssel bíró zsírsav (HUSVÉTH, 1994).

Azokat a zsírsavakat nevezzük esszenciális zsírsavaknak, amelyeket a szervezet nem képes előállítani, de megfelelő működéséhez elengedhetetlenek. Az állati szervezet számára esszenciális zsírsavak az ω -6 csoportba tartozó linolsav (C_{18:2}) és az ω -3 csoportba tartozó linolénsav (C_{18:3}). Az említett zsírsavak nem képződhetnek az intermediér anyagforgalom során, mivel az állati szervezet nem tud kettős kötést létrehozni sem a 3., sem pedig a 6. helyzetben lévő szénatomokon csak a 9-es pozícióban lévő szénatomon, ezért az esszenciális zsírsavakat a takarmányból kell felvenniük az állatoknak.

A zsíremésztés termékei a monogliceridek és a zsírsavak, amelyek a konjugált epesavakkal micellákat képezve jutnak el a vékonybél epithel sejtjeibe. A micellákban lévő monogliceridek és zsírsavak a jejunumból szívódnak fel, míg az epesavas sók az ileumból. A takarmányból felszívódott zsírok membránok által határolt formában vannak jelen a bélepithelsejteken. Innen a hosszú szénláncú zsírsavak kilomikronokká alakulva jutnak a nyirokerekbe, majd az általános vérkeringésbe. A monogasztrikus állatokban a felszívódott trigliceridek nagy része ezen a formában jut a vérkeringésbe (HUSVÉTH, 1994.).

Az esszenciális zsírsavak hiányában csökken a növekedési ráta, romlik a szaporodási teljesítmény, bőrproblémák és más változások figyelhetők meg. Az esszenciális zsírsavaknak az állati szervezetben kétféle szerepük van. Egyrészt a foszfolipid membrán alkotóelemei, másfelől a prosztaglandinok, prosztaciklinek,

tromboxánok és leukotriének szintézisének szubsztrátjai. Ezek mellett hatása van a vérnyomásra, véralvadásra valamint az immunválaszra. A sertéstakarmányok ajánlott linolsav tartalma 1 g (MAGYAR TAKARMÁNYKÓDEX, 2004).

A sertések energiaszükségletének fedezésére etethetünk közepes energiatartalmú gabonamagvakat, valamint állati zsírokat és növényi olajokat is. A jórészt telítetlen zsírsavakat tartalmazó növényi olajok energiatartalma azonban alacsonyabb az állati zsírokénál, melyek viszont nagy arányban tartalmaznak telített zsírsavakat.

2.6.2. A takarmányozás hatása a sertéshús zsírsavösszetételére

Az állattenyésztők illetve az élelmiszer előállítók számára is nagy kihívást jelent az állati eredetű élelmiszerek zsírsavösszetételének megváltoztatása, javítása. Monogasztrikus állatok esetén a takarmány összetételének módosításával, jó eséllyel befolyásolható a szövetek illetve az ezekből készült élelmiszerek zsírsavösszetétele (BEE és WENK, 1994; KLINGENBERG és mtsai, 1995). Annak ellenére, hogy a különböző testtájak zsírjának zsírsavösszetétele viszonylag állandó, különböző takarmányokat etetve szignifikáns különbségeket mutattak ki a takarmány zsírsavösszetételének függvényében az egyes szövetek között.

A sertéshús zsírsavösszetételét a takarmányozás intenzitása is befolyásolja. Megállapították, hogy az extenzíven takarmányozott állatok húsa nagyobb mennyiségben tartalmaz telítetlen zsírsavakat. Ezzel a módszerrel illetve nagy $\omega 3$ zsírsavtartalmú olajok takarmányhoz történő keverésével olyan terméket lehet előállítani, mely humán élettani szempontból kedvezőbb zsírsavösszetételű. Hátrányt jelent viszont a magas telítetlen zsírsav-tartalmú hús eltarthatóságának csökkenése. Az oxidálódott zsírsavak hatására az érlelés és feldolgozás során kellemetlen íz és zamatanyagok képződnek (MÉZES, 2007).

TÓTH és mtsai (2007) α -linolénsavban gazdag takarmányt adtak hízósertéseknek. Kísérleti eredményeik alapján megállapították, hogy sikerült egy, a korszerű táplálkozási ajánlásoknak jobban megfelelő sertészsírt előállítaniuk, amellyel javítható a hazai lakosság n-3 zsírsav ellátottsága.

ÁCS és mtsai (2007) a hízósertések takarmányához adagolt 4 % lenolaj illetve 5 % szója/repce/lenolaj kiegészítéssel kedvezően befolyásolták a sertéshús valamint a szalonna zsírsavösszetételét.

KLOAREG és mtsai (2005) megállapították, hogy a sertések szervezetébe az emészthető n-6 zsírsavak 70 %-a, míg az emészthető n-3 zsírsavak 50 %-a épül be.

KLOAREG és mtsai (2007) a takarmányfelvétel és a teljes test zsírsav-összetétele között kerestek kapcsolatot. Az állatokkal szójaolajat etettek és 90 és 150 kg élősúly között vágták. Megállapították, hogy a hízalás befejező szakaszában az olajsav (18:1) mennyisége növekedett, míg a palmitinsav (16:0) és a sztearinsav (18:0) mennyisége csökkent. Linolsavból (18:2) a hátszalonna tartalmazott nagyobb mennyiséget.

2.6.3. A KLS-tartalmú takarmány etetés hatása a sertéshús zsírsavösszetételére

AZAIN (2003) szerint az első beszámoló a sertések takarmányához kevert KLS hatásáról az 1990-es évek végén jelent meg. Ezeknek a tanulmányoknak a célja az volt, hogy kiegészítsék a rágcsálókkal folytatott tanulmányok megfigyeléseit és megállapítsák, vajon a KLS szóba jöhet-e, mint takarmány adalékanyag a sertések vágott féltestében lévő zsír csökkentésére. Egy pozitív eredménye lett, ami előnyös mind a termelő (a csökkenő a zsírral kapcsolatban van a teljesítmény növekedése) mind a fogyasztó számára. Ezekben a vizsgálatokban kis mennyiségű (< 10 g/kg takarmány) takarmány minőségű KLS terméket használtak, amely körülbelül egyenlő arányban tartalmazott cisz-9, transz-11 és transz-10, cisz-12 izomereket. A teljes összetétele ezeknek az izomereknek 50-80 % volt DUGAN és mtsai (1997) 7,7 %-os, OSTROWSKA és mtsai (1999) 20 %-os csökkenést tapasztaltak a sertés vágott féltestek zsírmennyiségében, amennyiben a vágás előtti hetekben 10-20 g/kg KLS-at etettek az állatokkal.

GLÄSER és mtsai (2000) C 18:1 transz zsírsavak hatását vizsgálták a hátszalonna összetételére, különös tekintettel a konjugált linolsavra. A kontroll csoport takarmányának olein és sztearin frakcióját helyettesítették 5 %-os mennyiségben az egyik kísérleti csoport takarmányában sertészsírral (SZS) illetve a második kísérleti csoport esetében parciális hidrogénezéssel előállított zsírral (PZS). A vizsgálat eredményeként a legnagyobb c9, t11 KLS tartalmat a PZS csoport egyedeinek zsírszöveteiben mérték, a SZS csoport eredményei pedig köztes értéket mutattak PZS és a kontroll csoport eredményeihez képest.

WIEGAND és mtsai (2002) a KLS hatását tanulmányozták a növekedési erélyre, a vágott féltest jellemzőire valamint a húsminőségre sertéshús esetén. Vizsgálataikat 92 ártánnal végezték, amelyek takarmányába 0,75 % mennyiségben keverték 1,25-0,75% KLS izomert tartalmazó KLS készítményt. Az állatok a vágás előtt különböző ideig kapták a KLS-val kiegészített takarmányt. A kísérlet végén megállapították, hogy javult a takarmányhasznosítás ($P=0,05$), a karaj mennyisége, a karajban és a szalonnában lévő telített zsírsavak és KLS izomerek mennyisége ($P<0,01$).

CORINO és mtsai (2003) egy sertéskísérletben a takarmány 0; 0,25 és 0,5 %-ban adtak KLS-at, amely 65 %-ban tartalmazott KLS izomereket. A kísérlet eredményeként azt tapasztalták, hogy a hosszúhátizom oxidatív stabilitása nagyobb volt ($P<0,05$) a KLS kiegészítést kapott csoport esetén, de csak a hosszabb oxidációs idő esetén. A sonkában lévő zsírra jelentős hatással volt ($P<0,01$) a takarmányban lévő KLS, a magasabb telített zsírsav, alacsonyabb egyszeresen telítetlen zsírsav és a magasabb KLS tartalommal a KLS kiegészítést kapott állatok zsírjában, tekintet nélkül a kiegészítés mértékére. A vizsgálatok eredményei tehát azt mutatták, hogy a takarmányhoz adott KLS megváltoztatta a lipid metabolizmust, csökkentve az egyszeresen telítetlen zsírsavak koncentrációját és növelve a KLS izomerek koncentrációját a nagysúlyú sertések zsírjában.

2.7. A hús zsírsavösszetételének változása különböző zsiradékokban történő sütés hatására

GLADYSHEV és mtsai (2006) a gorbusalazac (*Onchorynchus gorbuscha*) húsának zsírsavösszetételét vizsgálták frissen, vízben párolva, zsiradékban és roston sütve valamint párolva. Vizsgálataik alapján megállapították, hogy az esszenciális többszörösen telítetlen zsírsavak (eikozapentaén- és dokozahexaénsav) mennyisége csak a zsiradékban történő sütés során csökkent szignifikánsan. Az $\omega 6/\omega 3$ zsírsavak aránya humán táplálkozástan szempontból kedvezőbb a zsiradékban illetve roston sült halban.

LEE és mtsai (2006) az antioxidánsok és a főzés $\omega 3$ zsírsavakra gyakorolt hatását vizsgálták darált pulykahúsban és sertéskolbászban. Megállapították, hogy a főzés hatására csökken a hús $\omega 3$ zsírsav tartalma.

A kukorica, repce és pálma olaj hatását vizsgálták a darálthús zsírsavösszetételére BONSELL és mtsai (1993). A húsokat 1 liter olajban sütötték, a kontroll az olaj nélkül sütött húspogácsa volt. Azt az eredményt kapták, hogy a különböző olajban sült húsok zsírsavösszetétele az egyes olajok zsírsavösszetételével volt azonos.

CONCHILLO és mtsai (2004) napraforgóolajban sült csirkemell esetén mért értékeket összehasonlítva a nyershúsban mért értékekkel, a telítetlen:telített zsírsavak (2,7) és a többszörösen telítetlen:telített zsírsavak (1,4) arányának növekedését tapasztalták.

A sertéshús zsírsavösszetételének különböző elkészítési módok hatására bekövetkező változását tanulmányozták HERNANDEZ és mtsai (1999). Vizsgálataik során a különböző technikákat alkalmazták: főzés, sütőben sütés, mikrohullámú sütőben melegítés, serpenyőben jól átsütés illetve kevésbé átsütés. Szignifikáns növekedést találtak a serpenyőben történő sütés esetén a zsírtartalomban és a apoláris zsírokban, a sütéshez használt zsíroknak köszönhetően. Mikrohullámon történő melegítés, főzés illetve sütőben történő sütés hatására növekedett a szabad zsírsavak (SFA, MUFA, PUFA) mennyisége.

A darált marhahús KLS tartalmának változását vizsgálta SHANTHA és mtsai (1994) eltérő hőkezelések (belső hőmérséklet 60 °C illetve 80 °C) valamint különböző elkészítési módok (sütés zsírban és zsír nélkül, főzés, mikrohullámú sütés) alkalmazásának hatására. A vizsgálatok eredményeként megállapították, hogy sem az

alkalmazott hőkezelés, sem a konyhatechnikai módszer nem befolyásolja jelentős mértékben a darált marhahús KLS tartalmát.

Feldolgozott húsok és húskészítmények, zöldségkonzervek, tengeri eredetű élelmiszerkonzervek és csecsemőételek KLS tartalmát vizsgálva CHIN és mtsai (1992b) megállapították, hogy a késztermékekben mért KLS mennyisége általában hasonló volt az alapanyagokban mért értékekhez. Tehát a gyártási folyamatok nem változtatják meg jelentősen a KLS szintet.

HAAK és mtsai (2007) a sütés hatását tanulmányozták a sertéshús zsírsavösszetételére különböző étkezési zsiradékokban (PUFA-ban gazdag étkezési zsír, olíva olaj és margarin) vagy azok nélkül. Kísérleteik eredményeként megállapították, hogy a sertésszár zsírsavösszetétele a sütőzsiradék zsírsavösszetételével lesz azonos a különböző zsiradékokban történő sütés hatására.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A tej KLS-tartalmának változása a laktáció folyamán

3.1.1. A vizsgált fajták, tartás és takarmányozás

Vizsgálataimhoz a hencidai Új Élet Mezőgazdasági Termelőszövetkezet szarvasmarha állományából kiválasztott tehenektől vettünk mintát. A mintavétel ideje egy éven keresztül tartott, márciustól februárig. A fajtaösszetétel a következőképpen alakult: a tehenek 50%-a a holstein-fríz fekete, 15%-a a holstein-fríz vörös színváltozatához tartozott, 35%-a pedig magyartarka fajtába sorolható. A május 10-től október 15-ig tartó nyári időszakban, az állatok főként legelőfüvet fogyasztottak. Szükség szerint ezen idő alatt is kaptak 3,5 kg abrakot, melynek 20%-a tejelő koncentrátum, 60%-a kukorica, 20% pedig búza és ocsú. Naponta kaptak foszfor és kalcium kiegészítést, és a legelőfü mellé 10–15 kg kukorica szilázst. Esetenként réti- és lucerna szénát adtak nekik, és mintegy 1/2 kilogramm melaszt. Télen az állatok ad libitum fogyasztottak lucerna- és réti szénát valamint kaptak még 3,5 kg tejelő tápot, 15 kg répaszeletet, 15 kg kukorica szilázst és ásványianyag kiegészítőt.

3.1.2. A tejmintavétel módszerei, a minták tárolása

A sajtáros fejest követően az elegytejből mindhárom csoport esetében, 3–3 tehéntől vettünk mintegy 100 cm³ tejmintát, melyet hideg vízben azonnal lehűtöttünk, majd –25 C°-on tároltuk a laboratóriumba történő szállításig. A mintákat ezt követően egyszerre olvasztottuk fel, egyszerre készítettük elő analízisre, és a zsírsav-összetételt, illetve a KLS-tartalmat egymást követően határoztuk meg a Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar Kémiai Intézetében.

3.2 A ghee készítés módszere

A kísérletek során használt ghee előállításához a kereskedelmi forgalomból szereztünk be teavajat, mely nem tartalmazott antioxidánst. A vajat villanytűzhelyen 10 literes lábasban felolvasztottuk, és melegítettük. A melegítés közben képződött habot folyamatosan leszedtük. Amikor már nem képződött több hab, szűrőpapíron átszűrtük. Az átszűrt vajat 100 literes műanyaghordókban tároltuk. Az eljárás során készített ghee zsírtartalma 98 %. A vaj KLS tartalma a felfőzés előtt 0,56% volt a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában mérve, mely a ghee készítés során 1,68%-ra nőtt.

3.3. A KLS antioxidáns hatásának vizsgálata

3.3.1. A kísérlet beállítása

Az antioxidáns kísérlet elvégzéséhez a kukoricadarát lisztfinomságúra őröltük. A kísérleti kezeléshez a kukoricadarához 5% mennyiségben gheet kevertünk, míg a kontrollt a tiszta kukoricadara örlemény jelentette. A vizsgálathoz a takarmányokat selyempapírral bélelt alumíniumtálcára öntöttük, 1 cm vastagságú rétegre elterítve, a felületét pedig az oxidáció felgyorsítására illetve a levegővel való jobb érintkezés érdekében egy fakeverővel naponta folyamatosan átkevertük. A takarmányokat a 40 hétig 20 °C-on tartottuk.

3.3.2. Mintavételek a tárolás során

A kísérleti takarmányból hetente vettünk mintát és meghatároztuk a savszámot és a peroxidszámot, a zsírsavösszetételt, beleértve a konjugált linolsav tartalmát is.

3.4. Megnövelt KLS-tartalmú takarmány etetése sertésekkel

3.4.1. Állatkísérletek leírása

A sertéshízlalási kísérletet Herceghalmon, az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet Kísérleti telepén végeztük. A hízlalási kísérletbe 45 MNF x HL (Magyar nagyfehér Holland lapály keresztezett) sertést állítottunk be, egyedi elhelyezéssel, 3 kezelésben, kezelésenként 10 állattal. A hízlalás során a sertéseket vályús etetéssel, semi ad libitum, egyedileg takarmányoztuk. Az ivóvíz önitatóból állt rendelkezésre. A képzett csoportok vegyes ivarúak, azonos genotípusúak voltak. Az állatok kezdő súlya átlagosan 36 kg volt, vágáskori élősúlyuk 94 - 102 kg.

A sertésetesési kísérlet során alkalmazott takarmányhoz a gheet a 3.2. fejezetben leírtak szerint állítottuk elő, a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Műszerközpontjában.

A kukoricadara és a ghee összekeverése a Terményfeltáró Kft. telepén történt, Püspökladányban. A más zsíradékokkal történő keveredésének elkerülése végett, a gheet a kukorica pehelyliszthez egy 2 q kapacitású keverőben kevertük hozzá. Az így előállított zsírport 40 kg-onként zsákoltuk. Az elkészült 520 kg zsírport közvetlenül az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet herceghalmi kísérleti telepére szállítottuk.

A kontroll takarmányhoz használt napraforgóolaj tartalmú zsírport az Abomix Kft. herceghalmi zsírpor előállító üzemében készítették.

A keveréktakarmányokat a Farmermix Kft. zsámbéki üzemében állították elő.

Az állatok a kísérleti időszakban Hízó I. sertéstakarmányt kaptak. Az egyes takarmányok táplálóanyag összetételét az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat A hízlalási kísérlet során etetett takarmányok összetétele és táplálóanyag tartalma

	Ghee76, Ghee33	Kontroll
Összetétel, %		
Kukorica	27,52	27,52
Árpa	34,93	34,93
Extr.szója 46%	23,70	23,70
Perfett	-	10,00
Ghee-kukorica zsírpor	10,00	-
Takarmánymész	1,40	1,40
MCP	1,40	1,40
NaCl	0,30	0,30
L-lysin HCl	0,25	0,25
Hízó I. 0,5 %	0,50	0,5
Táplálóanyag-tartalom, %		
Szárazanyag	89,70	89,60
Nyersfehérje	16,10	17,30
Nyerszsír	6,07	5,50
Nyersrost	2,05	2,11
Lizin	2,09	1,83
Metionin	0,30	0,36
Treonin	0,59	0,63

2. táblázat A takarmányok zsírsavösszetétele az összes zsírsav %-ban

Zsírsav	Takarmány	
	Kontroll	Ghee76, Ghee33
Kaprilsav 8:0	-	0,05
Laurinsav 12:0	-	0,11
Mirisztinsav 14:0	0,10	0,37
Palmitinsav 16:0	13,70	14,96
Palmitoleinsav 16:1	0,10	0,19
Sztearinsav 18:0	1,96	2,20
Olajsav 18:1	30,30	30,70
Linolsav 18:2	52,40	40,52
Konjugált linolsav 18:2	-	9,18
Linolénsav 18:3	1,54	1,53
Eikozénsav 20:1	0,10	-

Az első kísérleti csoport (ghee76) állatainak takarmánya a kísérlet beállításától a vágásig, 76 napig ghee-kiegészítést tartalmazott. A második kísérleti csoport (ghee33) állatai a kísérlet indulásától számított 44. naptól a vágásig, 33 napig kaptak ghee-vel kiegészített tápot. A kontroll csoport (kontroll) tagjainak takarmányába zsírkiegészítésként napraforgóolajjal készített zsírport keverték.

A kísérlet értékeléséhez a következő adatokat vettem fel:

- az állatok induló és záró súlya,
- az állatok súlya havonta valamint takarmányváltáskor,
- napi takarmány felvétel,
- vágóhídi minősítés,
- zsírsavanalízis.

3.4.2. Az állatok vágása, mintavétel

A kísérleti állatok vágására az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet vágóhídján került sor. A zsírsavanalízisek végzéséhez 200 gramm mintát vettünk a vágott féltestből.

A mintákat a bal vágott féltestből vettem, a következő helyekről:

- Hosszú hátizom (musculus longissimus dorsi)
- Combizom (musculus semimembranosus)
- Hasszalonna (panniculus adiposus lateralis)
- Hátszalonna (panniculus adiposus dorsalis)

3.4.3. A minták tárolása az analízisig

A mintákat a mintavétel után közvetlenül a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Kémiai-Biokémiai Tanszékére szállítottuk, ahol az analízisek megkezdéséig azokat $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tárolták. Ezt követően a mintákat egyszerre olvasztottuk fel, készítettük elő analízisre, és a zsírsav-összetételt, illetve a KLS-tartalmat egymást követően határoztuk meg a Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar Kémiai Intézetében.

3.5. A sertéshús zsírsavösszetételének alakulása különféle zsiradékokban történő sütés hatására

3.5.1. A sütéshez felhasznált zsiradékok

A sütési próbát a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Kémiai-Biokémiai Tanszékén végeztük. A sütéshez pálmazsírt, extrahált napraforgóolajat, valamint sertézsírt használtunk.

A sütési próbához használt zsiradékok zsírsavösszetételét a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat A sütési próbák során használt zsiradékok zsírsavösszetétele

	Sertézsír		Napraforgóolaj		Pálmazsír	
	0 min	10 min	0 min	10 min	0 min	10 min
Palmitinsav 16:0	25,03	24,97	6,40	6,32	41,54	43,72
Sztearinsav 18:0	13,78	13,94	3,29	3,13	4,44	4,56
Olajsav 18:1	43,12	42,85	24,13	23,58	40,95	39,18
Linolsav 18:2	10,93	10,98	64,45	65,36	10,56	10,17
Linolénsav 18:3n6	1,05	1,04	0,01	0,06	0,04	0,04
KLS	0,09	0,08	0,01	0,01	nmk	nmk
Arachidonsav 20:4n6	0,22	0,21	nmk	nmk	nmk	nmk

nmk = nem mutatható ki

3.5.2. A sütés menetének leírása

A karajból valamint a combból 100 gramm tömegű, 2 cm vastagságú szeleteket vágunk. A hússzeleteket sütését 160 °C-on, forgókosaras DeLonghi fritőzben végeztük. A húsokat 1 illetve 8 percig sütöttük.

3.5.3. A minták tárolása az analízis megkezdéséig

A mintákat a sütés után a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Kémiai-Biokémiai Tanszékén az analízisek megkezdéséig -25 C°-on tárolták. Ezt követően a mintákat egyszerre olvasztottuk fel, készítettük elő analízisre, és a zsírsav-összetételt,

illetve a KLS-tartalmat egymást követően határoztuk meg a Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar Kémiai Intézetében.

3.6. Az alkalmazott analitikai kémiai módszerek

A megnövelt KLS tartalmú takarmányból származó minták savszámát és peroxidszámát a Magyar Szabványnak (MSZ 6830-11:1999) megfelelően végeztük.

3.6.1. A minták zsírsavösszetételének meghatározása

A vizsgálatokat a MSZ EN ISO 5509, Állati és növényi zsírok és olajok. Zsírsav-metil-észterek előállítás (ISO 5509:2000) című szabvány szerint végeztük.

3.6.1.1. A minták előkészítése analízisre (lipidextrakció, átészterezés, készülék, kromatogramok értékelése)

Előkészítés bór-trifluoridos átészterezéshez

Körülbelül 0,5–1 g zsírt tartalmazó mintamennyiséget 8–20 cm³ tömény sósavval forró vízfürdőn egy órán keresztül roncsolunk. Miután lehűlt, 7 cm³ etanolt adunk hozzá. A lipideket előbb 15 cm³ éterrel, majd 15 cm³ petroléterrel (f.p.<60 °C) extraháljuk, majd a szerves fázisokat egyesítjük. Ebből annyit töltünk egy csiszolatos gömblombikba, amely kb. 150–200 mg zsírt tartalmaz, majd rotációs vákuumbepárlóval eltávolítjuk az oldószert. A teljes bepárlás nem szükséges.

Hidrolízis és észterképzés

A bepárolt mintához 4 cm³ 0,5 M metanolos nátrium-hidroxid-oldatot öntünk, visszafolyó hűtőt szerelünk a gömblombikra, és elektromos melegítőn forraljuk addig, amíg az aljáról a zsírcseppek el nem tűnnek (kb. 5 perc). Ezután a hűtőn keresztül 4 cm³ 14%-os metanolos bór-trifluorid-oldatot öntünk a lombikba, és három percig forraljuk. Négy cm³ nátrium-szulfáton szárított hexánt adunk hozzá, egy percig forraljuk, majd lehűtjük. Lehűlés után levesszük a hűtőt, és annyi telített vizes sóoldatot öntünk a lombikba, hogy a szerves fázis a nyakába kerüljön. Szétválás után a szerves fázisból mintát veszünk vízmentes nátrium-szulfátot tartalmazó fiolákba, és ebből injektálunk a gázkromatográfbba.

A gázkromatográfiás analízis körülményei:

Készülék: *Chrompack CP 9000* gázkromatográf

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

Detektor: FID 270 °C

Injektor: splitter 270 °C

Vivőgáz: hélium, 235 kPa

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

Injektált oldat térfogata: 0,5–2 µl

A zsírsav-metil-észterek azonosítására a következő standardet használtuk: „37 component FAME Mix”, melynek gyártója és forgalmazója a Supelco cég.

3.6.2. A minták KLS-tartalmának meghatározása

A vizsgálatokat a MSZ EN ISO 5509, Állati és növényi zsírok és olajok. Zsírsav-metil-észterek előállítása (ISO 5509:2000) című szabvány szerint végeztük.

3.6.2.1. A minták előkészítése analízisre (lipidextrakció, átészterezés, készülék, kromatogramok értékelése)

Lipid-extrakció

Bemérünk annyi mintát, amely kb. 0,3 g zsírt tartalmaz 100 cm³-es főzőpohárba, majd 80 cm³ szerves oldószer-elegyet (hexán: *i*-propanol 3:2 arányú elegye, HIP) adunk hozzá. Diszperziós készülékkel a mintát eloszlatjuk a folyadékfázisban (IKA gyártmányú, Ultra-turrax T25 basic típusú diszperziós készülék, 2. fokozat (9500 RPM), 2 perc). Ezt követően a szuszpenziót membránszűrőn keresztül (MN640W típus, 90 mm átmérő) gravitációs úton 250 cm³-es Erlenmeyer lombikba szűrjük. A szűrőt háromszor 10 cm³ HIP eleggyel átmoszuk, a szerves fázisokat egyesítjük. A szűrletekhez 5,0 g vízmentes nátrium-szulfátot teszünk és összerázzuk. A mintából származó víz megkötése után a szerves fázist leöntjük a sóról talpas gömblombikba,

majd rotációs gyorsbepárlón vákuum alatt 80 °C-on bepároljuk. A bepárlási maradékot n-hexánnal 10 cm³-es mérőlombikba mossuk (hexános törzsoldat).

Metilezés

A hexános törzsoldatból kiveszünk 0,5 cm³-t, 4 cm³-es, lezárható fedelű üvegcsébe tesszük, majd 0,5 cm³ 4M metanolos nátrium-metilát-oldatot adunk hozzá, összerázzuk, majd 50 °C-on 30 percen át melegítjük. Ezt követően 1 cm³ hexánt, majd 1 cm³ vizet adunk hozzá, összerázzuk, a fázisok elválása után a szerves fázisból 1 cm³-t 5 cm³-es mérőlombikba teszünk, majd a vizes fázishoz 1,2 cm³ hexánt adunk, összerázzuk, majd 1 cm³ hexános fázist a mérőlombikba viszünk át. A hexános extrakciót a fentén kívül még kétszer megismételjük, az utolsó hexános fázis elvételénél lehetőség szerint a teljes felső fázist eltávolítjuk, majd a lombikot jelre töltjük, és az így kapott oldatot csavaros tetejű fiolában mélyhűtve tároljuk az analízis megkezdéséig.

Kromatográfiás körülmények

Hőmérséklet-program: kolonna 140 °C, 10 percig; 5 °C/perc emelés 235 °C-ig, izoterm 30 percig

Injektált oldat térfogata: 2 µl. Az egyéb körülmények azonosak a zsírsavösszetétel meghatározásánál leírtakkal. A standard törzsoldat és a kalibrációs sor készítésére alkalmas bármely gyártó által forgalomba hozott konjugált linolsav-készítmény (pl. a Sigma cég által forgalmazott konjugált linolsav-elegy).

3.7. Az adatok statisztikai analízise

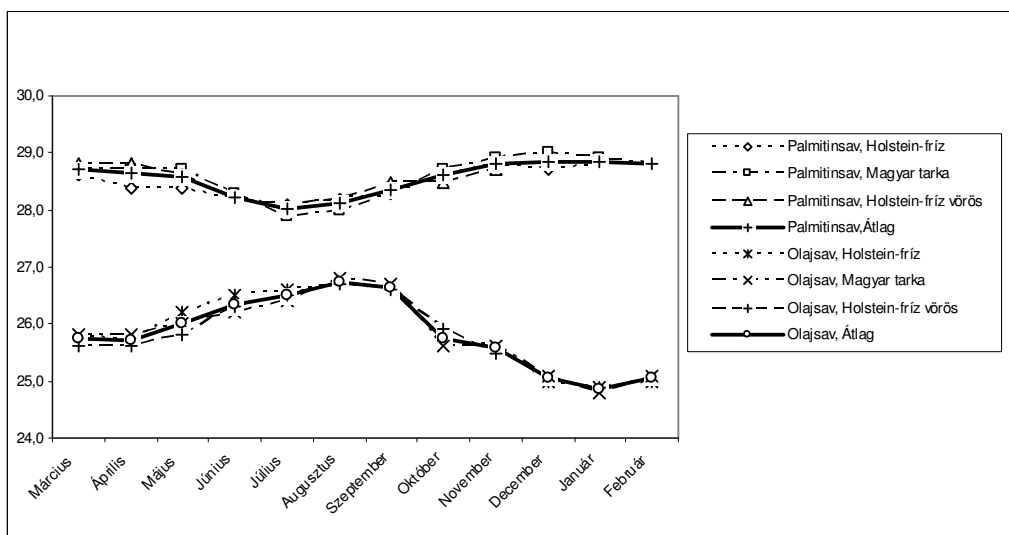
A kísérlete során felvett adatok elemzése Microsoft Excel és SPSS for Windows 11.0 programok (SPSS Inc., Chicago, IL) segítségével történt.

4. EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELESE

4.1. A tej zsírsavösszetételének és KLS tartalmának változása az évszakok szerint, eltérő genotípusú szarvasmarhákánál

A tejminták vizsgálata során a KLS-izomerek közül a cisz9, transz11-C18:2 izomerre koncentráltunk. Ez fordul elő legnagyobb mennyiségben a tejszírből, valamint ennek egészségvédő hatásáról számoltak be a szakirodalomban. A mérési adatokból szerkesztett ábrán a linolsav és a linolénsav, valamint a KLS-koncentrációjának változását ábrázoltuk a márciustól februárig terjedő időszakban a genotípusok szerint, illetve a genotípusok átlagában. A zsírsavakat a koncentrációk alapján csoportosítva ábrázoltuk; a vékony vonalak a különböző genotípusok tejszírjának zsírsav-összetételét, a folyamatos vastag vonal, pedig a fajták átlagát mutatja. Az elvégzett vizsgálatok számát anyagi lehetőségeink behatárolták, ezért mintavételenként és fajtánként háromnál több analízisre nem volt lehetőségünk.

4. ábra. A tejszír palmitinsav- és olajsav-tartalmának alakulása az évszakok szerint a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

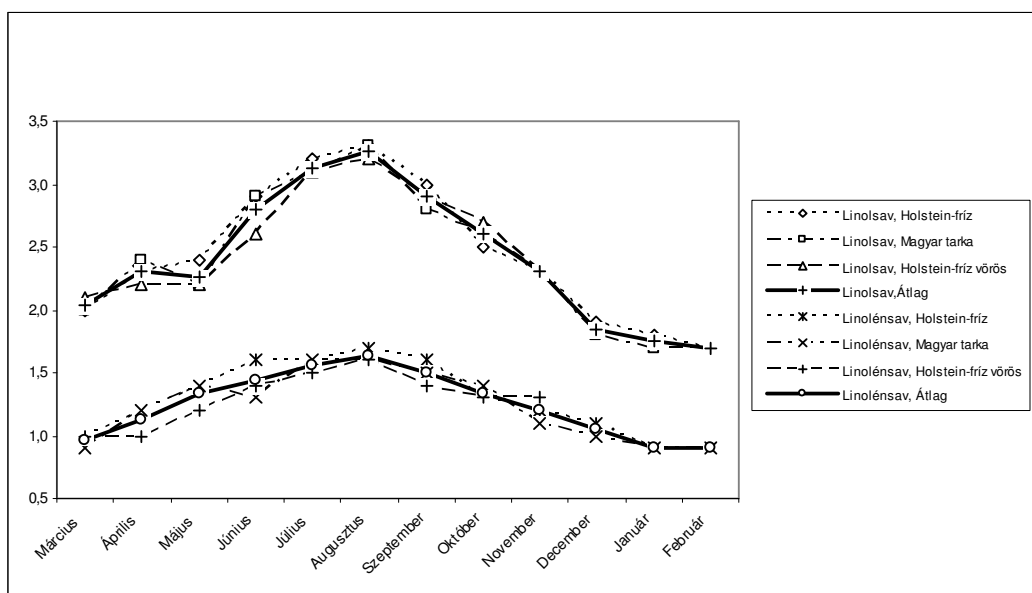


A tejszírből legnagyobb koncentrációban a palmitinsav és az olajsav fordul elő. A palmitinsav változásának (4. ábra) tendenciája rendkívüli módon hasonlít a rövidszénláncú zsírsavakéhoz; minimumát fajták átlagában június és augusztus között éri el 28,1–28,3-kal, maximumát pedig a téli és a kora tavaszi hónapokban mutatja 28,7–29,0%-kal.

A tehéntejben telítetlen kötést tartalmazó zsírsavak az előző tendenciákkal pontosan ellentétesen változnak az évszak függvényében. A tehéntej zsírában második legnagyobb koncentrációban előforduló olajsav maximumát július és szeptember között mértük 26,5–26,7%-kal, minimális értékét pedig a téli hónapokban 25,0%-kal.

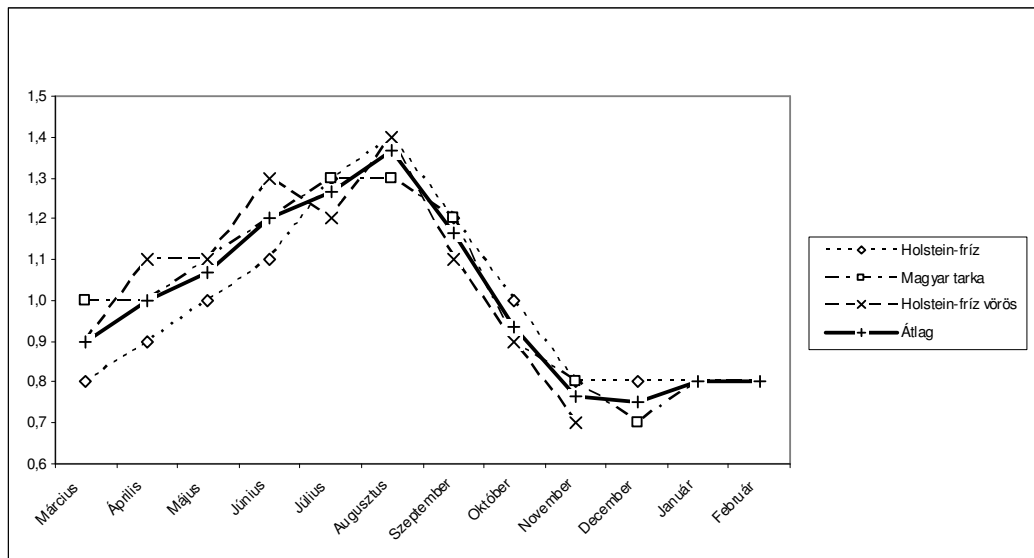
Az évszak szerinti változást illetően a linolsav és a linolénsav (5.ábra) az olajsavval egybeeső változást mutat, azaz a két többszörösen telítetlen zsírsav maximumát július és szeptember között éri el. A tej linolsav-tartalma a nyári hónapokban 3,2–3,3%, a téli hónapokban pedig 1,7–1,8%. A linolénsav maximumát augusztusban éri el 1,6%-kal.

5. ábra A tejzsír linolsav- és linolénsav-tartalmának alakulása az évszakok szerint a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában



A KLS-tartalom maximális értékét augusztusban éri el (6. ábra), mely a fajták átlagában 1,35%-nak felel meg. Június és szeptember között mindegyik fajta tejzsírjának KLS-tartalma meghaladja az 1,2%-ot, ezen érték rohamosan csökken az őszi és a téli hónapokban mért 0,75–0,80%-ra.

6. ábra A tejzsír KLS-tartalmának alakulása az évszakok szerint a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában



Az ábrák adatait összehasonlítva megállapítható, hogy a három vizsgált szarvasmarhafajta tejzsírjának zsírsav-összetétele szinte teljes mértékben megegyezik, és ugyanaz az évszakok szerinti tendencia is mindegyik fajtánál. Ezen eredmények alapján úgy tűnik, hogy nagyobb egyedszámban elvégzett vizsgálat esetében sem számíthatunk a fajták közötti különbségre, ha azok azonos tartási és takarmányozási feltételek mellett termelnek. Csak a KLS esetében figyeltünk meg nagyobb ingadozásokat, ami az analitikai módszer nehézségével, valamint a takarmány összetételének szezonális változásával függhet össze, semmint a fajták közötti különbséggel. A szórások abszolút értéke azonban itt sem nagyobb, mint a többi zsírsav-összetétel meghatározásnál, de mivel a KLS-ből kevesebb van, mint a többi zsírsavból, a relatív szórás így nagyobb.

A három genotípus együttes átlagában a tej zsírsav-összetételét, KLS-tartalmát illetve annak változását az évszakok szerint a 4. táblázat tartalmazza.

A zsírsavakat egyedileg értékelve megállapítható, hogy a vajsav 2,6–2,8%-kal június és szeptember között éri el minimumát, maximumát pedig december és április között mutatja 3,5–3,7%-kal. A kapronsav, a kaprilsav és a kaprinsav a vajsavhoz hasonló tendenciát mutat. Július és szeptember között érik el minimumukat, a téli és kora tavaszi hónapokban pedig maximumukat.

A kapronsav minimális értékét – 2,1%-ot – augusztusban, maximális értékét – 2,5–2,6%-ot – pedig január és április között éri el. Augusztusban és szeptemberben mutatja a kaprinsav minimális értékét, 2,1–2,2%-kal, maximális értékét 2,6–2,7%-kal pedig december és április között. A rövidszénláncú zsírsavak közül a kaprilsav található legkisebb koncentrációban az általunk vizsgált szarvasmarhák tejszírjában. Minimális értéket 1,1–1,2%-kal július és szeptember között éri el, maximumát pedig január és április között mutatja 1,6%-kal.

4. táblázat. A tej zsírájának zsírsav-összetétele – összes minta átlagában – a zsírsav-metilészterek relatív tömegszázalékában

Zsírsavak	Március		Április		Május		Június		Július		Augusztus		Szeptember		Október		November		December		Január		Február	
	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD
n	9		9		9		9		9		9		9		9		9		9		9		9	
Vajsav C 4:0	3,6	0,09	3,5	0,16	3,4	0,12	3,2	0,15	2,9	0,16	2,9	0,19	2,7	0,11	3,0	0,13	3,3	0,19	3,6	0,18	3,6	0,12	3,5	0,15
Kaprónsav C 6:0	2,5	0,13	2,5	0,14	2,4	0,17	2,2	0,17	2,1	0,12	2,0	0,16	2,1	0,12	2,3	0,14	2,4	0,12	2,4	0,14	2,5	0,10	2,5	0,15
Kaprilsav C 8:0	1,6	0,12	1,6	0,09	1,4	0,10	1,2	0,10	1,1	0,10	1,0	0,09	1,1	0,11	1,2	0,11	1,4	0,10	1,5	0,12	1,5	0,13	1,5	0,19
Kaprinsav C 10:0	2,7	0,16	2,7	0,13	2,5	0,14	2,4	0,15	2,3	0,17	2,1	0,13	2,1	0,15	2,4	0,08	2,5	0,09	2,7	0,15	2,7	0,16	2,7	0,12
Laurinsav C 12:0	3,4	0,13	3,2	0,15	3,4	0,17	3,3	0,18	3,3	0,16	3,2	0,14	3,3	0,14	3,3	0,18	3,3	0,16	3,4	0,18	3,4	0,14	3,4	0,16
Mirisztinsav C 14:0	11,0	0,25	11,0	0,22	10,9	0,23	11,0	0,38	11,0	0,20	11,0	0,25	11,2	0,24	11,4	0,26	11,4	0,19	11,5	0,22	11,6	0,25	11,5	0,31
Mirisztolajsav C 14:1	1,4	0,12	1,4	0,16	1,5	0,12	1,4	0,12	1,4	0,15	1,4	0,09	1,5	0,11	1,6	0,10	1,6	0,17	1,6	0,12	1,6	0,11	1,6	0,16
Pentadekánsav C 15:0	1,2	0,10	1,2	0,12	1,2	0,10	1,2	0,16	1,2	0,15	1,2	0,08	1,1	0,10	1,3	0,09	1,2	0,10	1,2	0,08	1,3	0,07	1,3	0,15
Palmitinsav C 16:0	28,7	0,22	28,6	0,41	28,6	0,36	28,2	0,21	28,0	0,39	28,2	0,22	28,4	0,35	28,6	0,28	28,9	0,49	28,9	0,32	28,8	0,41	28,8	0,52
Palmitolajsav C 16:1	2,6	0,14	2,4	0,16	2,6	0,15	2,6	0,09	2,6	0,19	2,4	0,18	2,5	0,16	2,5	0,17	2,6	0,17	2,5	0,13	2,5	0,17	2,6	0,12
Margarinsav C 17:0	1,0	0,08	1,2	0,15	1,1	0,13	1,1	0,13	1,1	0,10	1,0	0,10	1,2	0,13	1,2	0,12	1,3	0,13	1,4	0,15	1,4	0,16	1,3	0,09
Sztearinsav C 18:0	10,5	0,21	10,5	0,24	10,6	0,28	10,5	0,35	10,6	0,27	10,5	0,29	10,5	0,23	10,5	0,20	10,7	0,35	10,7	0,19	10,8	0,24	10,9	0,29
Olajsav C 18:1	25,7	0,27	25,7	0,20	26,0	0,23	26,5	0,34	26,5	0,32	26,8	0,33	26,6	0,33	25,8	0,43	25,6	0,31	25,0	0,41	24,9	0,27	25,1	0,26
Linolsav C 18:2	2,0	0,10	2,3	0,17	2,3	0,14	2,8	0,22	3,1	0,17	3,3	0,11	2,9	0,15	2,6	0,13	2,3	0,14	1,9	0,15	1,7	0,10	1,7	0,08
Linolénsav C 18:3	1,0	0,08	1,1	0,12	1,4	0,16	1,4	0,18	1,5	0,10	1,6	0,10	1,5	0,14	1,3	0,11	1,2	0,14	1,0	0,07	0,9	0,08	0,9	0,08
KLS cisz 9,trans 11 C18:2	0,9	0,09	0,9	0,28	1,1	0,06	1,2	0,09	1,3	0,05	1,4	0,05	1,2	0,06	1,0	0,09	0,8	0,05	0,8	0,05	0,8	0,04	0,8	0,02

Az általunk kapott mérési eredmények összhangban vannak RIEL (1963) megállapításaival, aki szerint a nyerstej KLS-tartalma nyáron kétszer olyan nagy, mint télen. DHIMAN és munkatársaihoz (1996) hasonlóan úgy találtuk, hogy legelőre kihajtáskor jelentősen nő a tej KLS-tartalma. JAHREIS és munkatársaihoz (1997) viszonyítva a télen istállóban tartott tehenek tejzsírjának KLS-tartalmát két, két és félszer nagyobbra mértük, és a nyáron mért értékek is jóval nagyobbak, mint amit az ökológiai farmon tartott állatoknál kaptak.

A tej KLS-tartalmára kapott szélső értékek (0,8–1,4 relatív%) jóval kisebbek, mint a CHIN és mtsai (1992), PARODI (1994) vagy a FRITSCHÉ és STEINHART (1998) által publikáltak (0,2–2,0 KLS/100 g tejzsír), ami a vizsgált állatok eltérő genotípusával, takarmányozásával, az eltérő évszakkal és talán a különböző analitikai módszerrel magyarázható. A mért átlagos KLS-tartalom (1,1%) kissé nagyobb a PRECHT és MOLKENTIN (2000) által mérténél, és a szélső értékek is sokkal közelebb vannak egymáshoz.

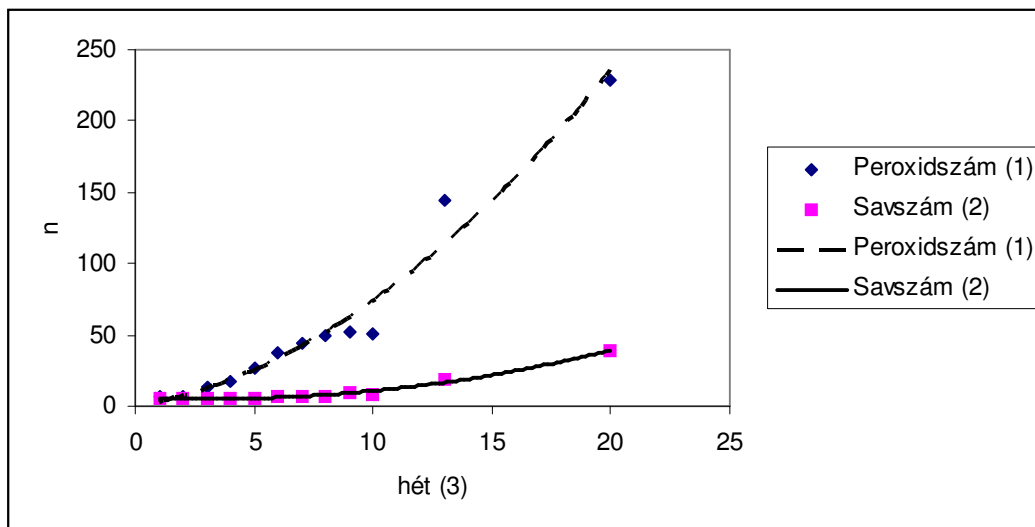
Összefoglalva megállapítható, hogy a vizsgált telített zsírsavak többsége a nyári hónapokban minimumot, a téli és a kora tavaszi hónapokban pedig maximális értéket mutatnak. Ezzel szemben a telítetlen zsírsavak koncentrációja, beleértve a KLS-t is, a nyári hónapokban maximális értéket mutat, minimumát pedig minden esetben a téli és kora tavaszi hónapokban éri el. Ezen eredmények összhangban vannak a szakirodalomban közltekkel a tendenciát illetően, és az abszolút értékeket tekintve is minimális az eltérés a szakirodalomban közölt adatoktól. A mért adatok alapján megállapítható, hogy a nyáron fejt tej – fajtától függetlenül – lényegesen több linolsavat, linolénsavat, olajsavat és KLS-t tartalmaz, mint a téli és kora tavaszi tej, ezért az egészség megőrzése szempontjából alkalmasabb emberi fogyasztásra. Mivel az állatok teljesen azonos takarmányozási feltételek mellett termeltek – nyáron főként legelőfüvet, télen pedig szénát és szilázst fogyasztottak – a magasabb KLS-szint a nyári tejben valószínűleg a nyári legelőfü magasabb telítetlen zsírsav-tartalmával, esetleg KLS-tartalmával magyarázható.

4.2. A KLS antioxidáns hatásának vizsgálata kukoricadarával

A kukoricadarával összekeverve gheet a kapott zsíros anyag konjugált linolsav-tartalmát 0,30%-nak mértük, tehát maga a kukoricadara is tartalmazott minimális mennyiségben konjugált linolsavat.

A savszám és a peroxidszám változását elemezve megállapítottuk, hogy a peroxidszám 20 hét alatt, a kísérlet kezdetén mért 7-ről 50-re, a savszám pedig ugyanezen időszakban 5-ről 10-re nőtt (7. ábra). A tárolás 20. és 40. hete között a peroxidszám 50-ről 229-re, a savszám pedig 10-ről 39-re nőtt. A 40. hét után kísérleteinket nem terveztük folytatni, hisz 40 hét alatt az élelmiszerek és a takarmányok többségét felhasználják, a 40. hetet meghaladó felhasználásra csak nagyon ritkán kerül sor.

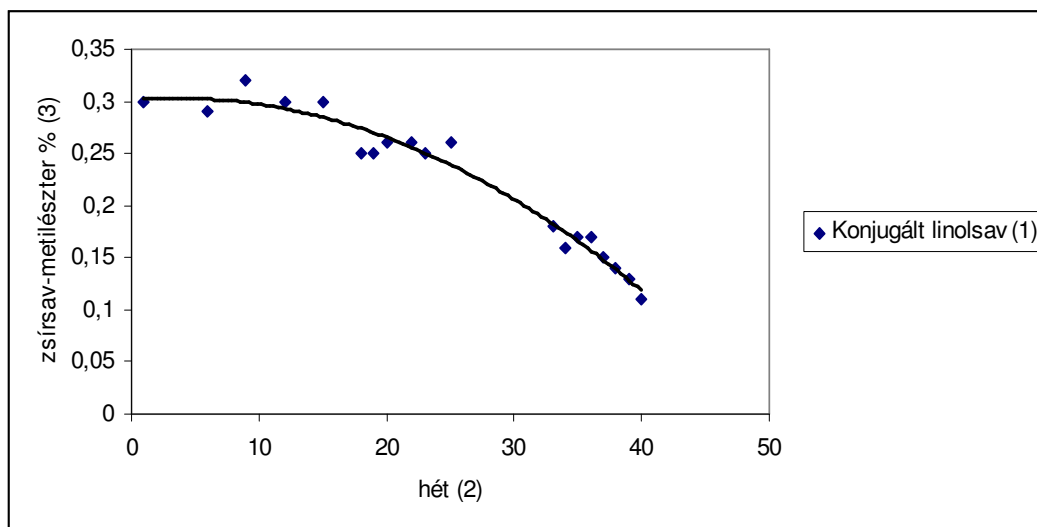
7. ábra A gheével kevert kukoricadara sav- és peroxidszám tartalmának alakulása a tárolási idő függvényében



Vizsgálatainkból levonhatjuk azt a következtetést, hogy 20 héten keresztül sem a peroxidszám, sem a savszám nem haladta meg a szabvány által előírt még megengedhető értéket, tehát a megnövelt KLS-tartalmú vaj 20 héten át meggátolta az avasodásra rendkívül hajlamos kukoricadara romlását. A 20. hetet követően a peroxidszám rohamosan elkezdett növekedni, azonban a savszám még a tárolás 40. hetében is csak 39-es értéket ért el.

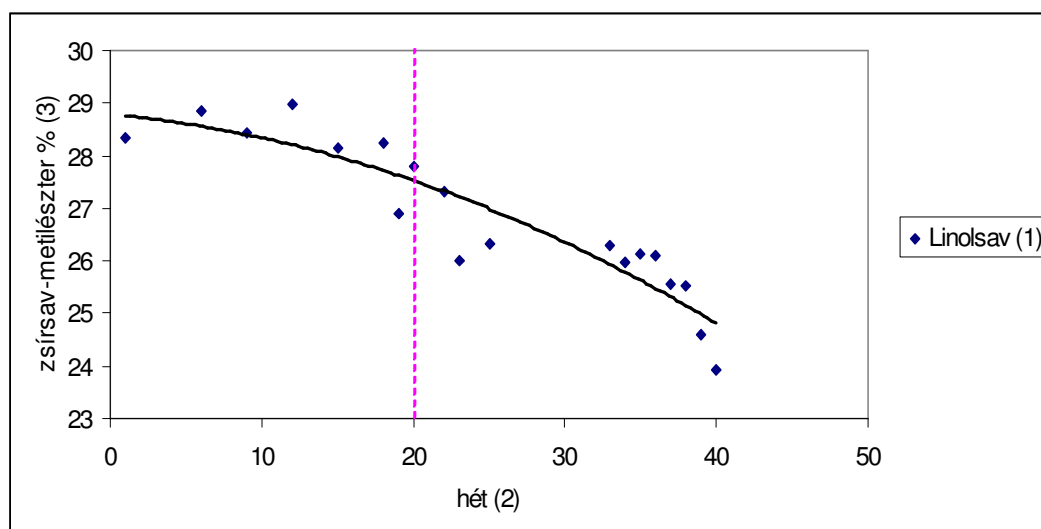
A tárolás első 20 hetében a konjugált linolsav tartalom 0,30%-ról 0,26%-ra csökkent (8. ábra). Ugyanezen idő alatt a linolsav 28,6%-ról 27,5%-ra csökkent (9. ábra), de az olajsav- és a linolénsav-tartalom (10. ábra) alig változott, és ugyancsak változatlanok maradtak a rövid, a közepes és a hosszú szénláncú telített zsírsavak is.

8. ábra A gheevel kevert kukoricadara konjugált linolsav tartalma

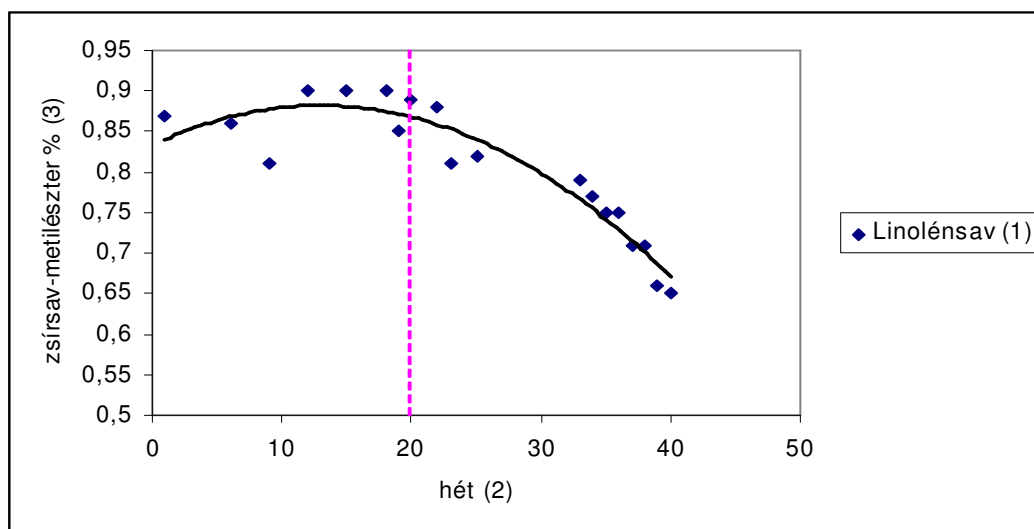


A tárolás 20. és 40. hete között a KLS-tartalom 0,26%-ról 0,11%-ra, a linolsav-tartalom 27–28%-ról 23–24%-ra, a linolénsav-tartalom pedig 0,89%-ról 0,65%-ra csökkent, és még ebben az időszakban sem változott lényegesen az olajsav mennyisége, valamint a telített zsírsavak aránya.

9. ábra A gheevel kevert kukoricadara linolsav tartalma



10. ábra A gheevel kevert kukoricadara linolénsav tartalma



Kísérleteinkből tehát levonhatjuk azt a következtetést, hogy az összes többszörösen telítetlen zsírsav közül a konjugált linolsav a legérzékenyebb az oxidációra, tehát antioxidáns hatása a legnagyobb. A megnövelt KLS-tartalomnak köszönhetően a linolsav és a linolénsav mennyisége alig változott a tárolás első hetében, és a változás a tárolás 20. hete után is, arányaiban elhanyagolható volt a konjugált linolsavhoz viszonyítva.

Ezen eredmények alapján levonhatjuk azt a következtetést, hogy a megnövelt KLS-tartalmú vaj (ghee) jelentős antioxidáns tulajdonságával megvédi az élelmiszerek és a takarmányok oxidációra érzékeny komponenseit.

Az általunk tapasztaltakkal ellentétben FLINTOFF-DYE és OMAJE (2005) nem tapasztalták a KLS antioxidáns hatását.

CHEN és mtsai (1997) vizsgálatai szerint rendszerükben a konjugált linolsavnak nem volt antioxidáns hatása.

A gheevel végzett kísérleteket követően kontrollnak tekintendő, meghatároztuk a kukoricadara savszámának és peroxidszámának alakulását is a tárolási idő függvényében. A frissen darált kukoricadara peroxidszámát 8-nak, savszámát pedig 6-nak mértük. A peroxidszám négy hét alatt 32-re, nyolc hét alatt 84-re, 12 hét alatt 183-

ra, 16 hét alatt pedig 249-re emelkedett. Ugyanezekben az időszakokban a savszám 6-ról 18-ra, 39-re, 62-re, majd 124-re emelkedett.

Összehasonlítva a kukoricadara savszámát, illetve peroxidszámát a gheével kezelt kukoricadara savszámával és peroxidszámával megállapítható, hogy a közeli mintavételi időpontokban a ghee nélküli kukoricadara peroxidszáma mintegy másfélszeresére, savszáma esetenként több mint duplájára nőtt. Mivel a kísérletek során mindent azonos módon végeztünk, ezért feltételezhető, hogy a gheével kezelt kukoricadara savszámának és peroxidszámának mérsékelt növekedése a kontroll kukoricadarához képest a gheenek, nevezetesen a ghee konjugált linolsav-tartalmának köszönhető.

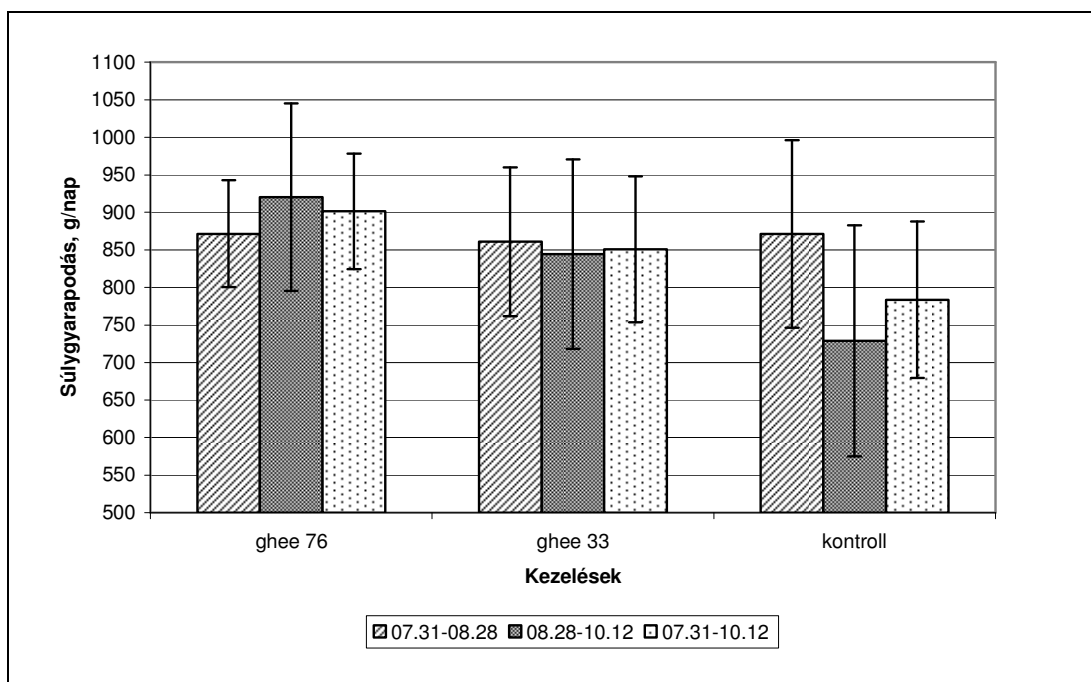
Konjugált linolsav-tartalmat ezen utóbbi kísérletben a kukoricadara rendkívül alacsony KLS-tartalma miatt nem tudtunk mérni, a többi többszörösen telítetlen zsírsav mérésére pedig nem volt lehetőségünk. Azonban a savszám és peroxidszám jelentős emelkedése a kontroll esetén a mintában lévő telítetlen zsírsavak jelentős oxidálódására utal.

4.3. A megnövelt KLS tartalmú takarmány hatása a sertések hízlalási teljesítményére

Mind a három csoport esetében mértük a testsúlygyarapodást és a takarmányfogyasztást. A felvett adatok alapján kiszámítottuk az állatok napi testsúlygyarapodását és a takarmányhasznosítását. A kapott adatokat statisztikailag értékeltük.

Az állatok testsúlygyarapodásának adatait tanulmányozva megállapítottuk, hogy a 76 napig gheével kiegészített takarmányt fogyasztó állatok (ghee76 csoport) esetében a kísérlet során az átlagos napi súlygyarapodás 901 gramm volt. A 33 napig ghee kiegészítést kapott állatok (ghee33 csoport) átlagos napi testsúlygyarapodása 851 gramm, a napraforgóolaj kiegészítést kapott állatok (kontroll csoport) súlygyarapodása pedig 784 gramm volt.

11. ábra A kísérleti állatok átlagos napi testsúlygyarapodása

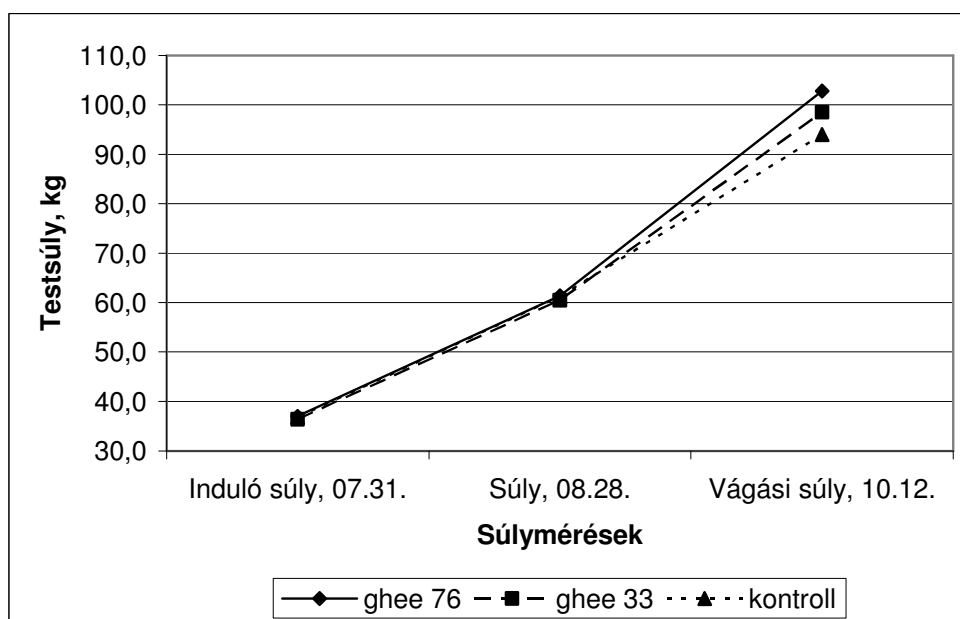


Amint a 11. ábrán látható a kísérleti állatok átlagos napi testsúlygyarapodása a 76 napig gheével kiegészített fogyasztó csoport kivételével, a hízlalás végére csökkent. A legmagasabb értéket a hízlalás teljes szakaszában magas KLS-at tartalmazó

takarmányt fogyasztó állatok (ghee76 csoport) esetén mértünk, ami átlagosan 901 gramm volt naponta. A legalacsonyabb napi testsúlygyarapodást, a napraforgóolaj kiegészítést kapott (kontroll) csoport esetében mértünk, melynek értéke 784 gramm/nap.

A hizlalási kísérlet során felvett adatokkal elvégzett statisztikai analízis alapján megállapítottuk, hogy az egyes csoportok átlagos napi súlygyarapodása között szignifikáns különbségek vannak. A ghee76 csoport napi testsúlygyarapodása $P < 0,01$ szignifikancia szinten jobbnak bizonyult a kontroll csoport esetén mért értékekhez képest. A ghee33 csoport egyedeinek napi testsúlygyarapodása a kontroll csoport egyedeihez képest $P < 0,05$ szignifikancia szinten jobb volt.

12. ábra Kísérleti állatok súlygyarapodása



Az állatok vágáskori átlagos élősúlya 98,43 kg volt. A legnagyobb átlagos élősúlyt a ghee76 csoport egyedeinél mértünk, 102,8 kg, míg a legalacsonyabbat a kontroll csoport egyedei esetében mértünk, 94,00 kg.

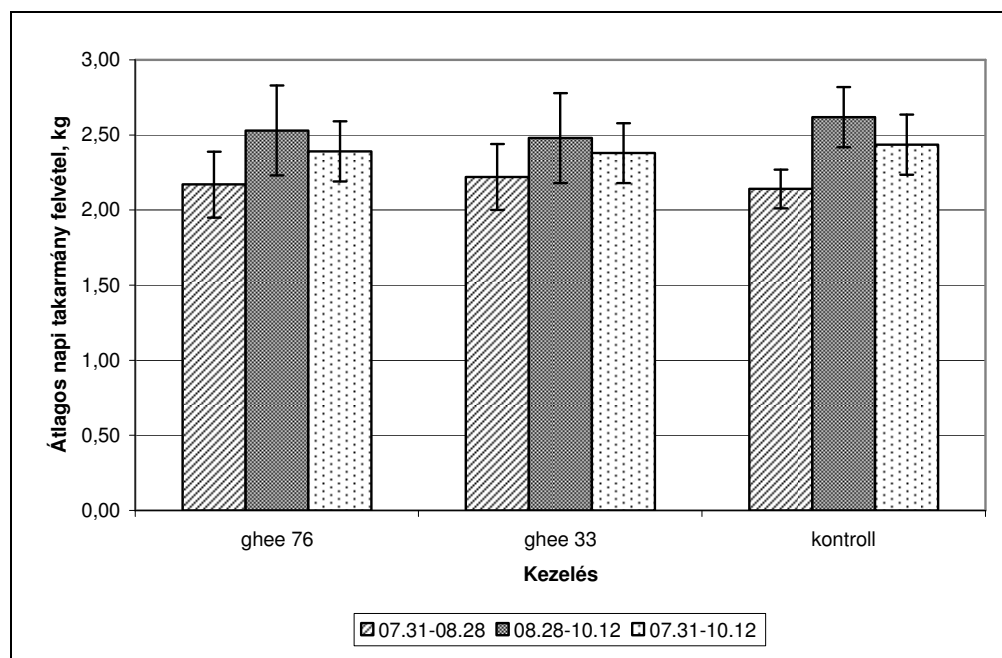
Az egyes kezelések vágáskori élősúlya között szignifikáns különbségeket tapasztaltunk. A kísérlet során 76 napig magas KLS tartalmú takarmányt fogyasztó csoport (ghee76) egyedeinek vágáskori élősúlya $P < 0,01$ szinten szignifikánsan nagyobb volt a kontroll csoport egyedeinek vágáskori élősúlyához képest. A 33 napig napraforgóolajat, ezt követően pedig 33 napig magas KLS tartalmú takarmányt kapott

(ghee33) csoport vágáskori élősúlya pedig $P < 0,05$ szignifikancia szinten volt magasabb a kontroll csoport esetében mért értékekhez képest.

Ezek alapján megállapíthatjuk, hogy a kísérleti takarmány etetésének hatására a hízsértések hamarabb érik el a vágáshoz megfelelő élősúlyt.

Az állatok takarmányfelvételének adatait vizsgálva arra a megállapításra jutottunk, hogy a kísérlet során az állatok átlagos napi takarmányfelvétele (13. ábra) a ghee76 csoport esetén 2,39 kg a hízlalás két szakaszában. A hízlalás teljes ideje alatt a sertések átlagos napi takarmányfelvétele a ghee33 csoport esetén 2,38 kg illetve a kontroll csoport esetében 2,44 kg volt.

13. ábra A kísérleti állatok átlagos napi takarmányfelvétele (kg/nap)



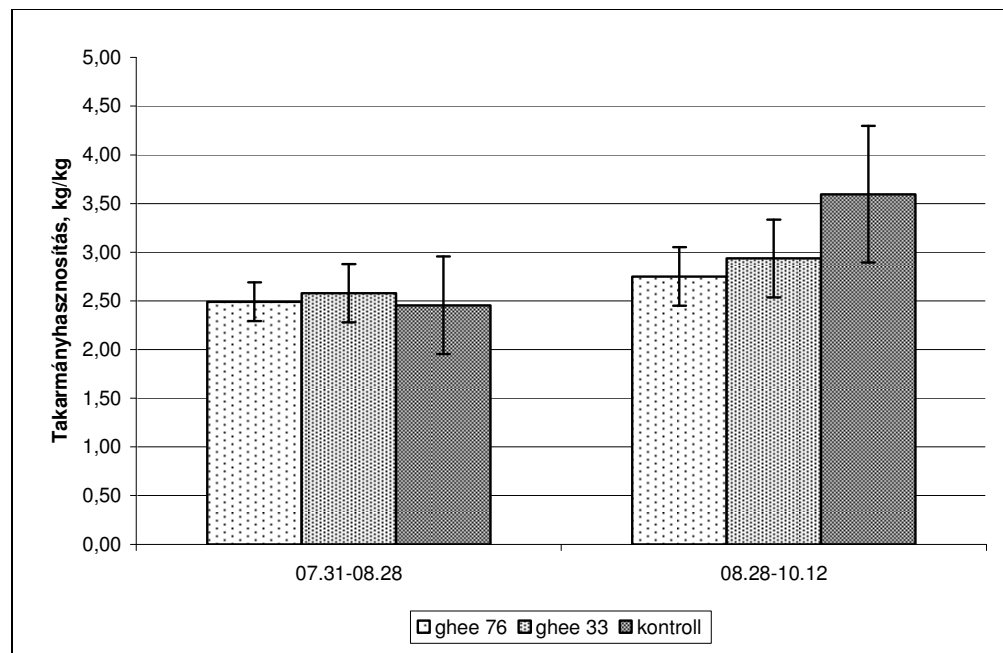
Az állatok takarmányfelvételének esetében a kísérlet befejező szakaszában mértük a legmagasabb értékeket. A napraforgóolaj kiegészítést (kontroll) kapott csoport kocáinak napi takarmányfogyasztása a kísérlet utolsó szakaszában megközelítette a 4 kg-ot, sőt egyes állatok esetén meg is haladta azt. A kísérlet során végig a magas KLS tartalmú takarmányt fogyasztó csoport (ghee76) kocái esetében mértük a legalacsonyabb átlagos napi takarmányfelvételt 2,43 kg-mal.

A mért adatok alapján megállapítottuk, hogy a ghee76 és a ghee33 csoport átlagos napi takarmányfelvétele közötti különbség $P < 0,001$ valószínűségi szinten szignifikáns. Szintén szignifikánsnak találtuk $P < 0,001$ valószínűségi szinten a különbséget a ghee76 és a kontroll csoport egyedei között.

SUN és mtsai (2004) kísérletük eredményeként megállapították, hogy a vágás előtti 6. héttől KLS-at fogyasztó csoport napi súlygyarapodása és a takarmányfelvétele magasabb, a KLS-at csak 3 hétig fogyasztó csoport ártányaihoz képest.

A kísérlet során felvett adatokból kiszámítottuk a kísérleti állatok takarmányhasznosítását (14. ábra) és megállapítottuk, hogy értéke a 76 napig magas KLS tartalmú takarmányt fogyasztó állatok esetében volt a legkedvezőbb. Ez azt jelenti, hogy a ghee76 csoport egyedei átlagosan 2,65 kg takarmány felhasználásával állítottak elő 1 kg élősúlyt. Ez az érték a ghee33 csoport egyedei esetében 2,80 kg, míg a kontroll csoport állatai esetében 3,11 kg volt.

14. ábra Kísérleti állatok takarmányhasznosítása



A számított adatokkal elvégzett statisztikai elemzés eredményeként megállapítottuk, hogy ghee33 csoport takarmányhasznosítása szignifikánsan ($P < 0,01$) jobb volt a kontroll, illetve $P < 0,05$ szignifikancia szinten a ghee76 csoport egyedeinek átlagos napi takarmányhasznosításához képest.

A hízlalási kísérlet eredményeként megállapítható, hogy a kísérleti takarmány hatására javult mind az állatok átlagos napi testsúlygyarapodása, mind pedig az átlagos napi takarmányhasznosítása.

Velünk ellentétben WIEGAND és mtsai (2002) sertésekkel végzett hízlalási kísérlet során a takarmányhasznosítás romlását tapasztalták KLS etetésének hatására.

Hozzánk hasonlóan a takarmányhasznosítás javulását tapasztalták KLS etetésének hatására sertéshízlalási kísérleteikben DUGAN és mtsai (1997), valamint OSTROWSKA és mtsai (1999, 2003).

THIEL-COOPER és mtsai (2001) egyaránt javulást tapasztaltak, mind a takarmányhasznosításban, mind pedig az átlagos napi testsúlygyarapodásban azoknál az állatoknál, melyek takarmányát KLS-val egészítették ki.

4.4. A megnövelt KLS tartalmú takarmány hatása a sertéshús és szalonna zsírsavösszetételére

4.4.1. A karajminták zsírsavösszetétele

Az 5. táblázat a karajminták átlagos zsírsavösszetételét tartalmazza, melynek során az állatok 33 napig, illetve 76 napig fogyasztottak gheével kevert takarmányt, a táblázat 3. oszlopában pedig a kontroll csoport karajmintáinak összetétele látható, melyek napraforgóolajat tartalmazó takarmányt fogyasztottak 76 napig.

5. táblázat Karajminták átlagos zsírsavösszetétele

Zsírsavak	n	Ghee76		Ghee33		Kontroll	
		Zsírsav-metilészet%					
		Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
		10		10		10	
Kaprinsav 10:0		0,09	0,01	0,07	0,01	0,08	0,01
Laurinsav 12:0		0,10	0,02	0,08	0,01	0,07	0,02
Mirisztinsav 14:0		1,58	0,11	1,31	0,14	1,20	0,11
Mirisztoleinsav 14:1		0,05	0,02	0,07	0,03	0,04	0,01
Pentadekánsav 15:0		0,11	0,05	0,17	0,11	0,08	0,03
Palmitinsav 16:0		25,45	0,94	24,24	1,02	23,97	0,98
Palmitoleinsav 16:1		2,50	0,40	2,38	0,31	2,28	0,28
Margarinsav 17:0		0,53	0,08	0,45	0,18	0,34	0,06
Sztearinsav 18:0		14,54	1,62	13,75	0,85	13,43	0,81
Elaidinsav 18:1t		0,65	0,45	0,50	0,42	0,30	0,09
Olajsav 18:1c		43,31	1,45	42,64	1,50	40,77	1,38
Linolsav 18:2		8,10	0,78	10,90	1,46	13,93	1,81
Arachinsav 20:0		0,30	0,05	0,34	0,05	0,36	0,17
γ-linolénsav 18:3 ω6		0,05	0,02	0,05	0,02	0,05	0,01
Eikozénsav 20:1		0,79	0,10	0,75	0,07	0,73	0,08
α-linolénsav 18:3 ω3		0,31	0,04	0,30	0,04	0,30	0,05
KLS 18:2 c9,t11		0,17	0,03	0,11	0,02	0,08	0,01
Eikozadiénsav 20:2		0,33	0,06	0,47	0,07	0,59	0,07
Eikozatriénsav 20:3 ω6		0,18	0,07	0,21	0,06	0,21	0,05
Trikozánsav 23:0		0,05	0,02	0,06	0,01	0,06	0,01
Arachidonsav 20:4 ω6		0,76	0,44	1,15	0,40	1,13	0,33
SFA		42,75		40,47		39,59	
UFA		57,25		59,53		60,41	
PUFA		9,9		13,08		16,29	
ω-6		0,99		1,41		1,39	
ω-3		0,31		0,3		0,3	
ω-6/ω3		3,19		4,70		4,63	

A 6. táblázatban a szignifikancia vizsgálatok eredménye látható; – vonallal jelöltük, ha statisztikailag nem igazolható a különbség, +-tel, ha a különbség 5 %-os

valószínűséggel, ++-tel, ha a különbség 1 %-os valószínűséggel és +++-tel, ha a különbség 0,1 %-os valószínűséggel igazolható.

6. táblázat A kísérleti csoportok közötti különbségek igazolhatósága karajminták esetében

Zsírsavak	76 napig gheével kevert takarmánnyal etetett és kontroll közötti kül.	33 napig gheével kevert takarmánnyal etetett és kontroll közötti kül.	76 napig gheével kevert takarmánnyal etetett és a 33 napig gheével kevert takarmánnyal etetett közti kül.
Kaprinsav 10:0	-	-	+
Laurinsav 12:0	+++	-	+++
Mirisztinsav 14:0	+++	+	+++
Mirisztoleinsav 14:1	-	-	-
Pentadekánsav 15:0	-	+	-
Palmitinsav 16:0	++	-	++
Palmitoleinsav 16:1	-	-	-
Margarinsav 17:0	+++	+	-
Sztearinsav 18:0	+	-	-
Elaidinsav 18:1t	+++	+	++
Olajsav 18:1c	+++	++	-
Linolsav 18:2	+++	+++	+++
Arachinsav 20:2	-	-	-
γ-linolénsav 18:3 ω6	-	-	-
Eikozénsav 20:1	-	-	-
α-linolénsav 18:3 ω3	-	-	-
KLS 18:2 c9,t11	+++	+++	+++
Eikozadiénsav 20:2	+++	+++	+++
Eikozatriénsav 20:3 ω6	-	-	-
Trikozénsav 23:0	-	-	-
Arachidonsav 20:4 ω6	+	-	+

--= nincs igazolható különbség

+= 5 % valószínűséggel igazolható a különbség

++= 1 % valószínűséggel igazolható a különbség

+++= 0,1 %-os valószínűséggel igazolható a különbség

A 33 napig gheével kevert takarmányt fogyasztó csoport karajmintáinak átlagos KLS tartalmát a zsírsavmetilészterek relatív tömegszázalékában kifejezve 0,11 %-nak, a 76 napig gheével kevert takarmányt fogyasztóknál 0,17 %-nak, a kontroll napraforgóolajat fogyasztók esetén pedig 0,08 %-nak mértük. A szignifikancia vizsgálat szerint, mind a 33 napig, mind a 76 napig gheével kevert takarmányt fogyasztó állatok karajmintáinak KLS tartalma 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb volt a kontroll csoporténál és a 76 napig gheével kevert takarmányt fogyasztóké is 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb volt a gheével kevert takarmányt csak 33 napig fogyasztókénál.

A többi zsírsavat analizálva megállapítottuk, hogy a mirisztóleinsav, a palmitoleinsav, arachinsav, az eikozénsav, a heneikozánsav, az eikozatriénsav és a trikozánsav esetében nincs szignifikáns különbség a minták között.

A kaprinsav esetében 5 %-os valószínűségi szinten találtunk különbséget a 33 napig (0,07 %) és a 76 napig (0,09 %) gheével kezelt takarmányt fogyasztó csoportoknál. A pentadekánsavnál ugyancsak 5 % valószínűségi szinten kaptunk különbséget a 33 napig (0,17 %) gheével és a kontroll (0,08 %) között. Az arachidonsav esetében a 76 napig gheével kevert takarmányt fogyasztó csoport 5 % valószínűségi szinten szignifikánsan kevesebbet (0,76 %) tartalmazott, a gheével 33 napig takarmányozott (1,15 %) és a kontroll (1,13) csoporténál.

A laurinsav esetében nem volt különbség a 33 napig gheével etetett (0,08 %) és a kontroll (0,07 %) csoport között, a 76 napig (0,10 %) gheével etetett csoport karajmintája viszont 0,1 %-os szinten szignifikánsan többet tartalmazott a másik két csoporténál. A mirisztinsav esetében ugyanezt lehet a csoportok között elmondani azzal a különbséggel, hogy a gheével kevert takarmányt 33 napig fogyasztó (1,31 %) csoport 5 % valószínűségi szinten többet tartalmazott a kontroll csoporténál (1,20 %). A csoportok között a gheével kevert takarmányt 76 napig fogyasztók érték el a legmagasabb értéket, 1,58 %-kal.

A margarinsav esetében a két gheével etett csoport között nem volt szignifikáns különbség, míg a 76 napig gheével kevert takarmányt fogyasztó (0,53 %) csoport 0,1 %-os szinten szignifikánsan többet tartalmazott a kontroll csoporténál (0,34 %); a gheével kevert takarmányt 33 napig fogyasztók (0,45 %) pedig 1 %-os szinten tartalmaztak többet, a kontroll csoporténál.

A palmitinsav esetében nem volt különbség a gheével kevert takarmányt 33 napig fogyasztó (24,24 %) és a kontroll (23,97 %) között, míg a 76 napig gheével kevert takarmányt fogyasztó állatok karajmintájának palmitinsav tartalma (25,45 %) szignifikánsan nagyobb volt a másik két csoporténál.

A sztearinsav esetében csak a 76 napig gheével kevert takarmánnyal etetett (14,54 %) és a kontroll (13,43 %) között kaptunk 5 %-os valószínűségi szinten különbséget.

A 76 napig gheével kevert takarmányt fogyasztó csoport esetén az elaidinsav tartalom (0,65 %) 1 %-os szinten nagyobb volt az ugyanilyen takarmányt 33 napig (0,50 %) és a kontroll takarmányt 76 napig (0,30 %) fogyasztó csoportok esetén.

A gheével kevert takarmányt 76 napig fogyasztó állatok karajmintáinak olajsav tartalma (43,31 %) 0,1 %-os szinten a gheével kevert takarmányt 33 napig (42,64 %) 1 %-os szinten többet tartalmazott a kontroll csoporthoz képest (40,77 %). A két gheével etetett csoport olajsav tartalma szignifikánsan nem különbözött egymástól.

A linolsav esetében a 76 napig gheével kevert takarmányt fogyasztó csoport 0,1 % szinten szignifikánsan kevesebbet tartalmazott (8,10 %), mind a gheével kevert takarmányt 33 napig (10,90 %), mind a kontroll csoporténál (13,93 %). A kontroll csoport 0,1 %-os szinten szignifikánsan több linolsavat tartalmazott, mint a gheével kevert takarmányt 33 napig fogyasztók.

A 76 napig gheével kevert takarmányt fogyasztó csoport karájának eikozadiénsav tartalma (0,33 %) 0,1 %-os szinten szignifikánsan kevesebb mind a 33 napig ugyanilyen takarmányt fogyasztó csoporténál (0,47 %), mind a kontroll csoporténál (0,59 %).

A gheével kevert takarmányt 76 napig fogyasztó csoport összes telítetlen zsírsav tartalmát 57,25 %-nak, összes telített zsírsavtartalmát 42,86 %-nak, az $\omega 6/\omega 3$ arányt pedig 3,19 mértük. Ugyanezek az értékek a gheével kevert takarmányt 33 napig fogyasztó állatok esetén 59,53 %; 40,87 % és 4,7, míg a napraforgóolajat fogyasztó kontroll csoporténál 44,46 %; 39,66 % és 4,63.

A karajminták analízise során, arra a következtetésre jutottunk, hogy a gheével kevert takarmány 76 napig történő etetése csökkenti a telítetlen zsírsavak mennyiségét, növeli a telített zsírsavak mennyiségét. A ghee etetés hatására szignifikánsan megnövekedett a kísérleti állatok karajmintájának KLS tartalma.

A legkedvezőbb $\omega 6/\omega 3$ arányt (3,19) a ghee76 csoport karajmintái esetében tapasztaltunk.

4.4.2. A combminták zsírsavösszetétele

A 7. táblázatban a különböző módon takarmányozott sertések combmintáinak átlagos zsírsavösszetétele, a 8. táblázatban pedig a hozzá kapcsolódó szignifikancia vizsgálatok eredményei találhatók.

A gheevel kevert takarmányt 76 napig fogyasztó csoport (a továbbiakban ghee76-os csoport) combmintáinak KLS tartalma (0,21 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb, mind a gheevel kevert takarmányt 33 napig fogyasztó csoport (a továbbiakban ghee33-as csoport), mind a kontroll csoporténál (0,11-0,10 %). A kontroll csoport és a 33-as csoport között a combminták KLS tartalmában nem volt szignifikáns különbség.

7. táblázat Combminták átlagos zsírsavösszetétele

Zsírsavak	n	Ghee76		Ghee33		Kontroll	
		Zsírsav-metilészter%					
		Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
		10		10		10	
Kaprinsav 10:0		0,09	0,01	0,08	0,01	0,08	0,02
Laurinsav 12:0		0,11	0,02	0,10	0,04	0,08	0,05
Mirisztinsav 14:0		1,63	0,19	1,20	0,48	1,13	0,16
Mirisztoleinsav 14:1		0,09	0,04	0,09	0,03	0,04	0,02
Pentadekánsav 15:0		0,15	0,08	0,24	0,18	0,07	0,02
Palmitinsav 16:0		24,36	0,49	23,92	1,39	22,55	0,92
Palmitoleinsav 16:1		2,85	0,36	2,58	0,40	2,53	0,41
Margarinsav 17:0		0,58	0,11	0,44	0,09	0,38	0,11
Heptadekénsav 17:1		0,44	0,08	0,34	0,09	0,27	0,08
Sztearinsav 18:0		12,43	1,04	11,12	3,47	11,46	0,88
Elaidinsav 18:1t		0,37	0,11	0,34	0,06	0,29	0,09
Olajsav 18:1c		43,18	3,17	42,14	4,94	40,41	3,89
Linolsav 18:2		10,09	2,08	13,02	2,56	16,44	3,60
γ-linolénsav 18:3 ω6		0,08	0,03	0,08	0,03	0,12	0,21
Eikozénsav 20:1		0,76	0,12	0,71	0,11	0,62	0,21
α-linolénsav 18:3 ω3		0,37	0,08	0,31	0,03	0,33	0,13
KLS 18:2 c9,t11		0,21	0,06	0,11	0,01	0,10	0,05
Eikozadiénsav 20:2		0,33	0,04	0,47	0,07	0,62	0,07
Behénsav 22:0		0,05	0,03	0,05	0,02	0,05	0,02
Eikozatriénsav 20:3 ω6		0,27	0,07	0,37	0,14	0,27	0,10
Trikozánsav 23:0		0,06	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01
Arachidonsav 20:4 ω6		1,50	0,60	2,58	1,42	2,11	1,23
SFA		39,46		37,20		35,85	
UFA		60,54		62,80		64,15	
PUFA		12,85		16,94		19,99	
ω-6		1,86		3,03		2,50	
ω-3		0,37		0,31		0,33	
ω-6/ω-3		5,03		9,77		7,57	

A combminták esetében a palmitoleinsav, az olajsav, az eikozénsav, a heneikozénsav, a behénsav és a trikozénsav tartalomban nem volt szignifikáns különbség az egyes csoportok között.

A ghee76-os csoport 5 %-os szinten (0,09 %) több kaprinsavat tartalmaz, mint a 33-as (0,08 %) és a kontroll (0,08 %), míg e két utolsó csoport között nem volt szignifikáns különbség. A ghee76-os csoport combmintáinak laurinsav tartalma (0,11 %) 0,1 %-os szinten szignifikánsan nagyobb, mind a ghee33-as (0,09 %), mind a kontroll (0,08 %) csoporténál. A ghee33-as csoport 5 %-os szinten több laurinsavat tartalmazott a kontroll csoport esetén mérthez képest.

8. táblázat A kísérleti csoportok közötti különbségek igazolhatósága combminták esetében

Zsírsavak	76 napig gheével kevert takarmánnyal etetett és kontroll közötti kül.	33 napig gheével kevert takarmánnyal etetett és kontroll közötti kül.	76 napig gheével kevert takarmánnyal etetett és a 33 napig gheével kevert takarmánnyal etetett közti kül.
Kaprinsav 10:0	+	-	+
Laurinsav 12:0	+++	+	+++
Mirisztinsav 14:0	+++	-	++
Mirisztoleinsav 14:1	++	++	-
Pentadekénsav 15:0	-	++	-
Palmitinsav 16:0	+++	+	-
Palmitoleinsav 16:1	-	-	-
Margarinsav 17:0	+++	-	++
Heptadekénsav 17:1	+++	-	++
Sztearinsav 18:0	+	-	-
Elaidinsav 18:1t	+	-	-
Olajsav 18:1c	-	-	-
Linolsav 18:2	+++	+	+
γ-linolénsav 18:3 ω6	+	-	-
Eikozénsav 20:1	-	-	-
α-linolénsav 18:3 ω3	-	-	-
KLS 18:2 c9,t11	+++	-	+++
Eikozadiénsav 20:2	+++	+++	+++
Behénsav 22:0	-	-	-
Eikozatriénsav 20:3 ω6	-	++	+
Trikozénsav 23:0	-	-	-
Arachidonsav 20:4 ω6	-	-	+

-= nincs igazolható különbség

+= 5 % valószínűséggel igazolható a különbség

++= 1 % valószínűséggel igazolható a különbség

+++= 0,1 %-os valószínűséggel igazolható a különbség

A ghee76-os csoport mintáinak mirisztinsav tartalma (1,63 %) 0,1 % szinten nagyobb a kontroll csoporténál (1,13 %) és 0,5 %-os szinten nagyobb a ghee33-as

csoporténál (1,20 %). A ghee33-as és a kontroll csoport között a mirisztinsav tartalomban nem volt különbség.

Mind a ghee76-os, mind a ghee33-as csoport combmintáinak mirisztoleinsav tartalma (0,09-0,09 %) 1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb a kontroll csoporténál (0,04 %).

A ghee33-as csoport combmintáinak pentadekánsav tartalma (0,24 %), 1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb a ghee76-os (0,15 %) és a kontroll (0,07 %) csoporthoz képest, míg a két utóbbi szignifikánsan nem különbözik egymástól.

A ghee76-os csoport combmintáinak palmitinsav tartalma (24,36 %) 0,1 %-os szinten, a ghee33-as csoporté (23,92 %) pedig 5 %-os szinten szignifikánsan nagyobb a kontroll csoporténál (22,55 %), míg a két gheével etetett csoport szignifikánsan nem különbözik egymástól.

A margarinsav esetében a ghee76-os csoport (0,58 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan többet tartalmaz a kontroll csoporténál (0,38 %) és 1 %-os valószínűségi szinten a ghee33-as csoporténál (0,44 %), míg e két utóbbi szignifikánsan nem különbözik egymástól.

A ghee76-os csoport heptadekánsav (0,44 %) tartalma 0,1 %-os szinten nagyobb a kontroll csoporténál (0,27 %), míg 1 %-os szinten nagyobb a ghee33-as csoporténál (0,34 %). A két utóbbi szignifikánsan nem különbözik egymástól.

A ghee76-os csoport sztearinsav tartalma (12,43 %) 5 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb, mind a ghee33-as (11,12 %), mind a kontroll csoporténál (11,46 %), míg e két utolsó csoport szignifikánsan nem különbözik egymástól.

A ghee76-os csoport elaidinsav tartalma (0,37 %) 5 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb, mind a ghee33-as (0,34 %), mind a kontroll csoporténál (0,29 %), míg e két utolsó szignifikánsan nem különbözik egymástól.

A kontroll csoport combmintáinak linolsav tartalma (16,44 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb a ghee76-os csoporténál (10,09 %) és 5 %-os valószínűségi szinten nagyobb a ghee33-as csoporténál (13,02 %). A ghee33-as csoport combmintáinak linolsav tartalma 5 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan kevesebb a kontroll csoporténál.

A gamma linolénsav tartalom a kontroll csoport combmintáiban (0,12 %) 5 %-os valószínűségi szinten nagyobb, mindkét gheet fogyasztó csoporténál (0,08-0,08).

A kontrollcsoport combmintáinak eikozadiénsav tartalma (0,62 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb, mind a ghee33-as (0,47 %), mind a ghee76-os csoporténál (0,33 %); e két csoport közül a ghee33-as 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan többet tartalmaz, mint a ghee76-os csoporté.

Az eikozatriénsav esetében a ghee33-as csoportnál találtunk leg többet 0,37 % -kal, mely érték 1 %-os valószínűségi szinten nagyobb a kontrollénál (0,27 %) és 5 %-os valószínűségi szinten a ghee76-os csoporténál (0,27 %). Míg e két utolsó csoport szignifikánsan nem különbözött egymástól.

A ghee33-as csoport combmintáinak arachidonsav tartalma (2,58 %) 5 %-os szinten nagyobb a ghee76-os csoporténál (1,50 %), míg szignifikánsan nem különbözik a kontroll csoportétól (2,11 %).

Az összes telítetlen zsírsav a ghee76 csoportnál 60,54 %, a ghee33-as csoportnál 62,80 %, míg a kontroll csoportnál 64,15 %. Az összes telített zsírsav ugyanezeknél a csoportoknál 39,43 %; 36,89 % és 35,85 %. Az $\omega 6/\omega 3$ arány a legalacsonyabb a ghee76 csoport esetén, értéke 5,03. A ghee33 csoport mintáinak $\omega 6/\omega 3$ arányát 9,77-nek, a kontroll csoport mintákét pedig 7,57-nek számítottuk.

A combminták analízise során, arra a következtetésre jutottunk, hogy a gheeevel kevert takarmány 76 napig történő etetése csökkenti a telítetlen zsírsavak mennyiségét, növeli a telített zsírsavak mennyiségét. A ghee etetés hatására szignifikánsan megnövekedett a kísérleti állatok combmintáinak KLS tartalma.

4.4.3. A hasszalonna minták zsírsavösszetétele

A ghee76-os csoport hasszalonnájának KLS tartalma (0,26 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb, mind a ghee33-as (0,19 %), mind a kontroll (0,11 %) csoporténál. A ghee33-as csoport hasszalonnájának KLS tartalma 0,1 %-os szinten szignifikánsan nagyobb a kontroll csoporténál.

A csoportok között nem találtunk szignifikáns különbségeket a hasszalonna sztearinsav, eikozénsav, heneikozénsav és eikozatriénsav tartalmában.

A ghee76-os csoport hasszalonnájának kaprinsav tartalma (0,09 %) 1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb a ghee33-as (0,08 %) és a kontroll (0,08 %) csoporténál, míg ez utóbbi kettő szignifikánsan nem különbözik egymástól.

9. táblázat Hasszalonna minták átlagos zsírsavösszetétele

Zsírsavak		Ghee76		Ghee33		Kontroll	
		Zsírsav-metilészter%					
		Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
n		10		10		10	
Kaprinsav	10:0	0,09	0,01	0,08	0,01	0,08	0,01
Laurinsav	12:0	0,13	0,02	0,10	0,01	0,07	0,01
Mirisztinsav	14:0	1,83	0,52	1,58	0,16	1,32	0,12
Mirisztoleinsav	14:1	0,06	0,01	0,04	0,02	0,02	0,00
Pentadekánsav	15:0	0,14	0,03	0,10	0,03	0,05	0,02
Palmitinsav	16:0	24,74	0,81	23,61	1,17	22,59	1,44
Palmitoleinsav	16:1	3,10	0,36	2,60	0,35	2,45	0,33
Margarinsav	17:0	0,59	0,07	0,48	0,09	0,37	0,08
Heptadekénsav	17:1	0,50	0,05	0,39	0,10	0,30	0,07
Sztearinsav	18:0	11,71	0,74	11,78	0,51	11,56	0,74
Elaidinsav	18:1t	0,45	0,05	0,34	0,05	0,28	0,08
Olajsav	18:1c	45,37	1,24	43,43	1,57	42,61	1,54
Linolsav	18:2	8,61	0,99	12,57	1,74	15,30	1,71
Arachinsav	20:0	0,34	0,07	0,41	0,14	0,51	0,13
γ-linolénsav	18:3 ω6	0,05	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01
Eikozénsav	20:1	0,82	0,12	0,76	0,08	0,74	0,10
α-linolénsav	18:3 ω3	0,43	0,05	0,45	0,06	0,40	0,05
KLS	18:2 c9,t11	0,26	0,02	0,19	0,03	0,10	0,02
Eikozadiénsav	20:2	0,37	0,05	0,57	0,09	0,69	0,08
Eikozatriénsav	20:3 ω6	0,11	0,02	0,11	0,02	0,11	0,02
Trikozánsav	23:0	0,06	0,01	0,07	0,01	0,06	0,01
Arachidonsav	20:4 ω6	0,25	0,04	0,30	0,04	0,35	0,04
SFA		39,63		38,21		36,61	
UFA		60,37		61,79		63,39	
PUFA		10,08		14,23		16,99	
ω-6		0,41		0,45		0,5	
ω-3		0,43		0,45		0,4	
ω-6/ω-3		0,95		1,00		1,25	

A ghee76-os csoport hasszalonnájának laurinsav tartalma 0,13 % 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb, mind a ghee33-as (0,10 %), mind a kontroll csoporténál (0,07 %); és a ghee33-as csoport 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan többet tartalmaz a kontroll csoporténál.

A ghee76-os csoport hasszalonnájának mirisztinsav tartalma 1,83 % 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb, mind a ghee33-as (0,158 %), mind a kontroll csoporténál (0,132 %); és a ghee33-as csoport 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan többet tartalmaz a kontroll csoporténál.

A ghee76-os csoport hasszalonnájának mirisztoleinsav tartalma (0,06 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb kontroll csoporténál (0,02%), és 1 %-os szinten a ghee33-asénál (0,04 %); és a ghee33-as csoport 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan többet tartalmaz a kontroll csoporténál.

10. táblázat A kísérleti csoportok közötti különbségek igazolhatósága hasszalonna minták esetében

Zsírsavak	76 napig gheével kevert takarmánnyal etetett és kontroll közötti kül.	33 napig gheével kevert takarmánnyal etetett és kontroll közötti kül.	76 napig gheével kevert takarmánnyal etetett és a 33 napig gheével kevert takarmánnyal etetett közti kül.
Kaprinsav 10:0	++	-	-
Laurinsav 12:0	+++	+++	+++
Mirisztinsav 14:0	+++	+++	+++
Mirisztoleinsav 14:1	+++	+++	++
Pentadekánsav 15:0	+++	++	+++
Palmitinsav 16:0	+++	-	+
Palmitoleinsav 16:1	+++	-	++
Margarinsav 17:0	+++	++	++
Heptadekén 17:1	+++	++	++
Sztearinsav 18:0	-	-	-
Elaidinsav 18:1t	+++	+	+++
Olajsav 18:1c	+++	-	++
Linolsav 18:2	+++	+++	+++
Arachinsav 20:2	+++	-	+
γ-linolénsav 18:3 ω6			
Eikozénsav 20:1	-	-	-
α-linolénsav 18:3 ω3	-	-	-
KLS 18:2 c9,t11	+++	+++	+++
Eikozadiénsav 20:2	+++	+++	+++
Eikozatriénsav 20:3ω6	-	-	-
Trikozánsav 23:0	-	+	-
Arachidonsav 20:4 ω6	+++	+	+

-= nincs igazolható különbség

+= 5 % valószínűséggel igazolható a különbség

++= 1 % valószínűséggel igazolható a különbség

+++= 0,1 %-os valószínűséggel igazolható a különbség

A ghee76-os csoport hasszalonnájának pentadekánsav tartalma (0,14 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb a kontroll csoporténál (0,05 %) és a ghee33-as csoporténál (0,10 %). A ghee33-as csoport 1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan többet tartalmaz, mint a kontroll csoporté.

A ghee76-os csoport hasszalonnájának palmitinsav tartalma (24,74 %) 0,1 %-os szinten nagyobb, mint a kontroll csoporté (22,59 %) és 5 %-os szinten nagyobb, mint a ghee33-as csoporté (23,61 %); a ghee33-as és a kontroll csoport szignifikánsan nem különbözött egymástól.

A ghee76-os csoport hasszalonnájának palmitoleinsav tartalma (3,10 %) 0,1 %-os szinten nagyobb, mint a kontroll csoporté (2,45 %) és 1 %-os szinten nagyobb, mint a ghee33-as csoporté (2,60 %); a ghee33-as és a kontroll csoport szignifikánsan nem különbözött egymástól.

A hasszalonna margarinsav tartalma a ghee76-os csoportnál 0,59 % 0,1 %-os szinten nagyobb a kontroll csoporténál (0,37 %) és 1 %-os szinten nagyobb a ghee33-as csoporténál (0,48 %). A ghee33-as csoport margarinsav tartalma 1 %-os szinten nagyobb a kontroll csoporténál.

A hasszalonna heptadekánsav tartalma a ghee76-os csoportnál (0,50 %) 0,1 %-os szinten nagyobb a kontroll csoporténál (0,30 %) és 1 %-os szinten nagyobb a ghee33-as csoporténál (0,39 %). A ghee33-as csoport heptadekánsav tartalma 1 %-os szinten nagyobb a kontroll csoporténál.

A hasszalonna elaidinsav tartalma a ghee76-os csoportnál (0,45 %) 0,1 %-os szinten nagyobb a kontroll csoporténál (0,28 %) és 0,1 %-os szinten nagyobb a ghee33-as csoporténál (0,34 %). A ghee33-as csoport elaidinsav tartalma 5 %-os szinten nagyobb a kontroll csoporténál.

A hasszalonna olajsav tartalma a ghee76-os csoportnál (45,37 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb a kontroll csoporténál (42,61 %) és 1 %-os szinten nagyobb a ghee33-as csoportnál (43,43 %). A ghee33-as és a kontroll csoport között nincs szignifikáns különbség.

A ghee76-os csoport linolsav tartalma 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan kisebb (8,61 %), mind a kontroll csoporténál (15,30 %), mind a ghee33-as csoporténál (12, 57 %). A ghee33-as csoport 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan kevesebb linolsavat tartalmaz a kontroll csoporténál.

A ghee76-os csoport hasszalonnájának arachinsav tartalma (0,34 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan kisebb a kontroll csoporténál (0,51 %) és 5 %-os szinten szignifikánsan kisebb a ghee33-as csoporténál (0,41 %); míg e két utolsó csoport között nem volt szignifikáns különbség.

A ghee76-os csoport hasszalonnájának eikozadiénsav tartalma (0,37 %) 0,1 %-os szinten kisebb, mind a kontroll csoporténál (0,69 %), mind a ghee33-as csoporténál (0,57 %). A ghee33-as csoport 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan kevesebb eikozadiénsavat tartalmaz a kontroll csoporthoz képest.

Trikozánsavból mind a három csoport 0,06 %-ot tartalmazott.

A ghee76-os csoport hasszalonnájának arachidonsav tartalma (0,25 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten kevesebb, mint a kontroll csoporté (0,35 %) és 5 %-os valószínűségi szinten kevesebb, mint a ghee33-as csoporté (0,30 %). A ghee33-as csoport arachidonsav tartalma 5 %-os szinten szignifikánsan kevesebb, mint a kontroll csoporté.

Az összes telítetlen zsírsav a ghee76-os csoportnál 60,37 %, a ghee33-as csoportnál 61,79 % , míg a kontroll csoportnál 63,39 %. Az összes telített zsírsav ugyanezeknél a csoportoknál 39,67 %; 38,24 % és 36,64 %. Az $\omega 6/\omega 3$ arány 0,95; 1,00 és 1,25.

A hasszalonnaminták analízise során, arra a következtetésre jutottunk, hogy a gheével kevert takarmány 76 napig történő etetése csökkenti a telítetlen zsírsavak mennyiségét, növeli a telített zsírsavakét. A ghee etetés hatására szignifikánsan megnövekedett a kísérleti állatok hasszalonna mintájának KLS tartalma.

4.4.4. A hátszalonna minták zsírsavösszetétele

A hátszalonna minták KLS tartalma a ghee76-os csoportnál (0,30 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb mind a ghee33-as (0,21 %), mind a kontroll csoportnál (0,17 %). A ghee33-as csoport hátszalonnájának KLS tartalma 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb a kontroll csoportnál.

A sztearinsav tartalomban (12,96-13,73 %), a gamma linolénsav tartalomban (0,04-0,04 %), az eikozénsav tartalomban (0,76-0,80 %) és a trikozénsav tartalomban (0,07-0,08 %) a kezelések között szignifikáns különbséget nem tudunk kimutatni.

11. táblázat Hátszalonna minták átlagos zsírsavösszetétele

Zsírsavak		Ghee76		Ghee33		Kontroll	
		Zsírsav-metilészter%					
		Átlag	Szórás	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás
n		10		10		10	
Kaprinsav	10:0	0,10	0,01	0,08	0,01	0,06	0,01
Laurinsav	12:0	0,16	0,02	0,11	0,01	0,07	0,01
Mirisztinsav	14:0	2,09	0,19	1,55	0,15	1,18	0,10
Mirisztoleinsav	14:1	0,07	0,01	0,04	0,01	0,02	0,01
Pentadekénsav	15:0	0,16	0,03	0,10	0,01	0,06	0,02
Palmitinsav	16:0	25,03	1,15	23,39	1,30	22,24	1,25
Palmitoleinsav	16:1	2,37	0,37	1,91	0,32	1,76	0,28
Margarinsav	17:0	0,75	0,06	0,55	0,11	0,42	0,08
Heptadekénsav	17:1	0,60	0,16	0,43	0,11	0,31	0,08
Sztearinsav	18:0	13,73	1,75	13,46	1,08	12,96	1,52
Elaidinsav	18:1t	0,55	0,05	0,39	0,05	0,27	0,05
Olajsav	18:1c	40,88	1,04	39,41	1,11	38,09	1,65
Linolsav	18:2	10,71	1,33	15,44	1,96	19,15	2,08
Arachinsav	20:0	0,30	0,04	0,38	0,06	0,47	0,03
γ-linolénsav	18:3 ω6	0,05	0,01	0,04	0,01	0,04	0,01
Eikozénsav	20:1	0,76	0,10	0,80	0,18	0,76	0,10
α-linolénsav	18:3 ω3	0,55	0,07	0,55	0,07	0,54	0,15
KLS	18:2 c9,t11	0,30	0,05	0,21	0,03	0,17	0,12
Eikozadiénsav	20:2	0,43	0,07	0,67	0,10	0,89	0,14
Eikozatriénsav	20:3 ω6	0,11	0,02	0,12	0,02	0,13	0,01
Trikozánsav	23:0	0,08	0,01	0,08	0,01	0,07	0,01
Arachidonsav	20:4 ω6	0,22	0,05	0,29	0,04	0,35	0,07
SFA		42,40		39,70		37,53	
UFA		57,60		60,30		62,47	
PUFA		12,37		17,32		21,27	
ω-6		0,38		0,45		0,52	
ω-3		0,55		0,55		0,54	
ω-6/ω-3		0,69		0,82		0,96	

A ghee76-os csoport hátszalonnájának kaprinsav tartalma (0,10 %) 0,1 %-os szinten szignifikánsan nagyobb mind a kontrollénál (0,06 %), mind a ghee33-as

csoporténál (0,08 %). A ghee33-as csoport kaprinsav tartalma 5 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb a kontrollénál.

A ghee76-os csoport hátszalonnájának laurinsav tartalma (0,16 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb mind a ghee33-as (0,11 %) mind a kontroll csoporténál (0,07 %). A ghee33-as csoport hátszalonnájának laurinsav tartalma 0,1 %-os szinten szignifikánsan nagyobb a kontroll csoporténál.

A ghee76-os csoport hátszalonnájának mirisztinsav tartalma (2,09 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb mind a ghee33-as (1,55 %) mind a kontroll csoporténál (1,18 %). A ghee33-as csoport hátszalonnájának mirisztinsav tartalma 0,1 %-os szinten szignifikánsan nagyobb a kontroll csoporténál.

12. táblázat A kísérleti csoportok közötti különbségek igazolhatósága hátszalonna minták esetében

Zsírsavak	76 napig gheével kevert takarmánnyal etetett és kontroll közötti kül.	33 napig gheével kevert takarmánnyal etetett és kontroll közötti kül.	76 napig gheével kevert takarmánnyal etetett és a 33 napig gheével kevert takarmánnyal etetett közti kül.
Kaprinsav 10:0	+++	+	+++
Laurinsav 12:0	+++	+++	+++
Mirisztinsav 14:0	+++	+++	+++
Mirisztoleinsav 14:1	+++	+++	+++
Pentadekánsav 15:0	+++	+++	+++
Palmitinsav 16:0	+++	+	++
Palmitoleinsav 16:1	+++	-	++
Margarinsav 17:0	+++	++	+++
Heptadekén 17:1	+++	++	++
Sztearinsav 18:0	-	-	-
Elaidinsav 18:1t	+++	+++	+++
Olajsav 18:1c	+++	+	+
Linolsav 18:2	+++	++	+
Arachinsav 20:2	+++	+++	+++
γ-linolénsav 18:3 ω6	-	-	-
Eikozénsav 20:1	-	-	-
α-linolénsav 18:3 ω3	-	+	-
KLS 18:2 c9,t11	+++	+++	+++
Eikozadiénsav 20:2	+++	+++	+++
Eikozatriénsav 20:3ω6	+++	+	-
Trikozénsav 23:0	-	-	-
Arachidonsav 20:4 ω6	+++	+	++

-= nincs igazolható különbség

+= 5 % valószínűséggel igazolható a különbség

++= 1 % valószínűséggel igazolható a különbség

+++= 0,1 %-os valószínűséggel igazolható a különbség

A ghee76-os csoport hátszalonnájának mirisztóleinsav tartalma (0,07 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb mind a ghee33-as (0,04 %) mind a kontroll csoporténál (0,02 %). A ghee33-as csoport hátszalonnájának mirisztóleinsav tartalma 0,1 %-os szinten szignifikánsan nagyobb a kontroll csoporténál.

A ghee76-os csoport hátszalonnájának pentadekánsav tartalma (0,16 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb mind a ghee33-as (0,10 %) mind a kontroll csoporténál (0,06 %). A ghee33-as csoport hátszalonnájának pentadekánsav tartalma 0,1 %-os szinten szignifikánsan nagyobb a kontroll csoporténál.

A ghee76-os csoport hátszalonnájának palmitinsav tartalma (25,03 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb mint a kontroll csoporté (22,24 %) és 1 %-os szinten szignifikánsan nagyobb, mint a ghee33-as csoporté (23,39 %). A ghee33-as csoport hátszalonnájának palmitinsav tartalma 5 %-os szinten szignifikánsan nagyobb a kontroll csoporténál.

A ghee76-os csoport hátszalonnájának palmitóleinsav tartalma (2,37 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb, mint a kontrollé (1,76 %) és 1 %-os szinten nagyobb, mint a ghee33-as csoporté (1,91 %). A ghee33-as csoport és a kontroll csoport között nem volt szignifikáns különbség.

A ghee76-os csoport hátszalonnájának margarinsav tartalma (0,75 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb mind a kontroll csoporténál (0,42 %), mind a ghee33-as csoporténál (0,55 %). A ghee33-as csoport margarinsav tartalma 1 %-os szinten nagyobb a kontroll csoport mintái esetén mért értékeknél.

A ghee76-os csoport heptadekénsav tartalma (0,60 %) 0,1 %-os szinten nagyobb, mint a kontroll csoporté (0,31 %) és 1 %-os szinten nagyobb, mint a ghee33-as csoporté (0,43 %). A ghee33-as csoport heptadekénsav tartalma 1 %-os szinten nagyobb a kontrollénál.

A ghee76-os csoport hátszalonnájának elaidinsav tartalma (0,55 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb mind a ghee33-as (0,39 %) mind a kontroll csoporténál (0,27 %). A ghee33-as csoport hátszalonnájának elaidinsav tartalma 0,1 %-os szinten szignifikánsan nagyobb a kontroll csoporténál.

A ghee76-os csoport hátszalonnájának olajsav tartalma (40,88 %) 0,1 %-os szinten szignifikánsan nagyobb mint a kontroll csoporté (38,09 %) és 5 %-os szinten szignifikánsan nagyobb, mint a ghee33-as csoporté (39,41 %). A ghee33-as csoport hátszalonnájának olajsav tartalma 5 %-os szinten nagyobb, mint a kontroll csoporté.

A ghee76-os csoport hátszalonnájának linolsav tartalma (10,71 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan alacsonyabb, mint a kontroll csoporté (19,15 %) és 5 %-os szinten szignifikánsan nagyobb, mint a ghee33-as csoporté (15,44 %). A ghee33-as csoport hátszalonnájának linolsav tartalma 1 %-os szinten szignifikánsan kisebb, mint a kontroll csoporté.

A ghee76-os csoport hátszalonnájának arachinsav tartalma (0,30 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan kisebb mind a ghee33-as (0,38 %) mind a kontroll csoporténál (0,47 %). A ghee33-as csoport hátszalonnájának arachinsav tartalma 0,1 %-os szinten szignifikánsan kisebb a kontroll csoporténál.

A minták α -linolénsav tartalmában lényeges különbséget nem találtunk.

A ghee76-os csoport hátszalonnájának eikozadiénsav tartalma (0,43 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan kisebb mind a ghee33-as (0,67 %) mind a kontroll csoporténál (0,89 %). A ghee33-as csoport hátszalonnájának eikozadiénsav tartalma 0,1 %-os szinten szignifikánsan kisebb a kontroll csoporténál.

A ghee76-os csoport hátszalonnájának eikozatriénsav tartalma (0,11 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan kisebb, mint a kontroll csoporté (0,13 %), a ghee33-as csoporté (0,12 %) 5 %-os szinten kisebb, mint a kontroll csoporté, míg a ghee76-os és ghee33-as csoport szignifikánsan nem különbözik egymástól.

A ghee76-os csoport hátszalonnájának arachidonsav tartalma (0,22 %) 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan kisebb, mint a kontroll csoporté (0,35 %) és 1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan kisebb, mint a ghee33-as csoporté (0,29 %). A ghee33-as csoport hátszalonnájának arachidonsav tartalma 5 %-os szinten szignifikánsan kisebb, mint a kontroll csoporté.

Az összes telítetlen zsírsav a ghee76-os csoportnál 57,60 %, a ghee33-as csoportnál 60,30 %, míg a kontroll csoportnál 62,47 %. Az összes telített zsírsav ugyanezeknél a csoportoknál 42,41 %; 39,69 % és 37,52 %, míg az $\omega 6/\omega 3$ arány 0,69; 0,82 és 0,96.

A hátszalonna minták analízise során, arra a következtetésre jutottunk, hogy a gheeevel kevert takarmány 76 napig történő etetése csökkenti a telítetlen zsírsavak mennyiségét, növeli a telített zsírsavak mennyiségét. A ghee etetés hatására szignifikánsan megnövekedett a kísérleti állatok hátszalonna mintájának KLS tartalma.

4.5. Az etetési kísérlet eredményeiből az alábbi megállapításokat tehetjük:

Minden általunk vizsgált minta esetén a 76 napig gheével kevert takarmányt fogyasztó csoport testrészeinek KLS tartalma volt a legnagyobb és a gheet nem fogyasztó csoporté a legkisebb. A 33 napig gheével kevert takarmányt fogyasztó csoport a kontroll és a 76 napig gheével kiegészített takarmányt fogyasztó csoport esetén mért értékek közti eredményeket mutatott. A ghee76-os csoport KLS tartalma mind a négy minta esetén 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb volt, mind a 33 napos, mind pedig a kontroll. A comb kivételével a ghee33-as csoport 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan több KLS-at tartalmazott, mint a kontroll csoport mintái. Egyedül a comb esetében nem volt szignifikáns különbség a ghee33-as csoport és a kontroll csoport között a KLS tartalomban. Fentiekből tehát leszűrhetjük azt a következtetést, hogy a magas KLS tartalmú ghee etetése sertések esetén 76 nap alatt szignifikáns módon megnövelte az általunk vizsgált szövetek KLS tartalmát. A comb kivételével a 33 napos gheével történő takarmány kiegészítés is szignifikánsan megnövelte a szövetek KLS tartalmát, de úgy tűnik, hogy a comb esetében a 33 nap kevésnek bizonyult a szignifikáns növekedéshez. Kísérleteinkből úgy tűnik, hogy érdemes 33 napon túl is megnövelt KLS tartalmú takarmányt etetni a sertéssel, hisz a 76 napos etetés eredményeként minden általunk vizsgált mintánál szignifikánsan nagyobb volt a KLS tartalom, nemcsak a kontrollhoz, hanem a ghee33-as csoporthoz viszonyítva is.

Az összes vizsgált minta esetében a hátszalonna tartalmazta a legtöbb, a karaj pedig a legkevesebb KLS-at, míg a comb a karajhoz, a hasszalonna pedig a hátszalonnához közelebbi értékeket mutatott.

A két esszenciális zsírsavat a linolsavat és az arachidonsavat értékelve a következő megállapításokat tehetjük. Mind a négy minta esetében a napraforgóolaj kiegészítést tartalmazó takarmányt 76 napig fogyasztó állatok testszövege tartalmazta a legtöbb linolsavat. A linolsav esetében nem kaptunk olyan lényeges különbséget az egyes testrészek között, mint a KLS tartalom esetén. A 76 napos csoport esetén mind a négy testtáj esetén a linolsav tartalom 8,10 % és 10,71 % között, a ghee33-as csoport esetén 10,90 % és 15,44 % között a kontroll csoport esetén pedig 13,93 % és 19,15 % között változott.

Az arachidonsav esetében a helyzet közel sem ilyen egyértelmű. Egyrészt azért, mert a has- és hátszalonna sokkal kevesebbet tartalmazott ebből a zsírsavból, mint a karaj és a comb; másrészt azért, mert csak a két szalonna mintánál van némi tendencia a változást illetően. Az igen kis koncentrációk miatt azonban ezekből a változásokból következtetést levonni alig lehet. Összegezve tehát, az arachidonsav koncentrációjával kapcsolatban nem tudtunk határozott következtetést levonni.

A rövid szénláncú zsírsavakat értékelve megállapítottuk, hogy a gheével kevert takarmányt 76 napig fogyasztó csoport esetén a kaprinsav, a laurinsav és a mirisztinsav mennyisége a legtöbb esetben szignifikánsan nagyobb, mint a kontroll vagy a ghee33-as csoport értékei, ami nagy valószínűséggel kapcsolatba hozható a ghee lényegesen magasabb rövid és közepes szénatomszámú zsírsavaival.

A zsírsavak majdnem 25 %-át kitevő palmitinsav mennyisége a ghee76-os csoport esetén mindegyik minta esetében szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontroll csoport értékei és a két szalonnaminta kivételével ugyanez elmondható a comb és karajminták sztearinsav tartalmára is. A zsírsavak közel 40 %-át kitevő olajsav esetében minden minta esetében a ghee76-os csoportnál kaptuk a legtöbbet, a kontroll mintánál pedig a legkevesebbet, ami azért volt meglepő számunkra, mert a kontroll minta kiegészítésére használt napraforgóolaj olajsav tartalma meghaladta ghee-ét. Úgy tűnik azonban, hogy ez utóbbi esetben a takarmány legnagyobb részét kitevő kukoricadara magas olajsav tartalma nagyobb befolyást gyakorolt a sertés testszöveteinek zsírsavösszetételére, mint a kiegészítésként adott ghee illetve napraforgóolaj.

A takarmányhoz adott sertészsír hatására (melyben KLS-t ki lehetett mutatni) a sertés zsírszövetének konjugált linolsav tartalmának megemelkedését tapasztalták GLÄSER és mtsai (2000).

A sertéstakarmányhoz kevert KLS-at fogyasztó állatok esetében növekedett a telített zsírsavak és csökkent az egyszeresen telítetlen zsírsavak mennyisége

4.6. A sertéshús zsírsavösszetételének alakulása a különféle zsiradékokban történő sütés hatására

A sertéshús élelmiszerré történő átalakítása során különböző hőkezelési műveletek végzünk. Ez a hőkezelés lehet főzés, de lehet növényi olajban vagy állati zsírban történő sütés is. Kísérleteim során arra voltam kíváncsi, hogy a sertésszírból és a különféle étkezési célra használt növényi zsiradékokban elkészített húsnak hogyan változik meg az eredeti zsírsavösszetétele; a sütőolaj vagy sütőzsír milyen mértékben befolyásolja a hús eredeti zsírsavösszetételét.

13. táblázat A nyers húsminták zsírsavösszetétele a zsírsav-metilésztetek százalékában

Zsírsavak		Nyers húsminták			
		KONTROLL		Ghee76	
		Átlag	SD	Átlag	SD
Kaprinsav	10:0	0,05	0,003	0,1	0,021
Laurinsav	12:0	0,05	0,004	0,13	0,026
Mirisztinsav	14:0	1,11	0,130	1,54	0,254
Mirisztoleinsav	14:1	0,07	0,008	0,1	0,031
Pentadekánsav	15:0	0,30	0,021	0,35	0,067
Palmitinsav	16:0	22,12	1,162	24,74	0,926
Palmitoleinsav	16:1	2,40	0,158	2,58	0,315
Margarinsav	17:0	0,33	0,026	0,7	0,124
Sztearinsav	18:0	11,00	0,836	13,83	1,760
Elaidinsav	18:1	41,47	1,945	38,48	3,170
Linolsav	18:2	16,59	1,731	12,32	2,132
Arachinsav	20:0	0,32	0,040	0,41	0,031
γ -linolénsav	18:3 ω 6	0,06	0,010	0,11	0,031
Eikozénsav	20:1	0,76	0,089	0,68	0,056
α -linolénsav	18:3 ω 3	0,36	0,076	0,32	0,036
KLS 18:2 c9,t11	18:2	0,08	0,012	0,13	0,021
Eikozadiénsav	20:2	0,66	0,082	0,46	0,053
Behénsav	22:0	0,08	0,015	0,09	0,017
Eikozatriénsav	20:3 ω 6	0,26	0,042	0,35	0,032
Eikozatriénsav	20:3 ω 3	0,02	0,008	0,04	0,005
Trikozénsav	23:0	0,07	0,018	0,04	0,003
Arachidonsav	20:4 ω 6	1,83	0,201	2,5	0,095
ω -6		2,15		2,96	
ω -3		0,38		0,36	
ω -6/ ω -3		5,66		8,22	

E cél érdekében a kereskedelemből beszereztünk normál sertésszírt, extrahált napraforgóolajat illetve pálmazsírat és elvégeztük a kontroll sertésektől és a 76 napig gheével kiegészített sertésektől származó comb minták sütését az előzőekben felsorolt zsiradékokban. Elemeztük, hogy hogyan változik meg a sütés során a kontroll illetve a

KLS-ben dúsított tápot fogyasztó sertések húsanak zsírsavösszetétele. Elemeztük a zsiradékok zsírsavösszetételét felmelegítés előtt és 20 perces felmelegítés után, majd elemeztük a 1, 2, 4, 8 és 12 percig forró zsiradékban ropogós pirosra kisütött húsminták zsírsavösszetételét.

A felhasznált zsiradékok közül csak a sertészsír tartalmazott számottevő mennyiségű KLS-at. A pálmazsírban KLS-at nem tudtunk kimutatni és az extrahált napraforgóolaj is csak a kimutathatóság határán tartalmazta azt. A sertészsír KLS tartalmát 0,09 %-nak mértük, ami valószínűleg összefüggésben van a sertés által fogyasztott KLS tartalmú takarmányokkal.

A zsiradékok közül a ghee tartalmazta a legtöbb KLS-at (0,55 %). A zsiradékokat összehasonlítva a pálmazsír rendkívül magas palmitinsav tartalmával (41,54-43,72 %) és rendkívül magas olajsav tartalmával (40,95-39,18%), az extrahált napraforgóolaj pedig rendkívül alacsony palmitinsav tartalmával (6,32-6,40 %) és rendkívül magas linolsav tartalmával (64,45-65,36 %) tűnik ki. A sertészsírnak viszonylag magas a palmitinsav tartalma (25 %), relatíve alacsony a sztearinsav tartalma (13 %), magas az olajsav tartalma (43 %) és viszonylag magas a linolénsav tartalma (11 %).

A kísérleteink során azt értékeltük, hogy a sütés során hogyan változik a hús eredeti KLS tartalma illetve, hogy a zsiradékokban lévő domináns zsírsavak hogyan befolyásolják (növelik vagy csökkentik) a hús eredeti zsírsavösszetételét. Amint az a 7. táblázatból kiderül a gheével kevert takarmányt 76 napig fogyasztó csoportok combjának KLS tartalma (ghee76 csoport) szignifikánsan nagyobb, mint a kontroll csoporté.

14. táblázat A sertézsír és a sertézsírban sült húsminták zsírsavösszetétele a zsírsav-metilészterek százalékában

Zsírsavak		Sertézsírban sült minták								Sertézsírok			
		KONTROLL				Ghee76							
		1 perc		8 perc		1 perc		8 perc		0 perc		20 perc	
		Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD
Kaprinsav	10:0	0,05	0,016	0,05	0,013	0,07	0,017	0,07	0,008	0,06	0,009	0,07	0,016
Laurinsav	12:0	0,06	0,013	0,17	0,036	0,09	0,024	0,07	0,011	0,08	0,018	0,07	0,014
Mirisztinsav	14:0	1,08	0,021	1,12	0,107	1,35	0,169	1,34	0,255	1,41	0,221	1,41	0,161
Mirisztoleinsav	14:1	0,08	0,015	0,06	0,022	0,08	0,011	0,07	0,012	0,02	0,007	0,02	0,006
Pentadekánsav	15:0	0,27	0,042	0,17	0,031	0,24	0,046	0,18	0,021	0,05	0,015	0,05	0,015
Palmitinsav	16:0	24,53	1,040	24,69	1,587	25,31	1,883	24,57	0,761	25,03	1,862	24,97	1,972
Palmitoleinsav	16:1	2,22	0,137	2,00	0,191	2,31	0,180	2,32	0,458	2,24	0,181	2,25	0,159
Margarinsav	17:0	0,44	0,038	0,38	0,123	0,44	0,175	0,41	0,142	0,32	0,075	0,33	0,047
Sztearinsav	18:0	13,82	1,502	15,08	1,457	14,04	1,313	14,03	1,776	13,78	1,479	13,94	1,472
Elaidinsav	18:1	37,23	2,405	40,12	2,726	42,68	1,690	43,28	2,261	43,12	3,745	42,85	3,181
Linolsav	18:2	14,83	1,036	11,95	1,248	9,58	0,569	9,84	0,723	10,93	1,522	10,98	1,707
Arachinsav	20:0	0,29	0,032	0,32	0,056	0,32	0,038	0,32	0,078	0,30	0,127	0,45	0,040
γ-linolénsav	18:3 ω6	0,06	0,015	0,06	0,012	0,07	0,012	0,07	0,017	0,05	0,017	0,05	0,016
Eikozénsav	20:1	0,79	0,167	1,00	0,190	0,92	0,140	0,97	0,110	1,05	0,232	1,04	0,169
α-linolénsav	18:3 ω3	0,36	0,156	0,36	0,096	0,31	0,040	0,37	0,072	0,49	0,095	0,49	0,131
KLS		0,06	0,023	0,06	0,013	0,08	0,013	0,09	0,023	0,09	0,022	0,08	0,010
Eikozadiénsav	20:2	0,63	0,121	0,61	0,102	0,40	0,081	0,45	0,038	0,55	0,188	0,55	0,183
Behénsav	22:0	0,12	0,021	0,09	0,031	0,08	0,018	0,07	0,038	0,02	0,011	0,03	0,024
Eikozatriénsav	20:3 ω6	0,34	0,122	0,22	0,057	0,27	0,026	0,25	0,031	0,10	0,040	0,10	0,021
	20:3 ω3	0,05	0,029	0,04	0,015	0,11	0,040	0,11	0,049	NMK	-	NMK	-
Trikozánsav	23:0	0,08	0,026	0,08	0,014	0,07	0,016	0,08	0,029	0,09	0,034	0,09	0,038
Arachidonsav	20:4 ω6	2,62	0,552	1,36	0,165	1,19	0,151	1,04	0,207	0,22	0,046	0,21	0,042
ω-6		3,02		1,64		1,53		1,36		0,37		0,36	
ω-3		0,41		0,40		0,42		0,48		0,49		0,49	
ω-6/ω-3		7,37		4,10		3,64		2,83		0,76		0,73	

NMK=nem mutatható ki

15. táblázat Az extrahált napraforgóolajok és a bennük sült húsminták zsírsavösszetétele

Zsírsavak		Extrahált napraforgóolajban sült minták								Extrahált napraforgóolaj			
		KONTROLL				Ghee76							
		1 perc		8 perc		1 perc		8 perc		0 perc		10 perc	
		Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD
Kaprinsav	10:0	0,04	0,013	0,02	0,009	0,07	0,015	0,02	0,007	NMK	-	NMK	-
Laurinsav	12:0	0,02	0,009	0,01	0,007	0,09	0,023	0,02	0,005	NMK	-	NMK	-
Mirisztinsav	14:0	0,63	0,118	0,26	0,140	1,03	0,171	0,40	0,161	0,10	0,026	0,11	0,056
Mirisztóleinsav	14:1	0,06	0,021	0,03	0,011	0,09	0,018	0,05	0,013	NMK	-	NMK	-
Pentadekánsav	15:0	0,44	0,166	0,22	0,133	0,46	0,131	0,17	0,032	0,01	0,002	0,01	0,005
Palmitinsav	16:0	18,15	2,183	10,90	1,722	20,20	3,062	11,65	1,042	6,40	0,868	6,32	1,339
Palmitoleinsav	16:1	1,39	0,332	0,59	0,116	1,74	0,210	0,66	0,241	0,25	0,075	0,10	0,076
Margarinsav	17:0	0,62	0,136	0,17	0,047	0,50	0,044	0,21	0,064	0,13	0,053	0,04	0,011
Sztearinsav	18:0	10,56	2,037	6,09	1,025	11,03	3,107	6,64	2,239	3,29	0,840	3,13	0,902
Elaidinsav	18:1	28,96	2,915	26,72	3,725	35,85	3,847	28,44	2,834	24,13	3,617	23,58	2,875
Linolsav	18:2	32,99	4,716	51,52	3,579	25,04	2,842	48,59	4,825	64,45	6,094	65,36	4,283
Arachinsav	20:0	0,30	0,107	0,27	0,072	0,35	0,079	0,37	0,071	NMK	-	NMK	-
γ -linolénsav	18:3 ω 6	0,06	0,010	0,03	0,014	0,07	0,011	0,05	0,016	0,01	0,002	0,06	0,012
Eikozénsav	20:1	0,49	0,145	0,28	0,096	0,60	0,079	0,32	0,106	0,17	0,095	0,31	0,072
α -linolénsav	18:3 ω 3	0,20	0,074	0,11	0,057	0,21	0,076	0,12	0,064	0,08	0,009	0,09	0,047
KLS		0,04	0,007	0,02	0,008	0,08	0,019	0,04	0,008	0,01	0,005	0,01	0,005
Eikozadiénsav	20:2	0,48	0,076	0,17	0,057	0,22	0,104	0,09	0,020	0,01	0,004	NMK	-
Behénsav	22:0	0,40	0,080	0,64	0,139	0,33	0,131	0,60	0,229	0,66	0,230	0,62	0,133
Eikozatriénsav	20:3 ω 6	0,36	0,095	0,16	0,062	0,27	0,079	0,21	0,095	NMK	-	NMK	-
	20:3 ω 3	0,07	0,017	0,06	0,028	0,05	0,020	0,06	0,013	0,03	0,008	0,03	0,005
Trikozánsav	23:0	0,05	0,033	0,02	0,007	NMK	-	0,02	0,011	NMK	-	NMK	-
Arachidonsav	20:4 ω 6	3,45	1,488	1,44	0,264	1,57	0,207	1,01	0,180	NMK	-	NMK	-
Lignocerinsav	24:0	0,23	0,123	0,27	0,075	0,17	0,042	0,24	0,127	0,24	0,070	0,22	0,078
ω -6		3,87		1,63		1,91		1,29		0,01		0,06	
ω -3		0,27		0,17		0,26		0,18		0,11		0,12	
ω -6/ ω -3		14,33		9,59		7,35		7,17		0,10		0,5	

NMK=nem mutatható ki

16. táblázat A pálmazsír és a pálmazsírban sült húsminták zsírsavösszetétele

Zsírsavak		Pálmazsírban sült minták								Pálmazsírok			
		KONTROLL				Ghee76							
		1 perc		8 perc		1 perc		8 perc		0 perc		10 perc	
		Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD	Átlag	SD
Kaprinsav	10:0	0,03	0,009	0,02	0,006	0,07	0,008	0,03	0,007	0,01	0,002	0,01	0,004
Laurinsav	12:0	0,09	0,017	0,10	0,015	0,10	0,061	0,11	0,026	0,14	0,026	0,14	0,038
Mirisztinsav	14:0	0,88	0,138	0,87	0,078	1,42	0,075	1,01	0,055	0,98	0,123	1,02	0,172
Mirisztóleinsav	14:1	0,07	0,008	0,06	0,008	0,10	0,078	0,07	0,012	NMK	-	NMK	-
Pentadekánsav	15:0	0,38	0,061	0,14	0,026	0,35	0,067	0,15	0,031	0,09	0,005	0,04	0,006
Palmitinsav	16:0	31,56	2,595	37,25	1,437	27,06	1,750	37,00	1,666	41,54	1,121	43,72	2,149
Palmitoleinsav	16:1	1,15	0,036	0,62	0,081	2,06	0,391	0,84	0,067	0,16	0,021	0,15	0,031
Margarinsav	17:0	0,33	0,096	0,24	0,053	0,46	0,090	0,25	0,032	0,10	0,049	0,10	0,017
Sztearinsav	18:0	9,47	0,614	7,56	0,984	12,25	1,595	7,63	1,054	4,44	0,246	4,56	0,549
Elaidinsav	18:1	33,99	1,468	36,79	2,082	40,95	2,331	40,03	2,023	40,95	1,538	39,18	2,624
Linolsav	18:2	17,04	0,996	13,25	0,937	10,82	0,510	10,20	0,567	10,56	0,660	10,17	1,210
Arachinsav	20:0	0,35	0,061	0,04	0,013	0,37	0,072	0,36	0,049	0,42	0,025	0,42	0,038
γ -linolénsav	18:3 ω 6	0,06	0,010	0,04	0,013	0,09	0,004	0,06	0,008	0,04	0,005	0,04	0,003
Eikozénsav	20:1	0,36	0,122	0,24	0,067	0,67	0,071	0,32	0,076	0,14	0,026	0,14	0,026
α -linolénsav	18:3 ω 3	0,18	0,068	0,15	0,040	0,26	0,068	0,17	0,015	0,25	0,021	0,16	0,021
KLS		0,05	0,009	0,02	0,003	0,10	0,013	0,03	0,004	NMK	-	NMK	-
Eikozadiénsav	20:2	0,33	0,066	0,21	0,055	0,25	0,026	0,10	0,021	NMK	-	NMK	-
Behénsav	22:0	0,19	0,067	0,13	0,051	0,13	0,020	0,11	0,026	0,07	0,016	0,07	0,011
Eikozatriénsav	20:3 ω 6	0,45	0,072	0,22	0,046	0,35	0,031	0,20	0,049	0,02	0,003	NMK	-
	20:3 ω 3	0,11	0,061	0,05	0,007	0,05	0,004	0,10	0,050	0,02	0,004	NMK	-
Trikozánsav	23:0	0,04	0,003	0,02	0,006	0,05	0,011	0,02	0,004	NMK	-	0,01	0,004
Arachidonsav	20:4 ω 6	2,74	0,652	1,86	0,134	1,94	0,082	1,13	0,040	NMK	-	NMK	-
Lignocerinsav	24:0	0,16	0,021	0,12	0,021	0,10	0,026	0,09	0,008	0,07	0,015	0,08	0,004
ω -6		3,25		2,12		2,38		1,39		0,06		0,04	
ω -3		0,29		0,2		0,31		0,27		0,27		0,16	
ω -6/ ω -3		11,21		10,6		7,68		5,15		0,22		0,25	

NMK=nem mutatható ki

A sütési kísérlethez használt minták esetében a kontrollnak tekintett húsminta KLS tartalmát 0,08 %-nak, a gheet fogyasztó csoportokét pedig 0,13 %-nak mértük. 8 perces sütés hatására a KLS tartalom a kontroll csoport esetén 0,06 %-ra, a KLS dús hús esetén pedig 0,09 %-ra csökkent. E minimális változáshoz valószínűleg hozzájárult a sertészsír relatíve magas (0,08-0,09 %) KLS tartalma is. A napraforgóolajban sült minták esetén a KLS tartalom a kontroll húsban 8 perc alatt 0,02 %-ra, a KLS-ban dús húsban pedig 0,04 %-ra csökkent. A pálmazsírban sült mintáknál a kontroll hús esetén 12 perc alatt a KLS tartalom 0,02 %-ra, a KLS-ban dús minta esetében pedig 0,03 %-ra csökkent. A kísérletekből levonhatjuk tehát azt a következtetést, hogy sütés hatására az összes általunk alkalmazott zsiradék esetében a KLS tartalom csökkent, ami különösen szembetűnő a napraforgó- és a pálmazsír esetében, míg a relatíve kisebb csökkenés a sertészsír esetében összefüggésben lehet a sertészsír növényi olajokhoz viszonyított magasabb KLS tartalmával.

Sertészsír esetében a sütés hatására a KLS kivételével semmiféle lényeges különbséget nem kaptunk, hisz a sertés combminták zsírsavösszetétele és a sertészsír zsírsavösszetétele lényegi különbséget nem mutatott egymástól. Így például alig változott meg a sütési idő hatására a palmitinsav tartalom, a sztearinsav tartalom és az olajsav tartalom és az összes többi zsírsav esetében is jó az egyezés a nyershús minták, a sertészsírban sült minták és a sertészsír zsírsavösszetétele között.

Az extrahált napraforgóolaj esetében a helyzet egészen másként alakult, hisz a nyershús minták eredeti palmitinsav tartalma (22-25 %) 1 perc sütési idő alatt 18-20 %-ra, 8 perc napraforgóolajban történt sütés hatására pedig 11-12 %-ra csökkent. Ez a csökkenés nem a palmitinsav elbomlásának eredménye, hanem inkább az extrahált napraforgóolaj alacsony palmitinsav tartalmának köszönhető, mely annak következtében állhatott elő, hogy sütés hatására a húsminták telítődtek napraforgóolajjal. Ugyanez a helyzet figyelhető meg az olajsav illetve a linolénsav esetében is. Az extrahált napraforgóolajban lévő relatíve alacsony koncentrációjú olajsav (23-24 %) a nyershús minta eredeti 38-42 %-os olajsavtartalmát 1 perc alatt 29-36 %-ra, 8 perc alatt pedig 26-28 %-ra csökkentette. A linolsav esetében a helyzet pontosan fordított, ugyanis a napraforgóolaj relatíve magas linolsav tartalma (64-65 %) hatására a nyers sertéshús 12-16 % linolsav tartalma 1 perc alatt 25-33 %-ra, 8 perc alatt pedig 49-52 % emelkedett. Hasonló tendencia figyelhető meg a pálmazsír esetében a palmitinsav

kapcsán, ahol a pálmazsír magas palmitinsav tartalma (42-44 %) 1 perc alatt a nyershús eredeti 22-25 %-os palmitinsav tartalmát 27-32 %-ra, 12 perc alatt pedig 37 %-ra növeli. A pálmazsír esetében az alacsony sztearinsav tartalom következtében a nyershús eredeti 11-14 %-os sztearinsav tartalma 1 perc alatt 9-12 %-ra, 12 perc alatt pedig 7,5 %-ra csökkent. A pálmazsír alacsony linolsav tartalmának következtében (10,1-10,6 %) a nyershús eredeti linolsav tartalma ugyancsak némi csökkenést mutat.

BONSELL és mtsai (1993) kukorica, repce és pálmazsírban sült marhahús esetén hasonlóan az eredményeinkhez azt tapasztalták, hogy a húsok zsírsavösszetétele a sütőolaj zsírsavösszetételével volt azonos.

A szárazon sütés esetén MONTELLANO és mtsai (2004) szignifikánsan alacsonyabb ($P<0,05$) sütési veszteséget mértek és gyengén magasabb volt az összes táplálóanyag, beleértve a KLS izomereket is, megtartó képessége. A nyers és a sült húsok tápanyagösszetételének vizsgálatával megállapították, hogy a szárazon sütés esetén statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt ($P<0,05$) a zsírok vándorlása.

HAAK és mtsai (2007) a mi eredményeinkkel megegyező megállapítást tettek, azaz a különböző zsiradékokban történő sütés hatására a sertéshús zsírsavösszetétele a sütési zsiradék zsírsavösszetételével szinte megegyező.

4.7. A sütési kísérlet eredményeiből levonható következtetések:

A sütési kísérletek során mért adatokból levonhatjuk azt a következtetést, hogy sütés hatására a sertéshús megnövelt KLS tartalmának jelentős része, a sertézsírban történő sütés kivételével tönkremegy, köszönhetően azon tulajdonságának, miszerint rendkívül érzékeny az oxidációra és a hőkezelésre. A sertézsír növényi olajokhoz képest viszonylag magas KLS tartalma némi védelmet biztosít a hús eredeti KLS tartalmának.

A sertézsírban történő disznóhús sütés annak zsírsavösszetételét nem változtatja meg lényeges mértékben. Egészen más a helyzet a két általunk vizsgált növényi olaj esetében. Kísérleteink során megállapítottuk, hogy az étolaj alacsony palmitinsav tartalma jelentős mértékben csökkenti a nyershús palmitinsav tartalmát, az étolaj ugyancsak alacsony olajsav tartalma szintén csökkent olajsav tartalmú sült húshoz vezet. Ezzel szemben az étolaj rendkívül magas linolsav tartalma megduplázza, megháromszorozza a sült hús linolsav tartalmát az eredeti nyershúshoz képest. A pálmazsír magas palmitinsav tartalma megnöveli, alacsony sztearinsav és linolsav tartalma pedig lecsökkenti a sült hús eredeti palmitinsav, sztearinsav és linolsav tartalmát.

Végső összegzésként tehát elmondhatjuk, hogy a sült hús esetében közel sem azt a zsírsav tartalmú ételmiszert fogyasztjuk, ami az eredeti nyers alapanyagból várható lenne, hanem annak összetételét a zsíradék összetétele, amennyiben annak zsírsavösszetétele jelentősen eltér a hús eredeti zsírsavösszetételétől, jelentős mértékben befolyásolja. Fentiekből következik, hogy a hús zsírsavösszetételét mind az ember számára optimális vagy attól eltérő irányban a sütéshez használt zsíradék összetételétől függően befolyásolni lehet.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

1. Az évszakok szerinti tej zsírsavösszetételének és KLS tartalmának változásának vizsgálata során megállapítottuk, hogy a telített zsírsavak többsége a nyári hónapokban minimumot, a téli és a kora tavaszi hónapokban pedig maximális értéket érnek el. Ezzel szemben a telítetlen zsírsavak koncentrációja, beleértve a KLS-t is, a nyári hónapokban maximális értéket mutat, minimumát pedig minden esetben a téli és kora tavaszi hónapokban éri el. Ezen eredmények összhangban vannak a szakirodalomban közöltekkel a tendenciát illetően, és az abszolút értékeket tekintve is minimális az eltérés a szakirodalomban közölt adatoktól. A mért adatok alapján megállapítható, hogy a nyáron fejt tej – fajtától függetlenül – lényegesen több linolsavat, linolénsavat, olajsavat és KLS-t tartalmaz, mint a téli és kora tavaszi tej, ezért az egészség megőrzése szempontjából alkalmasabb emberi fogyasztásra. Mivel az állatok teljesen azonos takarmányozási feltételek mellett termeltek – nyáron főként legelőfüvet, télen pedig szénát és szilázst fogyasztottak – a magasabb KLS-szint a nyári tejben valószínűleg a nyári legelőfü magasabb telítetlen zsírsav-tartalmával, esetleg KLS-tartalmával, és a napfény ultraibolya sugarainak hatásával magyarázható.
2. A KLS antioxidáns hatásának vizsgálata során megállapítottuk, hogy az összes többszörösen telítetlen zsírsav közül a konjugált linolsav a legérzékenyebb az oxidációra, tehát antioxidáns hatása a legnagyobb. A megnövelt KLS-tartalomnak köszönhetően a linolsav és a linolénsav mennyisége alig változott a tárolás első hetében, és a változás a tárolás 20. hete után is, arányaiban elhanyagolható volt a konjugált linolsavhoz viszonyítva. Eredményeink szerint, a megnövelt KLS-tartalmú vaj (ghee) jelentős antioxidáns tulajdonságával megvédi az élelmiszerek és a takarmányok oxidációra érzékeny komponenseit.
3. A hízlalási kísérlet eredményeként megállapíthatjuk, hogy a kísérleti takarmány hatására javult mind az állatok átlagos napi testsúlygyarapodása, mind pedig a takarmányhasznosítása. Minden általunk vizsgált minta esetén a 76 napig gheével kevert takarmányt fogyasztó csoport testrészeinek KLS tartalma volt a legnagyobb és a gheet nem fogyasztó csoporté a legkisebb. A 33 napig gheével

kevert takarmányt fogyasztó csoport, a kontroll és a 76 napig gheével kiegészített takarmányt fogyasztó csoport esetén mért értékek közti eredményeket mutatott. A 76-os csoport KLS tartalma mind a négy minta esetén 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan nagyobb volt, mind a 33 napos, mind pedig a kontroll. A comb kivételével a 33-as csoport 0,1 %-os valószínűségi szinten szignifikánsan több KLS-at tartalmazott, mint a kontroll csoport mintái. Egyedül a comb esetében nem volt szignifikáns különbség a 33-as csoport és a kontroll csoport között a KLS tartalomban. Fentiekből tehát leszűrhetjük azt a következtetést, hogy a KLS-val dúsított ghee etetése sertések esetén 76 nap alatt szignifikáns módon megnövelte az általunk vizsgált szövetek KLS tartalmát. A comb kivételével a 33 napos gheével történő takarmány kiegészítés is szignifikánsan megnövelte a szövetek KLS tartalmát, de úgy tűnik, hogy a comb esetében a 33 nap kevésnek bizonyult a szignifikáns növekedéshez. Kísérletünk szerint érdemes 33 napon túl is megnövelt KLS tartalmú takarmányt etetni a sertéssel, mivel a 76 napos etetés eredményeként minden általunk vizsgált minta esetén szignifikánsan nagyobb volt a KLS tartalom, nemcsak a kontrollhoz, hanem a 33-as csoporthoz viszonyítva is. Az összes vizsgált minta esetében a hátszalonna tartalmazta a legtöbb, a karaj pedig a legkevesebb KLS-at, míg a comb a karajhoz, a hasszalonna pedig a hátszalonnához közelebbi értékeket mutatott. Bár vizsgálatainkat ez irányba nem terjesztettük ki, valószínű hogy szignifikáns különbség lehet a sertés egyes testtájai között a KLS tartalomban.

Mind a négy minta esetében a napraforgóolaj kiegészítést tartalmazó takarmányt 76 napig fogyasztó állatok testszövege tartalmazta a legtöbb linolsavat. A linolsav esetében nem kaptunk olyan lényeges különbséget az egyes testrészek között, mint a KLS tartalom esetén. A 76 napos csoport esetén mind a négy testtáj esetén a linolsav tartalom 8,10 % és 10,71 % között, a 33-as csoport esetén 10,90 % és 15,44 % között a kontroll csoport esetén pedig 13,93 % és 19,15 % között változott. Az arachidonsav esetében a helyzet közel sem ilyen egyértelmű. Egyrészt azért, mert a has- és hátszalonna sokkal kevesebbet tartalmazott ebből a zsírsavból, mint a karaj és a comb; másrészt azért, mert csak a két szalonna mintánál van némi tendencia a változást illetően. Az igen kis koncentrációk miatt azonban ezekből a változásokból következtetést levonni alig lehet. Az arachidonsav koncentrációjával kapcsolatban nem tudtunk határozott

következtetést levonni. A rövid szénláncú zsírsavakat értékelve megállapítottuk, hogy a gheevel kevert takarmányt 76 napig fogyasztó csoport esetén a kaprinsav, a laurinsav és a mirisztinsav mennyisége a legtöbb esetben szignifikánsan nagyobb, mint a kontroll vagy a 33-as csoport értékei, ami nagy valószínűséggel kapcsolatba hozható a ghee lényegesen magasabb rövid és közepes szénatomszámú zsírsavaival. A zsírsavak majdnem 25 %-át kitevő palmitinsav mennyisége a 76-os csoport esetén mindegyik minta esetében szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontroll csoport értékei és a két szalonnaminta kivételével ugyanez elmondható a comb és karajminták sztearinsav tartalmára is. A zsírsavak közel 40 %-át kitevő olajsav esetében minden mintánál a 76-os csoportnál kaptuk a legtöbbet, a kontroll mintánál pedig a legkevesebbet, ami azért volt meglepő számunkra, mert a kontroll minta kiegészítésére használt napraforgóolaj olajsav tartalma meghaladta ghee-ét. Ez utóbbi esetben a takarmány legnagyobb részét kitevő kukoricadara magas olajsav tartalma nagyobb befolyást gyakorolt a sertés testszöveteinek zsírsavösszetételére, mint a kiegészítésként adott ghee illetve napraforgóolaj.

4. A sütés hatására a sertéshús megnövelt KLS tartalmának jelentős része, a sertészsírban történő sütés kivételével tönkremegy, mivel rendkívül érzékeny az oxidációra és a hőkezelésre. A sertészsír növényi olajokhoz képest viszonylag magas KLS tartalma némi védelmet biztosít a hús eredeti KLS tartalmának. A sertészsírban történő disznóhús sütés annak zsírsavösszetételét nem változtatja meg lényeges mértékben. Egészen más a helyzet a két általunk vizsgált növényi olaj esetében. Megállapítottuk, hogy az étolaj alacsony palmitinsav tartalma jelentős mértékben csökkenti a nyershús palmitinsav tartalmát, az étolaj ugyancsak alacsony olajsav tartalma szintén csökkent olajsav tartalmú sült húshoz vezet. Ezzel szemben az étolaj rendkívül magas linolsav tartalma megduplázza, megháromszorozza a sült hús linolsav tartalmát az eredeti nyershúshoz képest. A pálmazsír magas palmitinsav tartalma megnöveli, alacsony sztearinsav és linolsav tartalma pedig lecsökkenti a sült hús eredeti palmitinsav, sztearinsav és linolsav tartalmát. A nyers és a sült húsok tápanyagösszetételének vizsgálatával megállapították, hogy a szárazon sütés esetén statisztikailag igazolhatóan nagyobb volt ($P < 0,05$) a zsírok vándorlása. Eredményeink szerint, a sült hús esetében közel sem azt a zsírsav tartalmú

élelmiszer fogyasztjuk, ami az eredeti nyers alapanyagból várható lenne, hanem annak összetételét a zsiradék összetétele, amennyiben annak zsírsavösszetétele jelentősen eltér a hús eredeti zsírsavösszetételétől, jelentős mértékben befolyásolja. Fentiekből következik, hogy a hús zsírsavösszetételét mind az ember számára optimális vagy attól eltérő irányban a sütéshez használt zsiradék összetételétől függően befolyásolni lehet.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Meghatároztam a tej zsírsavösszetételének és KLS tartalmának változását az évszakok szerint. Megállapítottam, hogy a telített zsírsavak a nyári hónapokban minimumot a téli és a koratavaszi hónapokban maximumot mutatnak. Az olajsav, linolsav és a linolénsav valamint a KLS maximumát a nyári hónapokban érte el, mely feltételezhetően kapcsolatban van a nyári és a téli takarmányozás eltérő voltával.
2. 40 héten át végzett kísérlettel bizonyítottam a KLS antioxidáns hatását, melynek során a szobahőmérsékleten kiterítve tárolt 5 % KLS-ban megnövelt gheével összekevert kukoricadara savszáma és peroxidszáma nem ment a szabvány által megengedett érték fölé és a KLS kivételével a kukorica esszenciális zsírsavai sem károsodtak jelentős mértékben.
3. A magas konjugált linolsav tartalmú ghee alkalmas a sertéstakarmányokban felhasználható zsírpor előállítására.
4. Sertésekkel végzett etetési kísérlet során bizonyítottam, hogy a megnövelt KLS tartalmú gheével kezelt kukoricadara etetésének hatására szignifikánsan megnövekedett a sertés különböző testtájainak KLS tartalma. Bizonyítottam, hogy napraforgó olaj hatására jelentős mértékben növekszik a sertéshús esszenciális linolénsav tartalma.
5. Már 33 napig történő ghee kiegészítés hatására megemelkedik a sertés különböző testtájainak konjugált linolsav tartalma, de a legjobb hatás elérése érdekében azt ajánljuk, hogy az állatok 76 napig kapják a magas KLS tartalmú takarmányt.
6. Sütési próbákkal bizonyítottam, hogy a sertéshús eredeti zsírsavösszetételét a sütőzsiradék zsírsavösszetétele jelentős mértékben befolyásolja. Kimutattam, hogy a sertészsírban történő sütés kivételével a növényi olajokban történő sütés során a sertéshús eredeti KLS tartalma jelentős mértékben károsodik.

7. IRODALOMJEGYZÉK

1. ABDALLA, M.(1994): Milk in the rural culture of contemporary Assyrians in the Middle-East. In Milk and Milk Products from Medieval to Modern Times, ed. P. Lysaght. Canongate Press, Edinburgh, 27-39.p.
2. ACHAYA, K.T. (1997): Ghee, vanaspati and special fats in India. In Lipid Technologies and Applications, eds F.D. Gundstone and F.B. Padley. Marcel Dekker Inc., New York, 369-390.p.
3. ACKMANN, R.G. - EATON, C.A. - SIPOS, J.C. - CREWE, N.F.(1981): Origin of cis-9, trans-11 and trans-11-octodecadienoic acids in the depot fat of primates fed a diet rich lard and corn oil and implications for the human diet. Can. Inst. Food Sci. Technol., 14. 103-107.p.
4. ÁCS T. – HERMÁN I-NÉ – FÉBEL H. – LUGASI A. – VADÁNY KOVÁCS M. – PÁLFY T. – SZÜCS E. – GUNDEL J. (2007): A sertéshús és a szalonna zsírsavösszetételének befolyásolása a zsírforrás és az etetési idő függvényében, KÉKI 326. Tudományos Kollokvium, április 27. 299. füzet 3. p.
5. ANDREOLI, M.F. – GONZALEZ, M.A. – MARTINELLI, M.I. – MOCHIUTTI, N.O. – BERNAL, C.A. (2009): Effects of dietary conjugated linoleic acid at high-fat levels on triacylglycerol regulation in mice, Nutrition, 25. 4. 445-452.p.
6. ANEJA, R.P. - MURTHI, T.N.(1991): Beneficial effects of ghee. Nature, 350: 280.p.
7. ANTAL M. – GAÁL Ö. (1998): Többszörösen telítetlen zsírsavak jelentősége a táplálkozásban, Orvosi Hetilap, 139(19), 1153-1158.p.
8. AZAIN, M.J.(2003): Conjugated linoleic acid and its effects on animal products and health in single-stomached animals, Proceedings of the Nutrition Society, 62. 319-328.p.

9. BANKS, W. – CLAPPERTON, J.L. – KELLY, M.E. – WILSON, A.G. – CRAWFORD, R.J.M. (1980): The yield, fatty acid composition and physical properties of milk fat obtained by feeding soya oil to dairy cows. *J. Sci. Food Agric.*, 31. 368-374.p.

10. BAUMANN, D.E. - BARBANO, D.M. - DWYER, D.A. – GRINARI, J.M. (2000): Technical note: production of butter with enhanced conjugated linoleic acid for use in biomedical studies with animal models. *J. Dairy Sci.*, 83. 2422-2425.p.

11. BAYARD, C.C. – WOLFF, R.L. (1996): Analysis of trans-18:1 isomer content and profile in edible refined beef tallow. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 73. 531-533.p.

12. BEE, G. – WENK, C. (1994): Effect of soybean-oil and beef-tallow supplementation to pig diets on the fatty-acid profile of body lipids. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, 71. 277-288.p.

13. BENJAMIN, H. – STORKSON, J.M. – LIU, W. – PARIZA, M.W.(1992): the effect of conjugated dienoic derivatives of linoleic acid (CLA) on mouse forestomach protein kinase C (PKC) – like activity. *The FASEB J.*, 6. 1396.p.

14. BERDEAUX, O. - CHRISTIE, W.W. - GUNSTONE, F.D. - SEBEDIO, J.L.(1997): Large-scale synthesis of methyl cis-9, trans-11-octadecadienoate from methyl ricinoleate. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 74. 1011-1015.p.

15. BIRÓ GY. - DWORSCHÁK E. - ZAJKÁS G. (1997): Élelmiszerek az egészségmegőrzésben. Budapest, Béres Rt. 113. p.

16. BONSELL, T. D. – ANDERSEN, M. K. – RULE, D. C. (1993): Effect of cooking oil type on final cholesterol content and fatty acid composition of ground beef. *J. Food Quality*, 16. 5. 383-391.p.

17. BOOTH, R.G. - KON, S.K. (1935): A study of seasonal variation in butter fat. *J. Biochem.*, 29. 133-137.p.

18. BURR, M.L. - FEHILY, A.M. - GILBERT, J.F. - ROGERS, S. - HOLLIDAX, R.M. - SWEETNAM, P.M. - ELWOOD, P.C. - DEADMEN, N.M. (1989): Effects of changes in fat, fish, and fibre intakes on death and myocardial reinfarction: Diet and reinfarction trial (DART). *Lancet*. ii. 757-761.p.

19. BYERS, F.M. - SCHNELLING, G.T. (1988): Lipids in ruminant nutrition. *The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition*. Szerk: Church, D.C., Waveland Press, Inc. Prospect Heights, 300. p.

20. CHEN, Z.Y. - CHAN, P.T. - KWAN, K.Y. - ZHANG, A. (1997): Reassessment of the antioxidant activity of conjugated linoleic acids. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 74. 6. 749-753.p.

21. CHIN, S.F. - LIU, W. - ALBRIGHT, K. - PARIZA, M.W. (1992a): Tissue levels of cis-9, trans-11 conjugated dienoic isomer of linoleic acid (CLA) in rats fed linoleic acid (LA). *The FASEB J.*, 6. A 1396.p.

22. CHIN, S.F. - LIU, W. - STORKSON, J.M. - HA, Y.L. - PARIZA, M.W. (1992b): Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognised class of anticarcinogens. *J. Food Comp. Anal.*, 5. 185-197.p.

23. CHRISTIE, W.W. (1979): The effects of diet and other factors on the lipid composition of ruminant tissues and milk. *Prog. Lipid Res.*, 17. 245-277.p.

24. CHRISTIE, W.W. - DOBSON, G. - GUNSTONE, F.D. (1997): Isomers in Commercial Samples of Conjugated Linoleic Acid. *Lipids*. 32. 11. 1231. p.

25. CHURRUCA, I. - FERNANDEZ-QUINTELA, A. - PORTILLO, M.P. (2009): Conjugated linoleic acid isomers: Differences in metabolism and biological effects, *Biofactors*, 35. 105-111. p.

26. CODEX ALIMENTARIUS (1997): Draft revised standard for milkfat products (A-2) 37-39.p.
27. CONCHILLO, A. – ANSORENA, D. – ASTIASARAN, I. (2004): The effect of cooking and storage on the fatty acid profile of chicken breast. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106. 5. 301-306.p.
28. COPE, R.B. – REEVE, V.E. (1994): Modification of 7,12-dimethylbenzanthracene (DMBA) / ultraviolet radiation (UVR) co-carcinogenesis, UVR carcinogenesis and cis urocanic acid by dietary fats. *Photochem. Photobiol.*, 59. 24.p.
29. CORINO, C. – MAGNI, S. – PASTORELLI, G. – ROSSI, R. – MOUROT, J (2003): Effect of conjugated linoleic acid on meat quality, lipid metabolism and sensory characteristics of dry-cured hams from heavy pigs. *J. Anim. Sci.* 81. 2219-2229.p.
30. CORL, B.A. – BAUMGARD, L.H. – DWYER, D.A. – GRINARI, J.M. – PHILIPS, B.S. – BAUMAN, D.E. (2001): The role of delta (9)-desaturase in the production of cis-9, trans-11 CLA. *J. Nutr. Biochem.*, 12. 622-630.p.
31. CSAPÓ J. – CSAPÓÉ KISS ZS. (2003a): Élelmiszer-kémiai, Mezőgazda Kiadó, 203-205.p.
32. CSAPÓ J. – CSAPÓÉ KISS ZS. (2003b): Élelmiszer-kémiai, Mezőgazda Kiadó, 217.p.
33. CSAPÓ J. – CSAPÓÉ KISS ZS. (2003c): Élelmiszer-kémiai, Mezőgazda Kiadó, 363-365.p.
34. CSAPÓ J. – VARGÁÉ VISI É. – CSAPÓÉ KISS ZS. – SZAKÁLY S. (2001): Tej és tejtermékek konjugált linolsav-tartalma I. Definíció, előfordulás,

a tej konjugált linolsav-tartalmát befolyásoló tényezők, *Acta Agraria Kaposváriensis*, 5. 3. 95-106.p.

35. CUNNANE, S. C. (1984): Essential fatty acid/mineral interactions with reference to the pig In: *Fats in animal nutrition* (Szerk.: WISEMAN, J.) Butterworths, London 167-183.p.
36. DECSI T. – SZÁSZ M. – SÁRKÁNY I. – BOTYKAI A. – BERTHOLD K. (1996): Hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavak hatása egészséges csecsemők arachidonsav-és dokozahexénsav-ellátottságára az élet első négy hónapjában. *Orvosi Hetilap*; 137. 38. 2089-2092.p.
37. DHIMAN, T.R. - ANAND, G.R. - SATTER, L.D. - PARIZA, M.W. (1996): Dietary effects on conjugated linoleic acid content of cow's milk. 87th AOCS Annual Meeting and Expo, USA
38. DHIMAN, T.R. - ANAND, G.R. - SATTER, L.D. - PARIZA, M.W. (1999a): Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. *J. Dairy Sci.*, 82. 2146-2156.p.
39. DHIMAN, T.R. - HELMINK, E.D - MCMAHON, D.J. – FIFE, R.L. - PARIZA, M.W. (1999b): Conjugated linoleic acid content of milk and cheese from cows fed extruded oilseeds. *J. Dairy Sci.*, 82. 412-419.p.
40. DHIMAN, T.R. – SATTER, L.D. – PARIZA, M.W. – GALLI, M.P. – ALBRIGHT, K. – TOLOSA, M.X. (2000): Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets in linoleic acid. *J. Dairy Sci.*, 83. 1016-1027.p.
41. DIPLOCK, A. T. - AGGETT, P. J. - ASHWELL, M. - BORNET, F. - FERN, E. B. - ROBERFROID, M. B. (1999): Scientific concepts of functional foods in Europe: Consensus document. *British Journal of Nutrition*. 81. S1-S27. p.

42. DONOVAN, D.C. – SCHINGOETHE, D.J. – BAER, R.J. – RYALI, J. – HIPPEN, A.R. – FRANKLIN, S.T. (2000): Influence of dietary fish oil on conjugated linoleic acid and other fatty acids in milk fat from lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 83. 2620-2628.p.
43. DORMANDY, T.L. - WICKENS, D.G. (1987): The experimental and clinical pathway of diene conjugation. *Chem. Phys. Lipids*, 45. 353-364.p.
44. DUGAN, M.E.R. – AALHUS, J.L. – SCHAEFER, A.L. – KRAMER, J.K.G. (1997): The effect of conjugated linoleic acid on fat to lean repartitioning and feed conversion in pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 77. 723-725.p.
45. FLINTOFF-DYE, N.L. – OMAJE, S.T. (2005): Antioxidant effects of conjugated linoleic acid isomers in isolated human low-density lipoproteins. *Nutrition Research*. 25. 1-12.p.
46. FOGERTY, A.C. – FORD, G.L. – SVORONOS, D. (1988): Octadeca-9,11-dienoic acid in foodstuffs and in the lipids of human blood and breast milk. *Nutr. Rep. Intl.*, 38. 937-944.p.
47. FRITSCHKE, J. – STEINHART, H. (1998): Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake. *Z. Lebensmittel Unters Forsch A.*, 206. 77-82.p.
48. GERSON, T. – JIHN, A. – KING, A.S.D. (1985): The effect of dietary starch and fibre on the in vitro rates of lipolysis and hydrogenation by sheep rumen digesta. *J. Agric. Sci.*, 105. 27.p.
49. GIPPERT T. (1996): A baromfi takarmányozása. *Gazda Kiadó, Budapest* 13.p.
50. GLADYSHEV, M.I. – GUBANENKO, G.A. – SUSHCHINK, N.N. – DEMIRCHIEVA, S.M. – KALACHEVA, G.S. (2006): Influence of different methods of cooking of hunchback salmon on contents of polyunsaturated fatty acids. *Vopr. Pitan.* 75. 1. 47-50.p.

51. GLÄSER, K.R. – SCHEEDER, M.R.L. – WENK, C. (2000): Dietary C18:1 trans fatty acids increase conjugated linoleic acid in adipose tissue of pigs. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 102. 684-686.p.

52. GRIINARI, J. - BAUMAN, T.B. (1999): Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. *Advances in Conjugated Linoleic acid Research*. Eds. Yuracez, M.W., Mossoba, M.M., Kramer, J.K.G., Pariza, M.W., Nelson, G. AOCS Press, Champaign, IL, 1. 180-198.p.

53. GRIINARI, J. - CORL, B.A. - LACY, P.Y. - CHOUINARD, K.V. - NURMELA, V. - BAUMAN, D.E. (2000): Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by $\Delta 9$ -desaturase. *J. Nutr.*, 130. 2285-2291.p.

54. GRUMMER, R.R. (1991): Effect of feed on the composition of milk fat. *J. Dairy Sci.*, 74. 3244-3257.p.

55. HA, Y.L. - GRIMM, N.K. - PARIZA, M.W. (1989): Newly recognized anticarcinogenic fatty acids: identification and quantification in natural and processed cheeses. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 37. 75-81.p.

56. HA, Y.L. - STORRKSON, J. - PARIZA, M.W. (1990): Inhibition of benzo(a)prene-induced mouse forestomach neoplasia by conjugated dienoic derivatives of linoleic acid. *Cancer Res.*, 50. 1097-1101. p.

57. HAAK, L. – SIOEN, I. – RAES, K. – VAN CAMP, J. – DE SMET, S. (2007): Effect of pan-frying in different culinary fats on the fatty acid profile of pork. *Food Chem.* 102. 857-864.p.

58. HARFOOT, C.G. – HAZELWOOD, G.P. (1988): Lipid metabolism in the rumen. *The Rumen Microbiological Ecosystem*. Ed. Hobson, P.N., Elsevier Applied Sci. Publishers, London, 285-322.p.

59. HARO, A.M. – ARTACHO, R. – CABRERA-VIQUE, C. (2006): Linoleic conjugated acid: current interest in human nutrition. *Medicina Clinica*, 127. 508-515.p.
60. HERNÁNDEZ, P. – NAVARRO, J. L. – TOLDRÁ, F. (1999): Lipids of pork meat as affected by various cooking techniques. *Food Science and Technology International*, 5. 6. 501-508.p.
61. HOLMAN, R.T. - MAHFOUZ, M.M. (1981): Cis- and trans-octadecenoic acids as precursors of polyunsaturated acids. *Prog. Lipid Res.*, 20. 151-156.p.
62. HRBOTICKY, N. – WEBER, P.(1993): Dietary habits and cardiovascular risk. The role of fatty acids, cholesterol and antioxidant vitamins in the prevention and treatment of cardiovascular diseases. In: *Atherosclerosis, Inflammation and Thrombosis*. (Szerk.): Neri Serneri, G.G. - Gensini, G.F.R. - Abbate, R. - Prisco, D. Scientific Press, Florence. 131-152.p.
63. HUR, S.J. – PARK, G.B. – JOO, S.T. (2007): Biological activities of conjugated linoleic acid (CLA) and effects of CLA on animal products, *Livestock Science*, 110. 221-229.p.
64. HUSVÉTH F. (1994): A zsírok felszívódása és anyagcseréje. In: Husvéth F. (szerk.) *A háziállatok élettana és anatómiája*. Mezőgazda Kiadó, Bp. 1994.
65. IP, C., - BRIGGS, S.P. – HAEGELE, A.A.D. – THOMPSON, H.J. – STORKSON, J. – SCIMECA, J.A. (1996): The efficacy of conjugated linoleic acid in mammary cancer prevention is independent of the level or type of fat in the diet. *Carcinogenesis*, 17. 1045-1050.p.
66. IP, C. – CHIN, S.F. – SCIMECA, J.A. – PARIZA, M.W. (1991): Mammary cancer prevention by conjugated dienoic derivative of linoleic acid. *Cancer Res.*, 51. 6118-6124.p.

67. IP, C. – SCIMECA, J.A. – THOMPSON, H.J. (1994a): Conjugated linoleic acid: A powerful antikarcinogén from animal sources. *Cancer* 74, Suppl., 1050-1054.p.
68. IP, C. – SINGH, M. – THOMPSON, H.J. – SCIMECA, J.A. (1994b): Conjugated linoleic acid suppresses mammary carcinogenesis and proliferative activity of the mammary gland in the rat. *Cancer Res.*, 54. 1212-1215.p.
69. JAHREIS, G., FRITSCH, J., STEINHART, H. (1997): Conjugated linoleic acid in milk fat: high variation depending on production system. *Nutr. Res.*, 17. 1479-1484.p.
70. JIANG, J. (1998): Conjugated Linoleic Acid. Doctoral thesis.
71. JIANG, J. – BJÖRCK, L. – FONDÉN, R. (1998): Production of conjugated linoleic acid by dairy starter cultures. *J. Applied Microbiology* 85. 1. 95-102.p.
72. JIANG, J. - BJÖRCK, L. - FONDÉN, 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.p.
73. KAKUK TIBOR (2003): Antioxidánsok. In: SCHMIDT J. (szerk.) *A takarmányozás alapjai*. Mezőgazda Kiadó, Bp. 294.p.
74. KAKUK T. – SCHMIDT J. (1988): *Takarmányozástan*, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 106 – 107.p.
75. KATAN, M. B (1999): Functional foods. *The Lancet*. 354. 794. p.
76. KAYAHAN, M. – TEKIN, A. (1994): Conjugated linoleic acid content of different types of margarines. *Gida*, 19. 147-153.p.

77. KELLY, M.L. – BAUMAN, D.E. (1996): Conjugated linoleic acid: a potent anticarcinogen found in milk fat. Cornell Nutrition Conference for Feed manufacturers. Rochester NY. (proceedings) 68-74.p.
78. KELLY, M.L. – BERRY, D.A. – DWYER, J.M. – GRIINARI, J.M. – CHOUINARD, P.Y. – AMBURGH, M.E.W. – BAUMAN, D.E. (1998): Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. J. Nutr., 128. 881-885.p.
79. KEMP, P. – WHITE, R.W. – LANDER, D.J. (1975): The hydrogenation of unsaturated fatty acids by five bacterial isolates from sheep rumen, including a new species. J. Gen. Microbiol., 90. 100.p.
80. KEPLER, C.R. – HIRONS, K.P. – McNEILL, J.J. – TOVE, S.B. (1966): Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. J. Biol. Chem., 241. 1350-1354.p.
81. KEPLER, C.R. – TOVE, S.B. (1967): Biohydrogenation of unsaturated fatty acids, J. Biol. Chem., 242. 1351-1354.p.
82. KEPLER, C.R. – TUCKER, W.P. – TOE, S.B. (1971): Biohydrogenation of unsaturated fatty acids. J. Biol. Chem., 246. 2765-2771.p.
83. KLINGENBERG, I.L. – KNABE, D.A. – SMITH, S.B. (1995): Lipid metabolism in pigs fed beef tallow or high-oleic acid sunflower oil. Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol. 110. 1. 183-92.p.
84. KLOAREG, M. – LE BELLEGO, L. – MOUROT, J. - NOBLET, J. – VAN MILGEN, J. (2005): Deposition of dietary fatty acids and of de novo synthesised fatty acids in growing pigs: effects of high ambient temperature and feeding restriction. Br. J. Nutr. 93. 6. 803-811.p.

85. KLOAREG, M. – NOBLET, J. – VAN MILGEN, J. (2007): Deposition of dietary fatty acids, de novo synthesis and anatomical partitioning of fatty acids in finishing pigs. *Br. J. Nutr.* 97(1):35-44.p.
86. LEE, K.N. - KRITCHEVSKY, D. - PARIZA, M.W. (1994): Conjugated linoleic acid and -atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis*, 108. 19-25.p.
87. LEE, S. – HERNANDEZ, P. – DJORDJEVIC, D. – FARAJI, H. – HOLLENDER, R. – FAUSTMAN, C. – DECKER, E. A. (2006): Effect of antioxidants and cooking on stability of n-3 fatty acids in fortified meat products. *J. Food Sci.* 71. 3. 233-238.p.
88. LIEW, C. – SCHUT, H.A.J. – PARIZA, M.W. – DASHWOOD, R.H. (1995): Protection of conjugated linoleic acids against 2-amino-3-methylimidazol(4,5-f)quinoline induced colon carcinogenesis in the F344 rat: a study of inhibitory mechanisms. *Carcinogenesis*, 16. 3037-3043.p.
89. LIN, H. - BOYLSTON, T.D. - CHANG, M.J. - LUEDECKE, L.O. - SCHULTZ, T.D. (1995): Survey of the conjugated linoleic acid contents of dairy products. *J. Dairy Sci.* 78. 2358-2365.p.
90. MAGYAR SZABVÁNYNAK: MSZ 6830-11:1999, A peroxidszám és a savszám meghatározása
91. MAGYAR SZABVÁNY: MSZ EN ISO 5509, Állati és növényi zsírok és olajok. Zsírsav-metil-észterek előállítása (ISO 5509:2000)
92. MAGYAR TAKARMÁNYKÓDEX (2004): II-III. kötet, Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet, Budapest, 45. p.
93. MÉZES M. (2007): Takarmányozás hatása a sertéshús minőségére és biztonságára, *Agro Napló* 3.
<http://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2007/03/takarmanyozas/2587>.

94. MÉZES M. – ERDÉLYI M. – BALOGH K. – WÉBER M. (2003): Antioxidáns rendszerek és a membrán védelem. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 52. 5. 441-452.p.
95. MOHAMED, O.E. – SATTER, L.D. – GRUMMER, R.R. – EHLE, F.R. (1988): Influence of dietary cottonseed and soya bean on milk production and composition. *J. Dairy Sci.*, 71. 2677-2688.p.
96. MOSSOBA, M.M. – McDONALD, R.E. – AMSTRONG, D.J. – PAGE, S.W. (1991): Conjugated linoleic acid content of different types of margarines. *J. Chromatogr. Sci.*, 29. 324-330.p.
97. MUNRO, D.S. – CANT, P.A.E. – MAC GIBBON, A.K.H. – ILLINGWORTH, D. – KENNETT, A. – MAIN, A.J. (1992): Concentrated milkfat product. In the technology of Dairy products, ed. R. Early. Blackie and Sons Ltd, Glasgow, 117-145.p.
98. NAVARRO, V. – FERNANDEZ-QUINTELA, A. – CHURRUCA, I. – PORTILLO, M.P. (2006): The body fat-lowering effect of conjugated linoleic acid: a comparison between animal and human studies. *J. Physiology and Biochemistry*, 62. 137-147.p.
99. NICOLOSI, R.J. - LAITINEN, L. (1996): Dietary conjugated linoleic acid reduces aortic fatty streak formation greater than linoleic acid in hypercholesterolemic hamsters. *Faseb J.*, 10. 2751.p.
100. OSTROWSKA, E. – MURALITHARAN, M. – CROSS, R. F. – BAUMAN, D. E. – DUNSHEA, F. R. (1999): Dietarí conjugated linoleic acid increase lean tissue and decrease fat deposition in growing pigs. *J. Nutr.* 129. 2037-42.p.
101. OSTROWSKA, E. – SUSTER, D. – MURALITHARAN, M. – CROSS, R. F. – LEURY, B. J. – BAUMAN, D. E. – DUNSHEA, F. R. (2003): Conjugated linoleic acid decreases fat accreation in pigs: evaluation by dual-energy X-ray absorptiometry. *Br. J. Nutr.* 89:219-29.p.

102. PADLEY, F.B. - GUNSTONE, F.D. - HARWOOD, J.L. (1994): Occurrence and characteristic of oils and fats. The lipid Handbook. (Eds. Gunston, F.D., Harwodd, J.L., Padley, F.B.) Chapman & Hall, London, 51. p.
103. PALMQUIST, D.L. – SCHANBACHER, F.L. (1991): Dietary fat composition influences fatty acid composition of milk fat globule membrane in lactating cows. *Lipids*, 26. 718.p.
104. PARIZA, M.W. – HARGRAWES, W.A. (1985): A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumours by 7,12 dimethylbenz(a)anthracene. *Carcinogenesis*, 6. 591-593.p.
105. PARODI, P.W. (1994): Conjugated linoleic acid: An anticarcinogenetic fatty acid present in milk fat. *J. Dairy Tech.*, 49. 93-97.p.
106. PARODI, P.W. (1997): Cow's milk fat components as potential anticarcinogenic agents. *Am. Soc. for Nut. Sci.*, 1055-1060.p.
107. PENKE B. (2008): Lipidek In (Szerk.: Hajós Gyöngyi): Élelmiszer-kémiai, Akadémiai Kiadó, Budapest, 101.p.
108. POLAN, C.E. – MCNEILL, J.J. – TOVE, S.B. (1964): Biohydrogenation of unsaturated fatty acids by rumen bacteria. *J. Bacteriol.*, 88. 1056.p.
109. POLLARD, M.R. - GUNSTONE, F.D. - JAMES, A.T. - MORRIS, L.J. (1980): Desaturation of positional and geometric isomers of monoenoic fatty acids by microsomal preparations from rat liver. *Lipids*, 15. 306-314.p.
110. PRECHT, D. - MOLKENTIN, J. (2000): Frequency distributions of conjugated linoleic acid and trans fatty acid contents in European bovine milk fats. *Milchwissenschaft*, 55. 12. 687-691.p.

111. RAWASHDEH, A. Y. A. (2002): Influences of Olive Oil and Ghee (samen balady) on Serum Cholesterol of Jordanians Pakistan Journal of Nutrition 1. 6. 270-275.p.
112. RIEL, R.R. (1963): Physico-chemical characteristics of Canadian milk fat. Unsaturated fatty acids. J. Dairy Sci., 46. 102-106.p.
113. RISERIUS, U. – VESSBY, B. – ARNLOV, J. – BASU, S. (2004): Effect of cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid supplementation on insulin sensitivity, lipid peroxidation, and proinflammatory markers in obese man. Am. J. Clin. Nutr. 80:279-283.p.
114. RITZENTHALER, K.L. – MCGUIRE, M.K. – FALEN, R. – SCHULTZ, T.D. – DASGUPTA, N. – MCGUIRE, M.A. (2001): Estimation of conjugated linoleic acid intake by written dietary assesment methodologies underestimates actual intake evaluated by food duplicate methodology. J. Nutr. 131. 1548-54.p.
115. SCHMIDT J. (szerk.) (1996): Takarmányozástan, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 18.p.
116. SCHMIDT J. – PERÉDI J. – TÓTH T. – ZSÉDELY E. (2008): A takarmányozás hatása az állati eredetű élelmiszerek összetételére és minőségére In: A jövő élelmiszerei és az egészség. Szerk.: NAGY J. – SCHMIDT J. – JÁVOR A. Debrecen, 2008. DE 11-48.p.
117. SCHULTZ, T.D. – CHEW, B.P. – SEAMAN, W.R. – LUEDECKE, L.O.(1992): Inhibitory effect of conjugated dienoic derivatives of linoleic acid and β -carotene on the in vitro growth of human cancer cells. Cancer Lett., 63. 125-133.p.
118. SHANTHA, N.C. – CRUM, A.D. – DECKER, E.A. (1994): Conjugated linoleic acid content in processed cheese. J. Agric. Food Chem., 42. 1757-1760.p.

119. SHANTA, N.C. - DECKEER, E.A. - USTUNOL, Z. (1992). Conjugated linoleic acid concentration in processed cheese. J. Am. Oil Chem. Soc., 69. 425-428.p.
120. SHANTA, N.C. - RAM, L.N. - O'LEARY, J. - HICKS, C.L. - DECKER, E.A. (1995): Conjugated linoleic acid contentration in dairy products as affected by processing and storage. J. Fodd Sci. 60, 695-697. p.
121. SHORLAND, F.B. - WENINK, R.O. - JOHNS, A.T. (1995): Effect of the rumen on the dietary fat. Nature, 175. 1129-1130.p.
122. SIMOPOULOS, A.P. (1991): Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. Am J Clin Nutr. 54. 438 -463.p.
123. SPITZER, V. - MARX, F. - MAIA, J.G.S. - PFEILSTICKER, K. (1991a): Identification of conjugated fatty-acids in the seed oil of *Acioa edulis* (Prance) syn *Couepia edulis* (Chrysobalanaceae). J. Am. Oil Chem. Soc., 68. 183-189.p.
124. SPITZER, V. - MARX, F. - MAIA, J.G.S. - PFEILSTICKER, K. (1991b): Occurrence of conjugated fatty acids in the seed oil of *Couepia longipendula* (Chrysobalanaceae). J. Am. Oil Chem. Soc., 68. 440-442.p.
125. STANTON, C. - LAWLESS, F. - KJELLMER, G. - HARRINGTON, D. - DEVERY, R. - CONNOLY, J.F. - MURPHY, J. (1997): Dietary influences on bovine milk cis-9, trans-11-conjugated linoleic acid content. J. Food Sci., 62. 1083-1086.p.
126. STEWARD, L.C. - CARLSSON, D.J. - WILES, D.M. - SCAINO, J.C. (1983): Triplet quenching by tert-butyl hydroperoxide. J. Am. Chem. Soc., 105. 3605-3609.p.
127. SUN, D. - ZHUN, X. - QIAO, S. - FAN, S. - LI, D. (2004): Effects of conjugated linoleic acid levels and feeding intervals on performance, carcass

traits and fatty acid composition of finishing barrows. Arch. Anim. Nutr. 58(4), 277-86.p.

128. SZAKÁLY S. – SCHÄFFER B. (2006): A stratégiai termékinnováció főbb területei az élelmiszer-gazdaságban. II. Táplálkozásmarketing Konferencia – Innováció és marketing az élelmiszeriparban: Funkcionális élelmiszerek. Kaposvár, 2006. május 18.
129. THIEL-COOPER, R. L. – PARRISH, F.C. – SPARKS, J.C. – WIEGAND, B.R. – EWAN, R.C. (2001): Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition. J. Anim. Sci. 79. 1821-1828.p.
130. TÓTH T. –ZSÉDELY E. – FÁBIÁN J. (2007): A sertéshús zsírsav-összetételének módosítása takarmányozás útján, Agrárágazat, 58-61.p.
131. TANELIAN, C. – MECHIN, R. – SHAKIRULLAH, M. (1992): Origin of dye bleaching and polymer degradation in the methylene bluesensitized photooxygenation of polybutadiene. J. Photochem. Photobiol. A. Chem., 64. 191-199.p.
132. TERPSTRA, A.H.M. (2004): Effect of conjugated linoleic acid on body composition and plasma lipids in humans: an overview of the literature, Am. J. Clin. Nutr. 79. 352-61.p.
133. URBACH, G. – GORDON, M.H. (1994): Flavours derived from fats. In Fats in Food Products, eds D.P.J. Moran and K.K. Rajan. Blackie Academic and Professional, London, 347-405.p.
134. VAN DER VARST, R. (2001): Antioxidánsok, mint takarmányadalékok, Takarmányozás, 4. 4. 22-25.p.
135. VARGA ZS. (2008): Az omega-3 többszörösen telítetlen zsírsavak az atherosclerosis megelőzésében, Orvosi Hetilap 149. 14. 627-637.p.

136. WARNER, J.N. (1976): Principles of Dairy processing. Wiley Eastern Ltd., Delhi, India
137. WEBER, P.C. – SELLMAYER, A. – HRBATICKY, N. (1993): fatty acids and their divers functions, A challenge to future food production. Proc. 44th Ann. Meeting of EAAP, Denmark, 19-27.p.
138. WIEGAND, B.R. – SPARKS, J.C. – PARRISH JR, F.C. – ZIMMERMANN, D.R. (2002): Duration of feeding conjugated linoleic acid influences growth performance, carcass traits, and meat quality of finishing barrows. J. Anim. Sci. 80. 637-643.p.
139. WILLETT, W. (1994): Diet and health: what should we eat?. Science 264. 532-537.p.
140. WOLFF, R.L. - BAYARD, C.C. - FABIEN, R.J. (1995): Evaluation of sequential methods for the determination of butterfat fatty acid composition with emphasis on trans-18:1 acids. Application to the study of seasonal variations in French butters J. Am. Oil. Chem. Soc., 72. 1471-1482.p.
141. ZU, H.X. - SCHUT, H.A.J. (1992): Inhibition of 2-amino-3-metylimidazo (4,5-quinoline-DNA adduct formation in CDF1 mice by heat-altered derivatives linoleic acid. Food Chem. Toxicicol., 30. 9-16.p.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Hálás köszönetemet fejezem ki mindazoknak, akik a dolgozat elkészítésében segítettek, támogatták munkámat.

Köszönetemet fejezem ki családomnak, akik a munkám során mind szakmailag, mind emberileg támogattak.

Köszönetemet fejezem ki Dr. Gundel János témavezetőmnek, a dolgozat elkészítéséhez nyújtott segítségéért, a tudományos és szakmai támogatásáért. Külön köszönet illeti Hermán Istvánt és az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet dolgozóit, a sertéshízlalási kísérlet során nyújtott segítségükért.

Hálás köszönet illeti Dr. Csapó János professzor urat, aki a kísérletek megvalósításához felbecsülhetetlen segítséget nyújtott és szakmailag irányított.

Köszönetemet fejezem ki Dr. Mihók Sándor tanszékvezetőnek, valamint a Debreceni Egyetem Állattudományi Intézet valamennyi dolgozójának a munkámhoz nyújtott segítségét.

Az analitikai vizsgálatok elvégzésében nyújtott segítségéért köszönet illeti a Debreceni Egyetem Műszerközpontjának illetve a Kaposvári Egyetem Kémia Intézetének valamennyi dolgozóját.

NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Mezőgazdaságtudományi Karán, az Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 200.....

.....
a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy doktorjelölt 200....-200.... között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal/irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom/javasoljuk.

Debrecen, ...

.....
a témavezető aláírása

Melléklet

1. számú melléklet A hizlalás során fevett adatok

	ghee 76		ghee 33		kontroll		
hizlalás első fázisa	kísérleti		Q1-15		Q16-31		
	X	s	X	s	X	s	
07.31-08.28							
Induló súly(35kg)	37,0	2,8	36,4	2,4	36,8	4,4	
Súly /60kg/	61,4	3,4	60,5	3,9	61,2	7	
Tak.nap	28		28		28		
Súlygyar,g	871	71	861	99	871	125	
Átl.napi tak.felv.,kg	2,17	0,22	2,22	0,22	2,14	0,13	
Tak.ért. kg/kg	2,49	0,2	2,58	0,3	2,46	0,5	
08.28-10.12							
Súly /60kg/	61,4	3,4	60,5	3,9	61,2	7	
Súly /100kg/	102,8	5,3	98,5	7,4	94	10,3	
Tak.nap	45		45		45		
Súlygyar,g	920	125	844	126	729	154	
Átl.napi tak.felv.,kg	2,53	0,3	2,48	0,3	2,62	0,2	
Tak.ért. kg/kg	2,75	0,3	2,94	0,4	3,59	0,7	
07.31-10.12							
Induló súly	37,0	2,8	36,4	2,4	36,8	4,4	
Súly /60kg/	102,8	5,3	98,5	7,4	94	10,3	
Tak.nap	73		73		73		
Súlygyar,g	901	77	851	97	784	104	
Átl.napi tak.felv.,kg	2,39	0,2	2,38	0,2	2,44	0,2	
Tak.ért. kg/kg	2,65		2,80		3,11		