

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

TANAI ATTILA

**MOSONMAGYARÓVÁR
2010**

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

**UJHELYI IMRE ÁLLATTUDOMÁNYI
DOKTORI ISKOLA**

**GAZDASÁGI ÁLLATOK TÁPLÁLÓANYAGELLÁTÁSÁNAK JAVÍTÁSA
PROGRAM**

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

**TÉMAVEZETŐ:
DR. SCHMIDT JÁNOS
PROFESSZOR EMERITUS, AZ MTA RENDES TAGJA**

**A BROJLERHÚS ÉS A TOJÁS KONJUGÁLT
LINOLSAV-TARTALMÁNAK NÖVELÉSE
TAKARMÁNYOZÁSSAL**

**KÉSZÍTETTE:
TANAI ATTILA**

**MOSONMAGYARÓVÁR
2010**

**A BROJLERHÚS ÉS A TOJÁS KONJUGÁLT LINOLSAV-TARTALMÁNAK
NÖVELÉSE TAKARMÁNYOZÁSSAL**

Írta:
TANAI ATTILA

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

Témavezető: Dr. Schmidt János

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

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

Mosonmagyaróvár,

.....
a Szigorlati Bizottság Elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)

Első bíráló (Dr.) igen/nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr.) igen/nem

(aláírás)

Esetleg harmadik bíráló (Dr.) igen/nem

(aláírás)

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

Mosonmagyaróvár,

A Bírálóbizottság elnöke

Doktori (PhD) oklevél minősítése.....

Az EDT elnöke

„A BROJLERHÚS ÉS A TOJÁS KONJUGÁLT LINOLSAV-TARTALMÁNAK NÖVELÉSE TAKARMÁNYOZÁSSAL”

Kivonat

A szerző munkája során a brojlerhús és a tojás lipidek KLS-tartalmának takarmányozás útján történő növelését tűzte ki célul. Ezt egy olyan KLS-készítmény etetésével kívánta megvalósítani, amelyet a napraforgóolaj lúgos izomerizációjával maga állított elő.

A brojlerhízalási és tojástermelési vizsgálatok eredményei alapján a szerző megállapította, hogy a KLS-készítménynek a takarmány 1, illetve 2%-át kitevő mennyiségben történő etetése szignifikáns mértékben növeli, míg 4%-ban történő adagolása már rontja a csirkék súlygyarapodását. A KLS-kiegészítés brojlerekben nem befolyásolja szignifikánsan a táplálóanyagok emészthetőségét, illetve a N-visszatartást, és nem változik szignifikánsan a mell- és combhús nyersfehérje-, és nyerszsírtartalma sem.

A brojler- és tojótápok KLS-kiegészítése szignifikáns mértékben megnöveli a brojlerhúsok (comb, mell) és tojás lipidjeinek KLS-arányát. Annak ellenére, hogy a KLS-készítményben közel azonos mennyiségben volt jelen a c9,t11 és a t10,c12 izomer, a c9,t11 változat aránya a húsok esetében mintegy 1,5-ször, míg a tojásban közel 4-szer nagyobb volt, mint a t10,c12 izomeré. A KLS etetés hatására szignifikáns mértékben megnő a húsban a telített és csökken az egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírsavak aránya. A tojássárgája lipidjeiben a telített zsírsavak arányának növekedése mellett az egyszeresen telítetlen zsírsavak aránya csökken. A KLS-kiegészítés mellett adagolt lenolaj hatására a főbb zsírsav csoportok arányában talált változások iránya nem módosítható.

Az eredmények azt is igazolják, hogy a takarmány napraforgóolaj tartalmának KLS-készítménnyel történő helyettesítése, javítja a brojlerhús oxidációs stabilitását. Ez a kedvező hatás a KLS kiegészítés E-vitaminnal történő kombinálásával tovább fokozható.

„INCREASING OF CONJUGATED LINOLEIC ACID CONTENT OF BROILER MEAT AND EGG BY FEEDING”

Abstract

Throughout his experiments, the author aimed to increase the KLS content in the lipid of broiler meat and egg by feeding manipulations. In order to achieve his goal, he fed a KLS product to the animals, which he produced from the alkaline isomerisation of sunflower oil.

On the basis of the outcomes and results of the broiler fattening and egg producing experiments the author states that 1 or 2% KLS product in the feed significantly increases, while 4% considerably spoils the weight gaining tendency. KLS supplementation to broiler feed does not modify considerably the digestibility of nutrition or the N-retention, furthermore there is no significant change in the raw protein and raw fat content of breast and leg meat.

KLS supplementation to broiler and laying hen feed significantly changes the KLS proportion of the lipid of broiler meat (breast, leg) and egg. Regardless of the fact that c9,t11 and t10,c12 isomers are present in the KLS product in an equal amount, the proportion of the c9,t11 variation in meats is 1,5; in eggs 4 times higher than of the t10,c12 isomer. As a result of KLS supplementation the saturated fatty acid proportion in meat increases, while the proportion of mono and poly unsaturated fatty acid decreases. In the egg yolk lipid – besides the increase of saturated fatty acids – the mono unsaturated fatty acid proportion decreases. The direction of changes in the proportion of the main fatty acid groups, triggered by the linoleic oil, fed simultaneously with the KLS product, cannot be modified.

The results also led the author conclude that substituting the sunflower oil content of the feed with KLS product aids the oxidation stability of broiler meat. This favorable effect could be strengthened by the combination of KLS supplementation with vitamin E.

TARTALOMJEGYZÉK

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE	1
1. BEVEZETÉS	2
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	4
2.1. A ZSÍRSAVAK FELOSZTÁSA ÉS ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE.....	4
2.2. A KONJUGÁLT LINOLSAVAK (KLS) ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE.....	8
2.2.1. <i>Kémiai szerkezet</i>	8
2.2.2. <i>A KLS előfordulása és előállításának lehetőségei</i>	9
2.3. A KLS ÉLETTANI JELENTŐSÉGE.....	13
2.3.1. <i>A KLS hatása a daganatos betegségekre</i>	14
2.3.2. <i>A KLS antioxidáns hatása</i>	15
2.3.3. <i>A KLS hatása a testösszetételre</i>	17
2.3.4. <i>A KLS hatása a szív- és érrendszeri megbetegedésekre</i>	19
2.3.5. <i>A KLS hatása az immunrendszerre</i>	20
2.3.6. <i>A KLS egyéb hatásai</i>	20
2.4. A ZSÍRSAV-ÖSSZETÉTEL MÓDOSÍTÁSÁNAK ÉLETTANI ALAPJAI	21
2.5. ÉLELMISZEREINK KLS-TARTALMA, ÉS AZ AZT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK.....	24
2.6. A BROJLERHÚS ÉS A TOJÁS KLS-TARTALMÁNAK NÖVELÉSE CÉLJÁBÓL EDDIG ELVÉGZETT KÍSÉRLETEK EREDMÉNYEINEK ÖSSZEFOGLALÁSA.....	27
3. SAJÁT VIZSGÁLATOK.....	39
3.1. A KÍSÉRLETEK CÉLKITŰZÉSE	39
3.2. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	42
3.2.1. <i>Brojlercsirkével végzett kísérletek</i>	42
3.2.1.1. <i>Brojlerekkel végzett 1. kísérlet</i>	46
3.2.1.1.1. <i>Brojlerekkel végzett emésztési- és N-forgalmi kísérlet</i>	46
3.2.1.2. <i>Brojlerekkel végzett 2. kísérlet</i>	47
3.2.1.3. <i>Brojlerekkel végzett 3. kísérlet</i>	48
3.2.2. <i>Tojóttyúkokkal végzett kísérletek</i>	49
3.2.3. <i>Organoleptikus vizsgálatok</i>	52

3.2.4. A konyhatechnikai műveletek zsírsav-összetételre gyakorolt hatásának a vizsgálata.....	53
3.2.5. A kísérletekben etetett KLS-készítmény előállításának módszere	55
3.2.6. A kémiai vizsgálatok módszerei.....	55
3.2.7. A kísérleti eredmények statisztikai értékelése	57
3.3. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE	58
3.3.1. A KLS-kiegészítés hatása a brojlerek hizlalási teljesítményére, a táplálóanyagok emészthetőségére és a brojlerek N-forgalmára.....	58
3.3.2. A KLS-kiegészítés hatása a brojlerhús kémiai összetételére	61
3.3.3. Az olajkiegészítések hatása a tojástermelésre, valamint a tojások sárgájának színére.....	65
3.3.4. Az olajkiegészítések hatása a zsírsav-összetételre	69
3.3.4.1. A különböző mennyiségű KLS-kiegészítés hatása a brojlerhús lipidjeinek zsírsav-összetételére.....	69
3.3.4.2. Konjugált linolsav és lenolaj együttes adagolásának hatása a brojlerhús lipidjeinek zsírsav-összetételére	75
3.3.4.3. Konjugált linolsav és lenolaj együttes adagolásának hatása a tojás lipidjeinek zsírsav-összetételére	82
3.3.5. Olaj- és különböző dózisú E-vitamin kiegészítések hatása a brojlerhús oxidációs stabilitására.....	86
3.3.5.1. Első brojlerhízlalási kísérlet.....	86
3.3.5.2. Második brojlerhízlalási kísérlet.....	89
3.3.5.3. Harmadik brojlerhízlalási kísérlet	92
3.3.6. A különböző olajkiegészítések hatása a készételek organoleptikus tulajdonságaira.....	95
3.3.6.1. A brojlerhús organoleptikus tulajdonságai.....	95
3.3.6.2. A tojásból készült ételek organoleptikus tulajdonságai.....	99
3.3.7. A konyhatechnikai műveletek hatása a zsírsav-összetételre	102
4. ÖSSZEFOGLALÁS	112
5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	115
TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE	117
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	119
FELHASZNÁLT IRODALOM.....	120

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

SOD – szuperoxid-dizmutáz
TSOD – teljes szuperoxid-dizmutáz
TBARS – tiobarbitursav-reaktív anyagok
MDA – malondialdehid
LDL – kis sűrűségű lipoprotein
VLDL – nagyon kis sűrűségű lipoprotein
HDL – nagy sűrűségű lipoprotein
KLS-K – konjugált linolsav készítmény
NO – napraforgóolaj
LO – lenolaj
KLS – konjugált linolsav
FFA – szabad zsírsavak
SFA – telített zsírsavak
MUFA – egyszeresen telítetlen zsírsavak
PUFA – többszörösen telítetlen zsírsavak
EPA – eikozapentaénsav
DHA – dokozahexaénsav
Ny-H – nyers hús
N-SH – natúr sült hús
O-SH – napraforgóolaj hozzáadásával készült sült hús
S-SH – sertészsír hozzáadásával készült sült hús
AME_n – nulla N-retencióra korrigált látszólagos metabolizálható energia

1. BEVEZETÉS

Az utóbbi évtizedben felerősödtek azok a kutatási törekvések, amelyek célja az állati eredetű élelmiszerek összetétele és a gazdasági állatok takarmányozása közötti összefüggések feltárása. Takarmányozással befolyásolhatjuk az állati eredetű termékek zsírtartalmát, zsírsav-összetételét, színét, ízét, de hatással lehet a takarmányozás az állati eredetű nyersanyagok ipari feldolgozhatóságára is.

A humán élelmezés szempontjából az állati eredetű élelmiszerek zsírtartalma és zsírsav-összetétele kiemelt fontosságú. Számos tanulmány bizonyította, hogy az egyes zsírsavak különböző élettani szerepükből adódóan eltérő módon befolyásolják egészségünket (Manilla és Husvéth, 1999). Optimális táplálkozással az életmód-betegségek 25-70%-a megelőzhető (Szakály, 2006). Következésképpen, az egészségünk megőrzésében, illetve egyes betegségek megelőzésében a megfelelő életmód megválasztása mellett, táplálkozásunk több tekintetben történő megváltoztatása is fontos szerepet játszik. A változtatás egyik lehetősége ún. funkcionális élelmiszerek fogyasztása, amelyekkel – speciális táplálóanyag tartalmuk következtében – egyes betegségek kialakulása megelőzhető, illetve lassítható.

Az állati eredetű zsírok zsírsav-összetételének takarmányozás útján történő változtatása régóta kutatások tárgyát képezi. Ma már a zsírsav-összetétel módosítását célzó kísérletek egy része a zsír konjugált linolsav (KLS)-tartalmának növelési lehetőségeit vizsgálja.

Ez azzal a sokoldalú szereppel áll összefüggésben, amelyet a konjugált linolsavak a szervezetben betöltenek. Különösen érvényes ez a c9,t11 és a t10,c12 KLS izomerekre. Az emberi szervezet nagyobb mennyiségben elsősorban a kérődző állatok termékeivel (tej, hús), illetve különböző étrendkiegészítők fogyasztásával juthat KLS-hez. Hazánkban azonban az egy főre jutó marha- és juhhús fogyasztás nem számottevő, és az egy főre jutó éves tejfogyasztás sem éri el a 200 litert, ami az EU átlagához képest alacsonynak számít. Ezért célszerű lenne olyan – alacsony KLS-tartalmú – élelmiszer nyersanyagok KLS-tartalmát megnövelni, amelyeket széles körben, és nagyobb mennyiségben fogyaszt a hazai lakosság. Ilyen lehet például a brojlerhús és a tojás, amelyek KLS-tartalmának takarmányozás útján történő növelését tűztük ki célul kísérleteinkben.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A zsírsavak felosztása és általános jellemzése

A növényi és állati eredetű zsírok nagy változatosságának az oka, hogy a glicerinhez kapcsolódó zsírsavak igen különbözőek lehetnek. A zsírsavak egy szénhidrogénláncból és egy karboxilcsoportból állnak, felépítésüket legegyszerűbben a $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_n\text{-COOH}$ képlettel lehet leírni. A szénatomszám alapján rövid-, közepes-, hosszú-, és nagyon hosszú szénláncú zsírsavakat különböztetünk meg. Az állati szervezetet felépítő leggyakoribb zsírsavak 4-22 szénatomot tartalmaznak (Gurr, 1996). A zsírsavaknak fentebb leírt általános képlete kettős kötést nem tartalmaz, amely a telített zsírsavakra jellemző. A zsírsavak egy másik csoportjának szénláncában azonban egy vagy több kettős kötés található, azaz egyszeresen vagy többszörösen telítetlen. A kettős kötések számán és elhelyezkedésén túl a kettős kötés geometriai konfigurációja (cisz- és transz-helyzet) is meghatározó jelentőségű (Stryer, 1988). A cisz-konfiguráció azt jelenti, hogy a két hidrogénatom a lánc azonos oldalán helyezkedik el. A transz-konfiguráció ezzel szemben a két hidrogénatom átellenes oldalon való elhelyezkedését jelenti. A szervezetben szintetizálódó zsírsavakban a kettős kötés mindig cisz-konfigurációjú, és ha a molekulában egynél több kettős kötés található, azok soha nem konjugált, hanem izolált helyzetben helyezkednek el. A zsírsavak minőségét a kettős kötéseknek a szénláncon belüli helyzete is befolyásolja. Az alfa(α)-szénatom a karboxilcsoport melletti szénatomot, az omega(ω)- vagy (n)-szénatom pedig az ettől legtávolabbt jelzi. A telítetlen zsírsavak között, attól függően, hogy az

omega-végtől, vagyis a terminális metil-csoporttól számított hányadik szénatomon található az első kettőskötés n-9, n-7, n-6, és n-3 családokat különböztetünk meg.

A táplálékkal elfogyasztott zsiradékok egészségre gyakorolt hatását a bevitt mennyiségen túl lényegesen befolyásolja annak zsírsav-összetétele is. Az utóbbi években végzett számos vizsgálat eredményeként ismertté vált, hogy az egyes zsírsavak milyen funkciót töltenek be a szervezetben, illetve milyen szerepük van különböző betegségek kialakításában vagy megelőzésében.

Telített zsírsavak

A telített zsírsavakra (SFA = Saturated Fatty Acids) jellemző, hogy a szénatomok a láncban egyszeres kötéssel kapcsolódnak egymáshoz, vagyis valamennyi kötés telített. A telített zsírsavak szabad formában vagy a glicerinnél kisebb molekulatömegű alkoholokkal képzett észterként csak kis mennyiségben található az élelmiszer-nyersanyagokban. Jelentőségük az aromaanyagokban van elsősorban (Gasztonyi és Lásztity, 1992).

A telített zsírsavakat a szénlánc hosszúsága alapján további csoportokra oszthatjuk. A C4:0 – C10:0 csoportba sorolható zsírsavakat közepes lánchosszúságú zsírsavaknak nevezzük (MCFA=Medium Chain Fatty Acids), melyek a micellumok megkerülésével szívódnak fel, és közvetlenül a portális keringésbe jutnak (Kovács, 1999), ezáltal nem befolyásolják a szérum koleszterinszintjét, és jó felszívódásuk miatt csecsemőtápszerekben és diétákban is alkalmazhatók (Zsinka, 1997).

A C12:0–C17:0 lánchosszúság esetében hosszú szénláncú zsírsavakról beszélünk (LSFA=Long Saturated Fatty Acids). Ide tartozik a

laurinsav (C12:0), a mirisztinsav (C14:0) és a palmitinsav (C16:0). Ezen zsírsavak esetében a vizsgálatok egyértelműen megállapították, hogy szignifikánsan növelik az LDL-koleszterin szintet (Temme és mtsai, 1996; Kris Etherton és Yu, 1997; Barna, 2006) oly módon, hogy az LDL-receptorok aktivitását csökkentik, és ezáltal csökken a sejtek LDL-felvétele (Wahrburg, 2004).

A sztearinsavat (C18:0) már a nagyon hosszú szénláncú zsírsavak (VLSFA=Very Long Saturated Fatty Acids) közé sorolják, amely zsírsav nem emeli a szérum koleszterinszintjét, de HDL csökkentő hatását is említik (Wahrburg, 2004; Barna, 2006). Zsinka (1997) szerint a sztearinsav az anyagcserefolyamatokban átalakulhat egyszeresen telítetlen olajsavvá, és ezáltal koleszterinszint-csökkentő hatásúvá válik.

Telítetlen zsírsavak

A telítetlen zsírsavak a szénláncban legalább egy kettős kötést (-CH=CH-) tartalmaznak. A kettős kötés – a benne szereplő két hidrogénatom állása szerint – lehet cisz-, vagy transz-konfigurációjú. Az egy kettős kötést tartalmazó zsírsavak az egyszeresen telítetlen-, míg a több kettős kötést tartalmazók a többszörösen telítetlen zsírsavak közé tartoznak.

Egyszeresen telítetlen zsírsavak

Az egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFA= Monounsaturated Fatty Acids) elsősorban a sejtek építésében játszanak szerepet, emellett csökkentik a vér koleszterinszintjét. Több közlemény (de Lorgeril és Serge, 1994; Wahrburg, 2004; Barna, 2006) is hangsúlyozza, hogy a mediterrán országokban, ahol az elsődleges humán zsírforrás a MUFA-ban gazdag

olívaolaj, kevesebb a keringési betegségek okozta haláleset. A MUFA csoportba tartozó zsírsavak egyik legjelentősebb képviselője az olajsav (C18:1), és ebbe a csoportba tartozik a palmitoleinsav (C16:1) is.

Többszörösen telítetlen zsírsavak

A természetben leggyakrabban előforduló többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA=Polyunsaturated Fatty Acids) 2-6 kettős kötést tartalmaznak (Gurr és Harrwood, 1991).

- n-3 zsírsavak

A csoport legfontosabb képviselői az α -linolénsav (C18:3), és a metabolizmusa során keletkező eikozapentaénsav (EPA – C20:5), valamint dokozaheptaénsav (DHA – C22:6). Az α -linolénsav csökkenti a szérum koleszterinszintet, az EPA pedig a trigliceridszintet mérsékli, továbbá eikozanoidok is képződhetnek belőle (Chan és mtsai, 1991; Harris, 1997). A megfelelő DHA ellátottság is fontos magzati korban az agy és a retina normális fejlődéséhez, hiányos ellátás esetén ugyanis a fényérzékelés zavara és csökkent látásélesség fordulhat elő (Birch és mtsai, 1992).

- n-6 zsírsavak

A csoportba tartozó zsírsavak közül az élelmiszerekben, illetve takarmányokban leggyakrabban és legnagyobb mennyiségben a linolsav (C18:2, LA) és a belőle képződő arachidonsav (C20:4) fordul elő. Kedvező élettani hatásai többirányúak, azonban a legújabb kutatási eredmények több bizonyítékot találtak arra, hogy az n-6 csoportba tartozó zsírsavak,

túlzott fogyasztásuk esetén szerepet játszanak az atherosclerosis, illetve a koronáriás szívbetegségek kialakulásában.

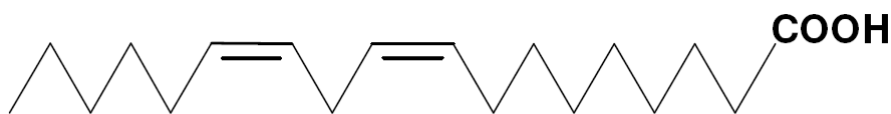
Tekintettel arra, hogy az állati szervezet sem a 3. sem a 6. pozícióban lévő szénatomon nem tud kettős kötést kialakítani, sem linolsavat, sem linolénsavat nem tud az intermedier anyagforgalomban felépíteni. Ebből következően a linolsavat és a linolénsavat esszenciális zsírsavnak tekintjük, amelyhez az állati szervezetnek a takarmánnyal kell hozzájutni.

2.2. A konjugált linolsavak (KLS) általános jellemzése

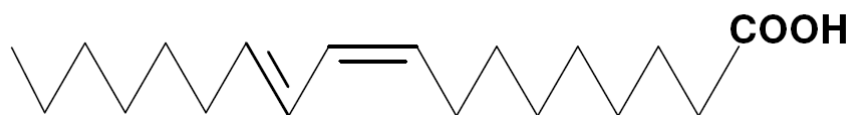
2.2.1. Kémiai szerkezet

A konjugált linolsavak a linolsavnak (C18:2) olyan szerkezeti- és geometriai izomerei, amelyek a linolsavval szemben nem izolált, hanem konjugált helyzetben tartalmaznak két kettőskötést.

1. ábra: A linolsav és a konjugált linolsav képlete



Linolsav (cis-9,cisz-12-C18:2)



Konjugált linolsav, KLS (cis-9,transz-11-C18:2)

(Forrás: Csapó és mtsai, 2001)

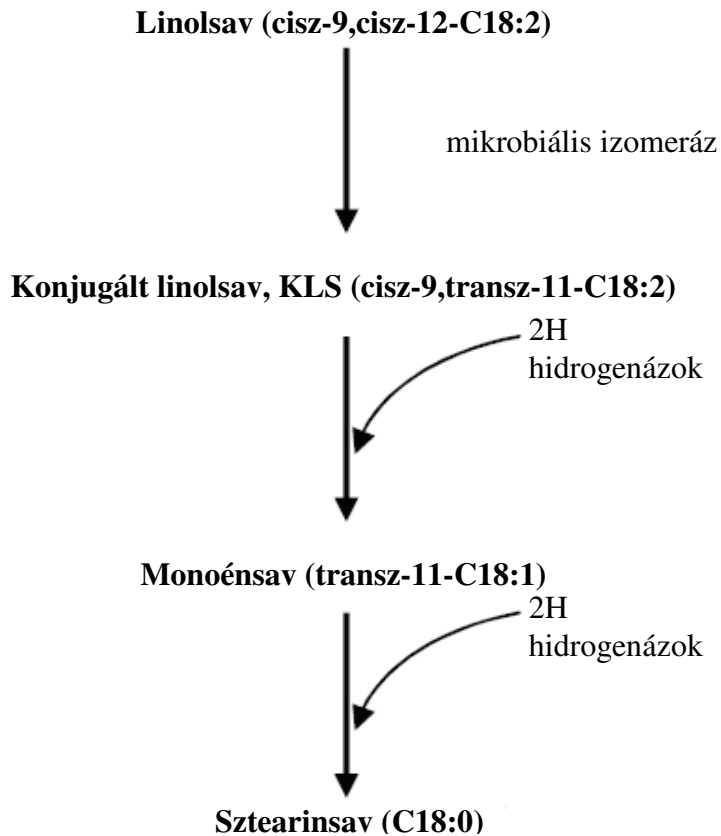
A konjugált linolsavakban a két kettőskötést egy C–C kötés választja el, szemben a linolsavval, amelyben a kettőskötések izolált helyzetben vannak jelen, azaz a kettőskötések között két egyes C–C kötés található. A kettőskötések többnyire a 9,11, vagy a 10,12 helyzetben találhatók (Ha és mtsai, 1987), de egyéb pozíciókban is (8,11; vagy 11,13) előfordulhatnak (Christie és mtsai, 1997). Mindkét kettőskötés lehet cisz-, vagy transz-konfigurációjú, így mintegy 20 féle konjugált linolsav izomert különböztethetünk meg. Igen fontos a konjugált linolsav izomerek pontos megnevezése, ugyanis a különböző izomereknek eltérő lehet a szerepe az élő szervezetben, ezért nem minden esetben elég csupán konjugált linolsavról beszélni. Szerkezeti felépítését tekintve ugyan az n-6 csoportba tartozik (Riserus és mtsai, 2003), élettani hatása mégis inkább az n-3 csoportéval mutat hasonlóságot (Field és Schley, 2004). Emberben és állatokban a legnagyobb mennyiségben előforduló konjugált linolsav izomer a cisz-9,transz-11-C18:2 (Parodi, 1977; Britton és mtsai, 1992).

2.2.2. A KLS előfordulása és előállításának lehetőségei

A konjugált linolsavak a természetben nagyobb mennyiségben csak a kérődző állatok bendőjében lezajló biológiai hidrogénezés során keletkeznek (Shorland és mtsai, 1955), elsősorban a *Butyrivibrio fibrisolvens*, valamint kismértékben egyes propionsavtermelő baktérium törzsek működésének eredményeként. A baktériumok mikrobiális enzimjeinek hatására a linolsavból először konjugált linolsav (cisz-9,transz-11-C18:2) képződik, majd a cisz-9 kettős kötés két hidrogénatom felvételével telítődik, amelynek során egy egyszeresen telítetlen zsírsav

(transz-11-C18:1) jön létre, ami további hidrogénezéssel sztearinsavvá (C18:0) alakulhat át.

2. ábra: A linolsav biológiai hidrogéneződése a bendőben

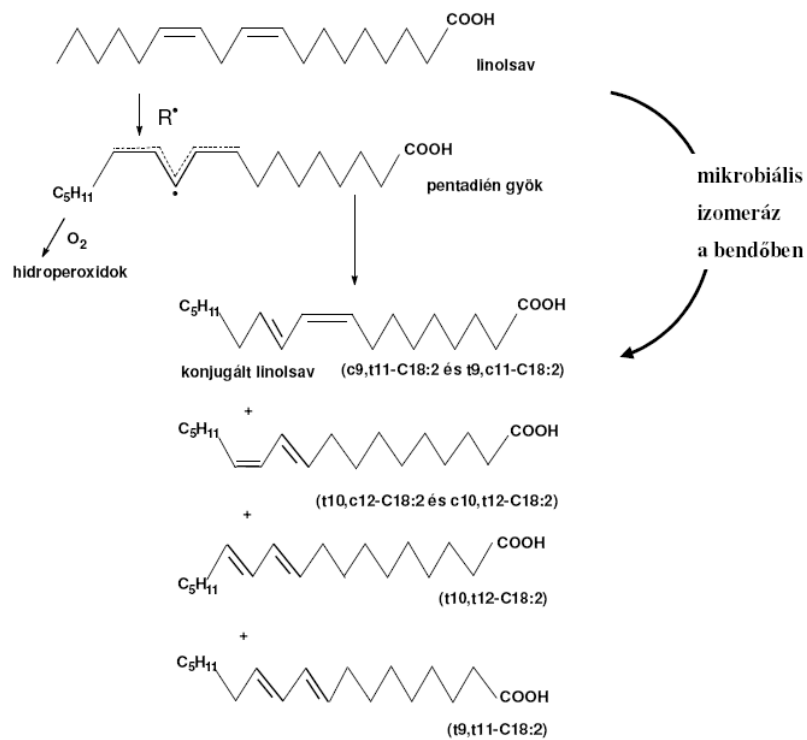


(Forrás: Csapó és mtsai, 2001)

Ugyanakkor egyes vizsgálatok eredményeiből arra lehet következtetni, hogy a tehenek tejmirigyében (Griinari és Bauman, 1999), valamint a patkányok májában (Pollard és mtsai., 1980) a Δ -9 deszaturáz enzim közreműködésével a vaccénsavból is képződhet a cisz-9,transz-11 KLS

változat. Ez az enzim egy cisz kettőskötést alakít ki a 9-es szénatomon, aminek eredményeként cisz-9,transz-11-C18:2 keletkezik. A bendőben lezajló izomerizáció, valamint a tejmirigyben történő deszaturáció eredményeként képződő cisz-9,transz-11-C18:2 a humán táplálkozásban legnagyobb mennyiségben előforduló KLS izomer. A tejtermékek konjugált linolsav koncentrációja rendszerint 2,9-8,92 mg KLS/1 gramm zsír, amiből a cisz-9,transz-11 KLS izomer az összes KLS 73-93%-át teszi ki (MacDonald, 2000).

3. ábra: A konjugált linolsavak kialakulása linolsavból szabadgyökös reakcióval, illetve biológiai hidrogéneződéssel



(Forrás: Csapó és mtsai, 2001)

A monogasztrikus állatok szervezetében és ennek következtében a belőlük készített állati eredetű élelmiszerekben csak nagyon kevés konjugált linolsav található. Ez általában állati eredetű takarmányokkal juthat szervezetükbe, ugyanakkor egyes kutatási eredmények alapján az sem zárható ki, hogy a monogasztrikus állatok vakbelében és remesebelében konjugált linolsav előállítására képes baktériumtörzsek vannak jelen (Parodi, 1994).

A konjugált linolsavak kémiai reakciókban enzimek közreműködése nélkül is kialakulhatnak a linolsavban gazdag olajok lúgos izomerizációja vagy a ricinusolaj víztelenítése közben (Padley és mtsai., 1994). Dormandy és Wickens (1987) kutatásai szerint a linolsav *in vivo* szabadgyökös autooxidációja során is keletkezhet KLS, nagy kéntartalmú fehérjék jelenlétében. Berdeaux és mtsai (1997) szintézismódszerével metil-cisz-9,transz-11 KLS-t lehet előállítani ricinusolajból nyert ricinussav-metil észterből.

A szerkezeti izomerek úgy alakulnak ki, hogy a linolsav két kettőskötése között lévő metilén csoportból proton távozik, s ezáltal negatív ion képződik (Nichols és mtsai, 1951). Ennek elektronfeleslegét egyenlő mértékben a két szomszédos szénatom környezete hordozza. Ez a labilis rendszer protonfelvétel által stabilizálódik. A protonfelvétel valószínűsége az említett két szomszédos oldalon azonos, ezért elméletileg egyenlő mértékben keletkezik cisz-9,transz-11 és transz-10,cisz-12 konjugált linolsav. A reakció eredményeként más szerkezetű konjugált linolsavak is képződhetnek, de ezek mennyisége csekély. A folyamat végeredményeként, annak körülményeitől függő egyensúly áll be az izolált és a konjugált kettőskötéseket tartalmazó izomerek között.

A folyamat hatásaként azonban térbeli izomerek is képződnek, melynek során a cisz szerkezet kisebb energiatartalmú transz szerkezetűvé alakul (Furka, 1998). Ezáltal valamennyi dién izomer négyféle térszerkezetű, cisz-cisz, cisz-transz, transz-cisz, és transz-transz lehet. A gyakorlati tapasztalatok alapján (Nichols és mtsai, 1951) főleg a „helyet változtatott” cisz kettőskötések alakulnak transz szerkezetűvé, ezért az izomerizáció hatásaként elsősorban cisz-9,transz-11 és transz-10,cisz-12 izomerek képződnek.

2.3. A KLS élettani jelentősége

Az utóbbi időben egyre több kísérlet irányul a konjugált linolsavnak az állati és az emberi szervezetben betöltött szerepe vizsgálatára. A takarmányozási kísérletekben használt konjugált linolsav készítmények előállítására növényolajból történik. A kapott terméket különböző KLS izomerek keveréke alkotja. Az egyes izomerek elkülönítése nagyon drága folyamat, ezért a legtöbb kísérlet során KLS izomerek keverékét használják. Ezekben a keverékekben a cisz-9,transz-11-C18:2 és a transz-10,cisz-12-C18:2 izomerek vannak túlsúlyban (kb. 85-90%), közel azonos mennyiségben. A keverék maradékának 10-15%-át egyéb KLS izomerek alkotják (Kritchevsky és mtsai, 2000), ami azt jelenti, hogy a kísérletek többségében elsősorban a fent említett 2 izomer hatása érvényesül. Ezidáig viszonylag csak kevés olyan irodalom áll rendelkezésre, amely az egyes izomereket külön tárgyalná.

2.3.1. A KLS hatása a daganatos betegségekre

A KLS tulajdonképpen azóta ismert mint funkcionális alkotóelem, mióta az antikarcinogén hatású vegyületek közé sorolják (Cesano és mtsai, 1998, Ip és Scimeca, 1997, Wong és mtsai, 1997). Elsőként Pariza és Hargraves (1985) bizonyították, hogy a sült marhahúsból származó extraktum antikarcinogén hatással rendelkezik. A szerzők mutagén anyagok után kutattak, azonban várakozásaikkal ellentétben egy antimutagén anyagot találtak. A további vizsgálatok elvégzése során kiderült, hogy ez az anyag a KLS.

Számos állatkísérlet során bizonyították, hogy a KLS több olyan daganat kialakulását gátolja, amelyet bizonyos vegyszerek váltanak ki. Ilyenek például a bőrtumorok (Ha és mtsai, 1987; Belury és mtsai, 1996), az emlődaganat (Ip és mtsai, 1991; Thompson és mtsai, 1997), és a gastrointestinalis karcinoma (Ha és mtsai, 1990).

Azt is igazolták, hogy a KLS *in vivo* és *in vitro* körülmények között gátolja bizonyos emberi ráksejtvonalak elburjánzását olyan módon, hogy gátolja annak az enzimsaládnak a működését, amely a vizsgálatok szerint a sejtburjánzást előidéző protein kináz C enzim aktiválásáért felelős (Schultz és mtsai 1992 a, b; Schonberg és Krokan 1995; Benjamin és mtsai, 1992; Parodi 1994).

Ugyanakkor a különböző KLS izomereknek a rákos sejtekre gyakorolt hatása igen nagy eltéréseket mutat. A KLS szabad formában *in vitro* körülmények között gátolja ugyan a sejtburjánzást, azonban a KLS-ben gazdag tejszírnak nagyobb az *in vitro* aktivitása. A KLS MCF-7 emberi mellráksejtekre gyakorolt gátló hatásának vizsgálata során a KLS-ben gazdag tejszír hatékonyabbnak bizonyult, mint a különálló KLS izomerek.

Amikor a rákos sejteket tejzsírral inkubálták, 90%-kal csökkent a csíráképes sejtek száma. A KLS izomerek keverékével, vagy a c9,t11 KLS izomerrel történő inkubáció 60%-os csökkenéshez vezetett, míg a t10,c12 KLS izomerrel végzett inkubáció csupán 15%-os csökkenést eredményezett. (Durgam és mtsai, 1997)

A KLS-sel szemben a linolsav nem képes megakadályozni a rákos sejtek növekedését (Igarashi és Miyazawa, 2001). Sőt, a KLS különböző formáival szemben, a linolsavval történő inkubáció 25%-os növekedést eredményezett a sejtburjánzásban (Durgam és mtsai, 1997).

Mindezen felül úgy tűnik, hogy a KLS antikarcinogén hatása mennyiségfüggő, mivel ez a kedvező hatás az elfogyasztott élelmiszerek 0,1-1%-os határértékei között bizonyult a legmeggyőzőbbnek (Ip és mtsai, 1994). Míg a kísérleti eredmények szerint az 1% feletti koncentráció már nem javít az emlőrák kialakulása elleni védelmen (Ip és mtsai 1996).

2.3.2. A KLS antioxidáns hatása

A KLS antioxidáns hatás a c9,t11 KLS izomerhez köthető, ugyanis csak ez az egy izomer képes beépülni a sejtmembránok foszfolipid frakciójába, és így védi azt a szabad gyökökkel szemben, valamint gátolja a peroxidok telítetlen zsírsavakból történő képződését (Ha és mtsai, 1990; Ip és mtsai, 1991). Kémiai szerkezete nem utal arra, hogy ilyen antioxidáns tulajdonságokkal rendelkezzen, ezért nevezett szerzők azt feltételezik, hogy inkább a KLS-ből képződő oxidált származék az aktív antioxidáns vegyület, mint maga a KLS.

Joo és mtsai (2002) sertésekkel végzett kísérleteikben KLS-sel egészítették ki a kísérleti csoport befejezőtápját. A vágást követően, a

kontroll és a kísérleti tápot fogyasztó állatokból származó húsmintákat 7 napig 4 °C-on tárolták, majd meghatározták a TBARS értéket. Ez az érték azoknál az állatoknál volt magasabb, amelyek a KLS-kiegészítés nélküli kontroll tápot fogyasztották. Hasonló eredményről számoltak be Corino és mtsai (2002), amikor a nyulak takarmányát 0,5% KLS-sel egészítették ki, de Bölükbasi és Erhan (2007a) is az oxidatív stabilitás javulását figyelték meg azoknál a húsmintáknál, amelyek a KLS-t fogyasztó brojlerektől származtak.

Ko és mtsai (2004) brojlercsirkékkel végzett kísérleteikben a KLS-kiegészítés hatására megnövekedett kataláz aktivitást figyeltek meg a májban. Zhang és mtsai (2008) a kataláz aktivitás növekedése mellett nagyobb teljes szuperoxid-dizmutáz (TSOD) aktivitást írtak le a májban és a szérumban.

A szuperoxid-dizmutáz (SOD) egy olyan enzim, amely a szuperoxid gyököt bontja le molekuláris oxigén és hidrogén-peroxid keletkezése közben. A kataláz enzim a hidrogén-peroxid vízre és oxigénre történő lebontását katalizálja. A szuperoxid anion a molekuláris oxigén redukciójával képződő szabad gyök, amely nagy reakcióképessége miatt károsító hatású a sejtekre és a szövetekre, de ugyanakkor a hidrogén-peroxid is erős oxidáló hatású vegyület. Eltávolításukkal javul a szervezet oxidatív stabilitása. A KLS-nek a kataláz és a TSOD aktivitásra gyakorolt pozitív hatása tehát a szervezet antioxidáns védelmi rendszerének támogatását jelenti.

2.3.3. A KLS hatása a testösszetételre

Több állatfaj esetében kimutatható volt, hogy a takarmányhoz adott KLS a testzsír csökkenéséhez vezet. Nagy zsírtartalmú diétán tartott egerek egyik csoportja 5 hétig 1% KLS-kiegészítésben részesült. A KLS-t fogyasztó csoport zsírszövetének tömege körülbelül 50%-kal csökkent a kontrollcsoporthoz viszonyítva, míg a két csoport átlagsúlya hasonló volt, ami azt jelenti, hogy a KLS kiegészítésben részesült egerekben a zsírtömeg csökkenése mellett a zsírmentes tömeg nőtt (West és mtsai, 2000). Ugyanakkor Javadi és mtsai (2007) brojlercsirkékkel végzett kísérleteik során az 1% KLS-kiegészítéssel szemben a kontrollcsoport esetében (1% napraforgóolaj) tapasztaltak kisebb testzsír arányt.

Úgy tűnik, hogy a KLS-kiegészítés nem feltétlenül hozza ugyanazt az eredményt minden egyes állatfaj esetében. Nőstény patkányoknak adott 0,5% KLS kiegészítés jóval kisebb mértékben csökkentette a patkányok zsírszövetét, mint az egerekkel végzett kísérletek többségében (Azain és mtsai, 2000).

Sertésekkel végzett kísérletekben is azt igazolták, hogy a takarmányhoz adott KLS-kiegészítés csökkenti a szervezetben a zsír depozícióját (Dugan és mtsai, 1997), míg brojlercsirkéknél a hasüregi zsírtömeg lineáris csökkenését figyelték meg (Zanini és mtsai, 2006; Suksombat és mtsai, 2007).

Egyes kutatók a zsírtömeg csökkenését azzal magyarázzák, hogy a KLS nemcsak hogy csökkenti a szervezetben a zsírsavak szintézisét, hanem egyúttal növeli azok mobilizációját a zsírszövetben (Park és mtsai, 1997). Ezzel szemben Atkinson és mtsai (1999) egerekkel és patkányokkal végzett kísérleteik során is egyaránt megnövekedett zsírsavszintézist figyeltek meg

a májban. Ennek ellenére mindkét kísérletükben a zsírszövet tömegének csökkenését tapasztalták a KLS-t fogyasztó egyedeknél. Azonban míg egerekkel végzett kísérletekben a KLS által kiváltott zsírtömeg csökkenés leginkább a zsírsejtek pusztulásának eredménye (Tsuboyama-Kasaoka és mtsai, 2000), addig a patkányok esetében megfigyelhető csökkenés inkább a kisebb zsírsejteknek, mint a sejtszám csökkenésnek köszönhető (Azain, 2000). Egerekkel végzett kísérletekben Park és mtsai (1997) bizonyították, hogy a KLS-kiegészítés hatására nő a vázizomzatban a palmitin-karnitin transzferáz enzim aktivitása, ami megnövekedet β -oxidációhoz vezethet.

Ugyanakkor úgy tűnik, hogy a különböző KLS izomerek etetése eltérő hatással lehet a testösszetevők változására is. Egerekkel végzett kísérletekben kétféle KLS-készítményt etettek. Az egyik készítmény a c9,t11, a másik a t10,c12 izomerben volt gazdagabb. A testösszetételben történt kedvezőbb változások, mint a testzsír csökkenése, illetve a test összes víztartalmának és fehérjetartalmának a növekedése, csak a t10,c12 izomer etetésekor voltak megfigyelhetők (Park és mtsai, 1999). A KLS segíti az anabolikus és gátolja a katabolikus folyamatokat, elősegíti a fehérje beépülését az izomszövetbe, illetve gátolja a zsírszövet kialakulását fiatal korban, valamint a lipidbeépülést a már meglévő zsírszövetbe (Sebedio 2001; Badinga 2001; Pariza és mtsai 2000).

A KLS, és közelebbről elsősorban a t10,c12 izomer – a testösszetevőkre gyakorolt kedvező hatásának köszönhetően – egyre nagyobb érdeklődésre számíthat humán vonatkozásban is, ugyanis korunk egyik legnagyobb egészségügyi problémájának, az elhízásnak lehet az egyik ellenszere.

2.3.4. A KLS hatása a szív- és érrendszeri megbetegedésekre

Ismert, hogy a vérplazma összes koleszterin tartalmán belül az LDL-koleszterin szintje a szív- és érrendszeri megbetegedések egyik kockázati tényezője, a HDL-koleszterin mennyisége viszont ezzel ellentétes hatású. Amíg a HDL részecskék a szövetek felől a májba szállítják a koleszterint (megtisztítják a vért a koleszterintől), addig ellentétes irányban, a májtól a szövetek felé az LDL a koleszterin fő szállítóegysége.

A táplálékhoz adagolt KLS-kiegészítések csökkentették a vérplazma LDL-koncentrációját és meggátolták az érlemezés kialakulását olyan nyulakban (Lee és mtsai, 1994) és ezüsthörcsögökben (Nicolosi és mtsai, 1997), amelyeket atherogén (érlemezésesedést kiváltó) tápokkal etettek. Úgy tűnik azonban, hogy a KLS kiegészítés hatása ebben a tekintetben állatfajonként eltérő. Stangl és mtsai (1999) sertések takarmányához kevert 1% KLS hatására az LDL koleszterinszint tendenciózus növekedését figyelték meg, míg a HDL mennyisége nem változott, és ennek következtében nőtt az LDL:HDL arány. Bölükbasi (2006) brojlercsirkékkel végzett kísérletei során a teljes koleszterinszint (HDL + LDL) szignifikáns növekedéséről számolt be azoknál az állatoknál, amelyek KLS-kiegészítésben részesültek. Du és Ahn (2003) is a koleszterinszint növekedését tapasztalták, azon belül azonban nagyobb mértékű HDL koleszterinszint növekedést figyeltek meg.

A KLS érlemezésesedésre gyakorolt hatása tekintetében – a testösszetételre gyakorolt hatásához hasonlóan – összefoglalóan elmondható, hogy az eredmények állatfajtól, azon belül genotípustól függően jelentősen eltérnek egymástól.

2.3.5. A KLS hatása az immunrendszerre

A KLS azáltal, hogy fokozza a limfociták blasztogenezisét és citotoxikus aktivitását, valamint a makrofág sejtek kórokozók elpusztítását eredményező hatását, befolyást gyakorol az immunrendszer működésére is (Michal és mtsai, 1992; Wong és mtsai, 1997).

Takahashi és mtsai (2003) kísérleteikben 10 g KLS illetve 10 g pórsáfránymagolaj kiegészítésben részesült brojlercsirkéknek intravénásan SRBC (juh vörösvérsejt szuszpenzió) injekciót adtak, hogy ezáltal antitest termelésre késztessek szervezetüket. Az injekció után egy héttel vett vérmintákból kiderült, hogy azoknak az állatoknak az esetében, amelyek KLS-t kaptak kiegészítésként – ivartól függetlenül – nagyobb volt az antitest titer, mint azoknál, amelyek pórsáfránymagolaj kiegészítésben részesültek. A KLS immunrendszerre gyakorolt hatását vizsgálva Zhang és mtsai (2005) megállapították, hogy a KLS-kiegészítés erősíti az immunválaszt brojlercsirkéknél, míg Takahashi és mtsai (2002) eredményei szerint a KLS csillapít néhány, az immunstimuláció által indukált nemkívánatos metabolikus és fiziológiás elváltozást.

2.3.6. A KLS egyéb hatásai

A KLS-kiegészítés számos kedvező élettani hatása mellett meg kell említeni, hogy az állatkísérletek egy részében mellékhatásként májnagyobbodás és inzulinrezisztencia lépett fel.

A KLS-sel végzett toxicitás vizsgálatok eredményei szerint a patkányoknak 36 héten át adott 1,5% KLS-kiegészítés nem okozott kórszövettani elváltozást, vagy hematológiai abnormalitást a szervekben (Scimeca, 1998). A táplálék 1%-ában adott KLS-kiegészítés azonban

néhány egérben májnagyobbodást eredményezett (DeLany és mtsai, 1999; Tsuboyama-Kasaoka és mtsai, 2000; DeLany és West, 2000).

Számos állatkísérletben a kiegészítésként etetett KLS hatására megnövekedett inzulinszintet tapasztaltak a kutatók (DeLany és mtsai, 1999; West és mtsai, 2000; Tsuboyama és mtsai, 2000; DeLany és West, 2000). Egerek (AKR/J) esetében a táp energiatartalmának 1%-ában adott KLS-kiegészítés közel kétszeresére növelte a plazma inzulinszintjét. Ugyanakkor az egerek glükózsintje is növekedést mutatott (West és mtsai, 2000).

2.4. A zsírsav-összetétel módosításának élettani alapjai

Monogasztrikus állatok esetében a takarmánnyal a szervezetbe jutó zsírok emésztése a vékonybélben történik. A hasnyálmirigyben termelődő lipáz enzim az epesavak által emulgeált zsírok (trigliceridek) 1. és 3. helyzetben lévő észterkötéseit bontja, aminek következtében monogliceridek és zsírsavak keletkeznek. Ezek a termékek a duodenumban és a jejunumban a konjugált epesavak segítségével micellákat képeznek, és ilyen formában jutnak el a vékonybél epithelsejtjeibe. A micellákban lévő monogliceridek és zsírsavak a jejunumból felszívódnak és membránok által körülzárt cseppek formájában a bél epithelsejtjeinek belsejébe kerülnek, míg az epesavas sók tovább haladnak az ileum felé, ott felszívódnak, majd a portális keringéssel visszajutnak a májba, ahol ismét kiválasztódnak az epével.

A felszívódást követően a különböző lánchosszúságú zsírsavak sorsa eltérően alakul. A rövid szénláncú (10 vagy annál kisebb szénatomszámú) zsírsavak a felszívódást követően szabad formában jutnak a portális

keringésbe és a májba szállítódnak. A hosszú szénláncú zsírsavak viszont KoA-tiolészterekké alakulnak, amelyek a monoglicerideket trigliceridekké acilálják. Emlősökben ezek a trigliceridek fehérjékkel, foszfolipidekkel, és koleszterinészterekkel kilomikronokat hoznak létre, amelyek a nyirokrendszerbe kerülnek, majd a mellvezetéken át jutnak az általános keringésbe. Az, hogy a kilomikronok mekkora hányada kerül a májba, illetve jut el a perifériás szövetekhez (izom- és zsírszövet) az állat tápláltsági állapotától függ. Állatkísérletek útján megállapították, hogy energiaegyensúly esetén a máj a kilomikronoknak csak mintegy 20-40%-át veszi fel. Ezzel szemben a madaraknál a triglicerid reszintézis után képződő kilomikronok – amit madaraknál portomikronoknak is neveznek – nem a nyirokerekbe kerülnek – ugyanis a madarak nyirokrendszere fejletlen – hanem a portális keringésbe jutnak.

A májban a kapillárisok falát alkotó endothel sejtek közötti viszonylag nagy hézagoknak köszönhetően a kilomikronok is közvetlenül kapcsolatba kerülhetnek a parenchima sejtek felületével. Itt a kilomikron trigliceridjei glicerinre és zsírsavakra hidrolizálnak. A zsírsavak a máj szabad zsírsavkészletébe kerülnek, ahol a szénhidrátból endogén úton szintetizálódtak, vagy a zsírszövetekből mobilizálódtak szabad zsírsavakkal (FFA) keverednek. Ezt követően energianyerés céljából oxidálódhatnak, vagy észterifikálódhatnak, és koleszterinésztereket, foszfolipideket, vagy triglicerideket hoznak létre, amely vegyületek lipoproteint alkotva elhagyják a májat. Ez utóbbi viszonylag nagyméretű, nagyon kis sűrűségű lipoprotein (*VLDL=very low density lipoprotein*), amely egy trigliceridekben gazdag részecske, a takarmányból származó, illetve az endogén úton előállított trigliceridek közös szállítóegysége a zsírszövet, illetve az izmok felé.

Energiaegyensúly esetén a májat elkerülő kilomikronok (csak emlősöknél), illetve a májban keletkezett VLDL-ek a zsírraktárakba kerülnek, míg ha az energiafelvétel a szükségletet nem fedezi, a váz- és a szívizomzat lesz az elsődleges felhasználó.

Fontos tényező az is, hogy a kilomikron és VLDL részecskék milyen arányban tudnak átjutni a zsírszövet, vagy az izomszövet kapillárisain. Ezt egy, a *lipoproteinlipáz* által katalizált mechanizmus szabályozza. Ez az enzim a zsír- valamint az izomszövetben termelődik, és a triglicerideket a kapillárisok falához közel glicerinnre és zsírsavakra hidrolizálja, aminek eredményeként a lipoproteinek átjutnak a kapillárisokon a sejtek felületéhez. Ezt követően a zsírsavak bekerülnek a sejtekbe. Az állat tápláltsági állapota, a takarmányok összetétele, zsírtartalma befolyásolja a lipoproteinlipáz aktivitásának mértékét, és egyben azt is meghatározza, hogy a lipoproteinek által szállított trigliceridek melyik szövetben használódnak fel. Energiaegyensúly esetén az enzim a zsírszövetben aktív, a zsírsavak a zsírsejtekben ismét észterifikálódnak, majd triglicerid formájában raktározódnak, míg ellenkező esetben az izomszövetben oxidálódnak energianyerés céljából (Husvéth, 2000; Denbow, 2000; Mézes, 2001).

A fent leírtak azt igazolják, hogy az állati szervezet rendelkezik olyan élettani mechanizmussal, amely lehetőséget ad arra, hogy a takarmány zsírsav-összetételének szabályozásával az állati termékek zsírsav-összetételét módosítsuk, a humán igényekhez közelítsük.

2.5. Élelmiszereink KLS-tartalma, és az azt befolyásoló tényezők

Az utóbbi évtizedben számos kutatás témáját képezte az állati eredetű termékek KLS-tartalmát befolyásoló tényezők vizsgálata. Az eredmények alapján 3 fő csoportba sorolhatjuk azokat a tényezőket, amelyek a legnagyobb mértékben befolyásolhatják az állati eredetű termékek KLS-tartalmát.

Ezek a következők:

- az egyed (amitől az adott termék származik)
- a takarmányozás
- és az állati termék feldolgozása

Jelenlegi ismereteink alapján élelmiszerek közül a kérődző állatok teje, valamint húsa, és az ezekből készült termékek tartalmazzák a legtöbb KLS-t. Több mint egy tucat KLS izomer található meg a kérődzők tejében és húsup zsírjában (Bauman, 2003). A legnagyobb mennyiségben – mind a tej mind pedig a hús zsírjában – a c9,t11-C18:2 izomer fordul elő (MacDonald, 2000; Jensen, 2002). Biológiailag aktív még a t10,c12 izomer is, azonban ez a változat a kérődzők termékeiben előforduló KLS izomereknek, csak kevesebb mint 5%-át adja (Yurawecz és mtsai, 1998).

Egyes kutatók eredményeiből kiderül, hogy kis mennyiségben ugyan, de a tojás valamint a monogasztrikus állatok húsa, és teje is tartalmaz KLS-t (Bee, 2000; Chin és mtsai, 1992, 1993). Más kutatók a normál tápon tartott tojóktól származó tojások zsírsav-összetételét vizsgálva ezeket az eredményeket nem tudták igazolni (Raes és mtsai 2002, Yang és mtsai, 2002).

A kérődzők húsának KLS-tartalma mintegy tízszer nagyobb mint a monogasztrikus állatoké. A nyúlhús KLS-tartalma 0,11 g, a bányahúsé pedig 1,2 g 100 g zsírban (Fritsche és Steinhart, 1998). A legtöbb állatfaj zsírjának KLS tartalma pedig e két szélsőérték között mozog. Ugyanakkor rendkívül alacsony a tengeri eredetű élelmiszerek KLS-tartalma. Chin és mtsai (1992) különböző halfajtákat vizsgálva azok KLS-tartalmát mindössze 0,01-0,09 g/100 g zsírban találták.

Megoszlik a kutatók véleménye arra vonatkozólag, hogy a monogasztrikus állatok termékeiben található-e KLS vagy nem. Ugyanakkor számos sertésekkel (Szymczyk, 2005; Borosné, 2009, Marco és mtsai, 2009; Cordero és mtsai, 2010), brojlercsirkékkel (Szymczyk és mtsai, 2000; Szymczyk és mtsai, 2001; Ryu és mtsai, 2002; Badinga és mtsai, 2003; Sirri és mtsai, 2003; Bölükbasi és Erhan 2007; Suksombat és mtsai, 2007; Kim és mtsai, 2008; Zhang és mtsai, 2008), és tojótyúkokkal (Husvéth és mtsai, 2005; Szymczyk és mtsai, 2005; Suksombat és mtsai, 2006; Bölükbasi és Erhan, 2007; Cherian és mtsai, 2007; Kim és mtsai, 2007) végzett kísérlet során a KLS izomerek szignifikáns növekedését figyelték meg azokban a hús- és tojásmintákban, amelyek a KLS-kiegészítésben részesült állatoktól származtak. A brojlerhús és a tojás KLS-tartalmának növelése céljából eddig elvégzett kísérletek eredményeiről a 2.6. fejezetben található áttekintés.

Élelmiszereink KLS-tartalma elsősorban az alapanyag KLS-tartalmától függ, de az alapanyagok élelmiszeripari feldolgozásának egyes lépései is befolyásolhatják ezeknek a zsírsavaknak a mennyiségét. A tejtermékek KLS tartalmát is elsősorban az alapanyag tej KLS-tartalma

befolyásolja. Ugyanakkor az ömlesztett sajt vagy az indiai ghee gyártása során alkalmazott hőkezelés is módosíthatja, növelheti a késztermék KLS-tartalmát. A hőkezelés főleg abban az esetben jár jelentős KLS-képződéssel, ha a termék fehérjetartalma magas (Csapó és mtsai, 2001).

A húsok esetében a hőkezelés hőmérséklete és az elkészítési módszer sem befolyásolja érdemben a KLS-tartalmat (Shantha és mtsai 1994; Fritshe és Steinhart 1998). Ugyanakkor Borosné (2009) szerint a sertéshúsban lévő KLS jelentős része a hőkezelés hatására tönkremegy. Ezt a megállapítást a KLS-nek az oxidációval és a hőkezeléssel szembeni rendkívüli érzékenységgel magyarázta. Eredményével szemben Cristina és mtsai (2009) kísérleteiben a KLS rendkívül jó stabilitást mutatott a hőkezeléssel szemben, sőt a hőkezelések (főzés, mikrohullám, grillezés) hatására a KLS növekedését figyelték meg a marhahúsban.

A sajtok KLS-tartalmát több szerző magasabbnak mérte, mint a többi tejtermékét (Ha és mtsai, 1989; Jiang és mtsai, 1998). Egyes a sajtgyártás során is felhasznált *Propionibacterium* fajok képesek mikrobiológiai tápközegben linolsavból KLS-t előállítani (Jiang és mtsai, 1998). Ugyanakkor a sajtgyártás során nem találtak különbséget a *propionibacterium* fajokat tartalmazó és azokat nem tartalmazó sajtok KLS-tartalma között. Mindazonáltal a sajtok KLS-szintjének növelése KLS-termelő starterkultúrákkal ígéretes lehetőségnek tűnik, azonban ez csak a *propionibacterium* törzsek KLS termelési mechanizmusának jobb megismerése után lehetséges (Jiang és mtsai, 1998).

A ghee előállítása mellett megnövelhető a vaj KLS tartalma úgy is, ha a vajhoz szabad zsírsav formájában KLS-t adunk, amely zsírsavakat

enzimes átészterezéssel be lehet juttatni a triglicerid molekulákba (Garcia és mtsai, 2000).

Egyes kutatók nem találtak kimutatható mennyiségű KLS-t margarinokban és növényi olajokban (Ackmann és mtsai, 1981), míg mások jelentős mennyiségekről (0,02-2,0 g/100 g zsír) számoltak be (Kayahan és Tekin 1994; Chin és mtsai, 1992b). A különbségek oka feltételezések szerint a növényi olajok és a margarinok előállításakor alkalmazott eltérő feldolgozási módszer (Parodi, 1994; Fritshe és Steinhart, 1998), ugyanis KLS képződése az olajok részleges hidrogénezése során is bekövetkezhet.

2.6. A brojlerhús és a tojás KLS-tartalmának növelése céljából eddig elvégzett kísérletek eredményeinek összefoglalása

Kísérleteink során a brojlerhús, valamint a tojás KLS-tartalmának növelését tűztük ki célul, ezért az irodalomban fellelhető kísérletek eredményeit is e két termék tekintetében szeretném bemutatni.

A KLS-kiegészítésnek a brojlercsirkék hizlalási teljesítményére gyakorolt hatását vizsgáló kísérletek igen eltérő eredménnyel végződtek.

Bölükbasi (2006) kísérletében a KLS-kiegészítés mindhárom vizsgált mennyiségben (1, 2, és 3%) növelte a csirkék súlygyarapodását, és javította takarmányhasznosításukat. Ryu és mtsai (2002) vizsgálatai során a 2 és 3% KLS-kiegészítés esetében szignifikánsan nagyobb súlygyarapodást, és kedvezőbb takarmányhasznosítást figyeltek meg az 1% KLS-kiegészítéshez képest. Szymczyk és mtsai (2001) kísérletében viszont az 1,5%-os KLS-dózis már csökkentette a brojlerek takarmányfogyasztását, illetve rontotta a takarmányhasznosítást és a csirkék súlygyarapodását is. Hasonlóképpen Badinga és mtsai (2003) kísérleteiben az 5% KLS-kiegészítésben részesült csoport állatai szignifikánsan kisebb növekedést értek el ahhoz a csoporthoz

viszonyítva, amely ugyanakkora mennyiségű kukoricaolajat fogyasztott. Több szerző (Sirri és mtsai, 2003, Denli és mtsai, 2004, Ko és mtsai, 2005; Kim és mtsai, 2008; Zhang és mtsai, 2008) ugyanakkor megállapította, hogy a brojlerhízlalási kísérletekbe a KLS kiegészítés nincs hatással az állatok teljesítményére.

Az ellentmondó kísérleti eredmények feltehetően a kísérletekben etetett KLS-készítmények eltérő összetételére, illetve a különböző mennyiségben történő etetésükre vezethetők vissza. Így pl. a Bölükbsai (2006) által használt készítmény 39-39% részarányban tartalmazta a c9,t11-C18:2, valamint a t10,c12-C18:2 izomereket. Ezzel szemben a Szymczyk és mtsai (2001) kísérletében etetett készítmény a c9,t11-C18:2, valamint a t10,c12-C18:2 változathoz sorrendben csak 9,5, illetve 11,2%-ot tartalmazott, míg az egyéb változatok viszonylag nagy arányban, 38%-ban fordultak elő benne. A Badinga és mtsai (2003) kísérletében etetett KLS-készítmény – a Bölükbsai által használt készítményhez hasonlóan – nagy részarányban tartalmazta a c9,t11-C18:2 (30,7%) és a t10,c12-C18:2 (30,6%) változatot is, ugyanakkor mindezek mellett 2,3%-ban a t9,t11-C18:2 izomer is jelen volt.

Az irodalomban a KLS-nek a súlygyarapodásra gyakorolt hatásához hasonlóan, a kísérleti állatok testének zsírtartalma tekintetében is ellentmondásos eredményeket találhatunk. Aletor és mtsai (2003) kísérleteiben két különböző fehérjetartalmú (230 g, illetve 180 g fehérje/takarmány kg) izokalorikus (13,0 MJ/kg) takarmányokat etettek. A kisebb fehérjetartalmú takarmányok közül kettőt kg-ként 20 illetve 40 g KLS-sel egészítettek ki. A különböző fehérjetartalmú takarmányoknak a testösszetétel tekintetében egyedül a test zsírtartalmára gyakorolt

hatásukban volt különbség. Nevezetesen az alacsonyabb fehérjetartalmú takarmányt fogyasztó brojlereknél 28%-kal megnőtt a teljes test zsírtartalma. Ugyanakkor a KLS-kiegészítés (34,2 % c9,t11-C18:2, 34,0% t10,c12-C18:2) nem volt hatással a teljes test összetételére, és nem ellensúlyozta az alacsony fehérjetartalmú takarmányon tartott csirkék esetében a zsír lerakódását sem. Javadi és mtsai (2007) kísérleteiben pedig az 1% KLS (c9,t11-C18:2 és a t10,c12-C18:2 1:1 arányú keveréke) kiegészítéssel szemben azokban a csoportokban mérték az alacsonyabb testzsír mennyiséget, amelyek az 1% napraforgóolajat tartalmazó kontrolltápot fogyasztották. Ezzel szemben brojlercsirkékkel végzett kísérletük keretében Zanini és mtsai (2006), valamint Suksombat és mtsai (2007) a takarmány KLS-sel történő kiegészítésekor a hasúri zsír mennyiségének lineáris csökkenését figyelték meg.

Nem egységes a kutatók véleménye abban a tekintetben sem, hogy a KLS etetésekor esetleg bekövetkező testzsírcsökkenés milyen biokémiai változásokra vezethető vissza. Mint az már korábban említésre került, Park és mtsai (1997) a zsírcsökkenés okaként a zsírsavak szintézisének mérséklődését, valamint a fokozott β -oxidációt jelölték meg. Ez utóbbit véleményük szerint az igazolja, hogy növekedett a vázizomban a palmitin-karnitin transzferáz enzim aktivitása. Ugyanakkor Atkinson és mtsai (1999) a zsírsavszintézis növekedését figyelték meg a májban. Ennek ellenére a zsírszövet tömegének csökkenését tapasztalták. Park és mtsai (1997) szerint a zsírtartalom csökkenése a t10,c12-C18:2 izomer hatásának az eredménye.

A KLS brojlercsirkék zsírjának zsírsav-összetételére gyakorolt hatásáról is eltérő eredményeket találunk a szakirodalomban. A kísérletek egy részében a kutatók a KLS-kiegészítésben részesült csoport húsmintáiban

nagyobb SFA- és alacsonyabb MUFA-szinteket mértek, mint a kontrollcsoport mintáiban (Aletor és mtsai, 2003, Badinga és mtsai, 2003; Siri és mtsai, 2003). Egyes kísérletekben nagyobb SFA- és alacsonyabb MUFA-szintek mellett, a PUFA mennyiségének növekedését figyelték meg a KLS-t fogyasztó csoportok esetében (Bölükbasi, 2006, Bölükbasi és Erhan, 2007a). Ezzel szemben Du és Ahn (2003) kísérleteikben azt tapasztalták, hogy a KLS hatására csökken a PUFA-csoportba tartozó arachidonsav és linolsav mennyisége. Sirri és mtsai, (2003) is az arachidonsav csökkenéséről számoltak be, ugyanakkor nem találtak jelentősebb változást a PUFA-csoport egyéb zsírsavainak tekintetében.

Javadi és mtsai (2007) kísérletében a kontrollcsoport tápja 3% szójaolaj-, valamint 1% napraforgóolaj-kiegészítést tartalmazott, míg a kísérleti csoport a 3% szójaolaj mellett 1% KLS-t fogyasztott. A húsminták zsírsav-összetételét vizsgálva megállapították, hogy a KLS-kiegészítés hatására megnövekszik a hús SFA-tartalma, míg a MUFA- és PUFA-hányad szignifikáns mértékben csökken. Az SFA-csoport növekedését elsősorban a palmitinsav és a sztearinsav növekedése magyarázza, míg a MUFA-csoporton belül az olajsav, a PUFA-csoport esetében pedig a linolsav csökkenésének mértéke volt a legmeghatározóbb. Eredményeikhez hasonlóan Szymczyk és mtsai (2001) is az SFA szignifikáns növekedését, illetve a MUFA- és PUFA-csoportok szignifikáns csökkenését figyelték meg a brojlerok zsírjában, amikor a tápokot KLS-sel (0,0; 0,5; 1,0; és 1,5% KLS) egészítették ki. Eredményeikkel ellentétben Badinga és mtsai (2003) kísérletében az 5% KLS-kiegészítés az 5% kukoricaolaj-kiegészítéshez (kontroll) képest nem változtatta meg a csirkemáj lipidjeinek PUFA-tartalmát. A kontrollcsoportból származó májminták zsírjának PUFA-

tartalma ugyanis 36,2%-ról mindössze 37,4%-ra változott. Zsírsv vizsgálati eredményeikből kiderül, hogy a PUFA-csoportba tartozó linolsav mennyisége – hasonlóan az előzőekben említett kísérletekhez – jelentős mértékben, 35,38%-ról 25,24%-ra csökken, miközben a KLS mennyisége 0,18%-ról csak 5,27%-ra növekszik. Tehát a zsírban megjelenő KLS növekmény nem tudta kompenzálni a linolsav mennyiségében bekövetkezett csökkenést, ami a korábban említett kísérletek esetében magyarázatul szolgálhat a PUFA-csoport csökkenését illetően. Badinga és mtsai (2003) kísérletében a PUFA-csoport viszonylagos állandósága a KLS-kiegészítésben részesült csoport májában megjelenő α -linolénsavnak köszönhető (6,87%), amely zsírsavnak a mennyisége a kontrollcsoport esetében mindössze 0,62% volt. Mivel a kísérletük során használt KLS-készítménynek csak a teljes KLS tartalma (63,6%) ismert, a különböző izomerek aránya nem, nem lehet pontosan megállapítani, hogy az α -linolénsav mennyiségében bekövetkezett növekedés minek köszönhető.

Bölükbasi (2006) viszont kísérleteiben az SFA növekedése, illetve a MUFA csökkenése mellett a PUFA-csoport szignifikáns növekedését figyelte meg a KLS-kiegészítések (1, 2, 3%) hatására. Kísérleteiben olyan 80% KLS tartalmú készítményt használt, amelyben a c9,t11-C18:2 illetve a t10,c12-C18:2 izomerek 1:1 arányban voltak jelen. A húsminták zsírsvvizsgálati eredményeiből kiderült, hogy a KLS-kiegészítések hatására a PUFA-csoporton belül a linolsav mennyisége csökkent a legnagyobb mértékben, de csökkent az α -linolénsav és az arachidonsav mennyisége is. Esetükben azonban a KLS-kiegészítések hatására sokkal nagyobb mértékben nőtt a brojlerok zsírjának KLS-tartalma, mint amilyen mértékben a többi többszörösen telítetlen zsírsv mennyisége csökkent.

Az eddig tárgyalt irodalmi adatokból az a következtetés vonható le, hogy a KLS-kiegészítésnek a PUFA-csoport mennyiségére és összetételére gyakorolt hatása az etetett készítmény KLS-tartalmától és annak összetételétől (az egyes izomerek arányától) függően jelentős mértékben változhat. Ezzel szemben az SFA és MUFA csoport zsírsavai esetében ezek a változások igen nagy hasonlóságot mutatnak az egyes kísérletek során. Ez feltehetően annak köszönhető, hogy a KLS inhibitor hatással lehet a máj $\Delta 9$ deszaturáz enzim aktivitására, így gátolva a sztearinsavnak (C18:0) olajsavvá (C18:1) történő átalakítását (Lee és mtsai, 1998).

Ugyanakkor a kutatók a kísérletekben kivétel nélkül a KLS izomerek szignifikáns növekedését figyelték meg azokban a húsmintákban, amelyek a KLS-kiegészítésben részesült állatoktól származtak. Ryu és mtsai (2002) KLS-kiegészítések (1, 2, és 3%) eredményeként 12,23; 18,74; és 25,67 mg/kg KLS (az előző sorrendben) mennyiséget mértek a mellhúsban. Badinga és mtsai (2003) kísérletében a májlipidek KLS-koncentrációjának szignifikáns növekedését figyelték meg az 5% KLS-kiegészítés hatására, és megállapították, hogy a c9, t11 izomer relatív aránya sokkal magasabb volt, mint a t10, c12 vagy t9, t11 izomereké. A fenti irodalmi adatokkal egyezően Sirri és mtsai (2003) is a húsminták KLS-tartalmának szignifikáns növekedését írták le amikor a brojlerpókokat 2 és 4% KLS-sel egészítették ki.

A KLS előzőekben tárgyalt hatásainak vizsgálata mellett több tanulmány tárgyát képezte a KLS antioxidáns tulajdonságának elemzése is. Zhang és mtsai (2008) a MDA-koncentrációjának csökkenését figyelték meg, amikor a brojlerpókokat kg-ként 5 és 10 g KLS-sel egészítették ki. Kísérletükben a -16 °C-on tárolt comb-, illetve mellhús TBARS értékeiből

arra lehet következtetni, hogy az oxidáció mértéke mind a comb- mind a mellhús esetében lassan és egyenletesen növekedett a tárolás alatt. Ez azoknak a korábbi vizsgálatoknak az eredményét támasztja alá, amelyek szerint a fagyasztott élelmiszerekben az enzimikus reakciók lassan, de folyamatos sebességgel mennek végbe (Gava, 1984).

Ko és mtsai (2004) kísérletében a 0,75% kukoricaolaj mellett adagolt 0,75%, továbbá 1,5% KLS kiegészítés megnövelte a máj kataláz aktivitását a 1,5% kukoricaolajos kezeléshez viszonyítva. Ennek alapján a szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy a takarmányhoz adott KLS hatással lehet az antioxidáns védelmi rendszerre. Bölükbasi és Erhan (2007a) is az oxidatív stabilitás javulását tapasztalták a 3% KLS-, és a 3% olivaolaj-kiegészítés esetében, de a legkedvezőbb eredményeket ezek kombinációjával, a 1,5% olivaolaj- + 1,5% KLS-kiegészítés esetében kapták. Zhang és mtsai (2008) brojlercsirkékkel végzett vizsgálatában az intraperitoneálisan, 0,25 mg/testsúly kg dózisban adagolt *Salmonella enteritidis* lipopoliszacharid (LPS) injekció hatására a kontrollegyedeknél csökkent a glutation-peroxidáz és a TSOD aktivitás, ugyanakkor növekedett a cöruoplazmin és MDA-koncentráció. Amikor az így kialakított oxidatív stressz alatt takarmány kg-ként 10 g KLS-kiegészítést adtak, javult a csirkék antioxidáns mérlege.

A brojlerekkel végzett kísérletekhez hasonlóan, a kutatók kivétel nélkül a tojások KLS-tartalmának szignifikáns növekedését tapasztalták, amikor a tojótápokat KLS-sel egészítették ki (Park és mtsai, 1999; Jones és mtsai, 2000; Shang és mtsai, 2004, 2005; Aydin, 2005; Bölükbasi és Erhan, 2005a,b; Czauderna, 2005; Husvéth és mtsai, 2005; Hwangbo és mtsai, 2005; Szymczyk és mtsai, 2005; Suksombat és mtsai, 2006; Bölükbasi és

Erhan, 2007b; Cherian és mtsai, 2007; Hur és mtsai, 2007; Kim és mtsai, 2007).

Park és mtsai (1999) kísérletében a tojások KLS-tartalma az első 2 hétben gyorsan növekedett, majd az elért KLS-növekmény szinten maradt. Ezzel szemben Jones és mtsai (2000) a kiegészítés megkezdésétől számított 24. és a 36. napon mérték a legmagasabb KLS-szinteket. Az eltérés oka az lehet, hogy a két kísérletben etetett KLS-kiegészítések mennyisége jelentősen eltért egymástól. Ugyanis Park és mtsai (1999) kísérleteikben 0, 1, 2,5 illetve 5%, míg Jones és mtsai (2000) 0, 0,1, 0,5, illetve 1,0 g KLS-t adtak minden kg takarmányhoz. Eredményeik közötti eltérésből feltételezhető, hogy a kevesebb KLS-t fogyasztó állatoknak több időre van szüksége ahhoz, hogy a takarmánnyal felvett KLS-mennyiséggel elérhető maximális KLS-szint az állati termékekben kialakuljon. Kim és mtsai (2007) tojótúkokkal végzett vizsgálataiból az is kiderül, hogy a tojásban megjelenő maximális KLS-szint eléréséhez szükséges időt, a KLS mellett etetett egyéb zsírsavak is befolyásolhatják. Kísérleteik során a következő 5 kezelést vizsgálták: 1. csoport (kontroll): 0% KLS, 2. csoport: 2% KLS, 3. csoport: 2% KLS + 2% olajsav, 4. csoport: 2% KLS + 2% linolsav, 5. csoport: 2% KLS + 2% α -linolénsav. A KLS-kiegészítés 2 hétig növelte a tojás KLS-tartalmát, majd utána a KLS-tartalom már nem változott tovább. Amikor a KLS-kiegészítést α -linolénsav kiegészítéssel kombinálták, a KLS szint hosszabb idő alatt, 4 hét után érte el az előzőnél nagyobb maximális szintet.

A tojótápok KLS-kiegészítése ugyan pozitívan befolyásolja a tojások KLS-tartalmát, azonban a tojások egyéb zsírsavait vizsgálva több, a humán táplálkozás szempontjából kedvezőtlen változás is bekövetkezik.

A KLS-kiegészítés hatására a kutatók az SFA-csoportba tartozó zsírsavak, elsősorban a palmitinsav (C16:0) és a sztearinsav (C18:0) szignifikáns növekedését figyelték meg, ugyanakkor a MUFA-csoport, és azon belül az olajsav (C18:1) mennyisége rendszerint csökkent (Bölükbasi és Erhan 2005a, b; Czauderna, 2005; Husvéth és mtsai, 2005; Shang és mtsai, 2005; Szymczyk és mtsai, 2005; Suksombat és mtsai, 2006; Bölükbasi és Erhan 2007b; Cherian és mtsai, 2007; Kim és mtsai, 2007). Husvéth és mtsai (2005) szerint – a brojlersirkéknél leírtakhoz hasonlóan – a KLS hatással lehet a máj $\Delta 9$ deszaturáz enzimére, arra az enzimre, amely felelős a C16:0 és C18:0 telített zsírsavak egyszerezsen telítetlen zsírsavakká alakításában. Ez lehet az oka annak, hogy a KLS-kiegészítés hatására a növekvő SFA szinttel párhuzamosan a MUFA részaránya csökken. Aydin (2005) tojótújúkkal végzett kísérletében 6 csoportot alakított ki, amelyekben a KLS-kiegészítést egyre növekvő mennyiségű repceolaj-kiegészítéssel kombinálta ((A) 0,5% repceolaj, (B) 0,5% KLS, (C) 0,5% KLS + 1,25% repceolaj, (D) 0,5% KLS + 2,5% repceolaj, (E) 0,5% KLS + 5% repceolaj, (F) 0,5% KLS + 10% repceolaj). Csak KLS-kiegészítés esetében a palmitinsav és a sztearinsav mennyisége növekedett, míg az olajsav részaránya csökkent. A KLS mellett 5 illetve 10%-ban etetett repceolaj-kiegészítés megelőzte ugyan a palmitinsav és a sztearinsav növekedését, illetve az olajsav csökkenését, ugyanakkor csökkent a tojások KLS-tartalma is.

A KLS-kiegészítésnek a tojások PUFA-tartalmára gyakorolt hatásáról eltérő eredményeket találunk az irodalomban. Bölükbasi és mtsai (2005a) 64 db 75 hetes Lohmann White tojótújúkot osztottak 4 csoportba. Az egyes csoportok 0; 0,5; 1,0; illetve 2,0% KLS-kiegészítésben részesültek. Amikor

az állatok KLS-kiegészítésben részesültek, a tojások PUFA-tartalmának szignifikáns növekedését tapasztalták. Hasonlóképpen Shang és mtsai (2005) is a PUFA-tartalom szignifikáns növekedéséről számoltak be, amikor a tojótyúkoknak KLS-kiegészítést adtak. Kísérleteikben 0; 2,5; és 5% KLS-t tartalmazó takarmányokat etettek Brown Dwarf tojótyúkokkal. Eredményeik szerint a tojások zsírjának PUFA-tartalma a fenti sorrendnek megfelelően 30,53%-ról 36,20 illetve 35,43%-ra növekedett. Ez a növekmény azonban egyedül a KLS izomerek szignifikáns növekedésének volt köszönhető, ugyanis a többi többszörösen telítetlen zsírsav szignifikáns mértékben csökkent.

A legtöbb kutató (Czauderna, 2005; Hwangbo és mtsai, 2005; Szymczyk és mtsai, 2005; Suksombat és mtsai, 2006; Hur és mtsai, 2007) ugyanakkor a tojótyúkok esetében is a PUFA tartalom csökkenéséről számolt be.

A tojótápok KLS-sel történő kiegészítésekor – a tojások zsírsav-összetételének vizsgálata mellett – a kutatók figyelemmel kísérték a KLS-nek a tojástermelésre, illetve a tojások tömegére, valamint a tojássárgája színére gyakorolt hatásait is.

Hwangbo és mtsai (2005) nem találtak különbséget az eltérő szintű KLS-kiegészítésben (0, 1, 2, 3%) részesült tojótyúkok tojástermelésében a kísérlet 6 hete alatt. Ugyanakkor Kim és mtsai (2007) a tojástermelés szignifikáns csökkenését figyelték meg egyedüli KLS-kiegészítés (2%), illetve KLS-kiegészítésnek α -linolénsavval történő kombinálásakor (2% KLS + 2% α -linolénsav). Ugyanakkor a KLS-nek olajsavval vagy linolsavval történő együttes adagolása nem volt statisztikailag igazolható hatással a tojástermelésre. Hasonlóképpen Bölükbasi és Erhan (2005b) is a

tojástermelés csökkenését tapasztalták, amikor a tojótápok napraforgó- (1,4%) illetve szójaolaj (1,4%) mellett KLS-t (1,4% KLS-készítmény, ami 0,84% KLS kiegészítésnek felel meg) is tartalmaztak. Ugyanezek a szerzők 2007-ben végzett kísérleteik során a KLS mellett kukorica- illetve olivaolajat is használtak takarmánykiegészítőként. Kísérleteik során ebben az esetben is a tojástermelés csökkenését figyelték meg azokban a csoportokban, amelyek KLS-t is fogyasztottak. Suksombat és mtsai (2006) a kontrolltáp mellett 4 különböző KLS-tartalmú (1, 2, 3, 4%) tojótápot etettek. Kísérletük során a KLS-kiegészítések hatására – a 3% KLS-kiegészítés kivételével – a tojástermelés szignifikáns csökkenését figyelték meg. Ugyanakkor a tojástermelés csökkenése mellett a 4% KLS-kiegészítés esetében már a tojások tömege is szignifikánsan csökkent. A legnagyobb mértékű KLS-kiegészítés hatására csökkent a tojásfehérje és -sárgája tömege is. Husvéth és mtsai (2005) is a tojássárgája tömegének csökkenését állapították meg, amikor a tojótyúkok naponta 1,1 g KLS/tyúk kiegészítést kaptak. Eredményeiket Raes és mtsai (2002) eredményei is alátámasztják, akik KLS-sel kiegészített alacsony zsírtartalmú takarmányt etettek, amelynek hatására szintén alacsonyabbnak találták a tojássárgája tömegét. Chamruspollert és Sell (1999) ugyancsak azt találták, hogy csökkent a tojás és a tojássárgája tömege, amikor a tyúkok takarmányát 5% KLS-sel egészítették ki. Hasonlóképpen Szymczyk és Pisulewski (2003) is kisebb tojástömeget mértek, ha a tyúkok KLS-sel (5, 10, 15, és 20 g KLS/kg takarmány) kiegészített takarmányt fogyasztottak. Kim és mtsai (2007) kísérleteiben a KLS önálló, illetve α -linolénsavval történő kombinált etetésekor csökkent a tojások tömege, míg a KLS linolsavval vagy

olajsavval történő együttes etetése nem befolyásolta lényegesen a tojások tömegét.

Suksombat és mtsai (2006) kísérleteiben a növekvő mértékű KLS-kiegészítés (1, 2, 3, 4%) negatívan hatott a tojássárgája színére is. Ugyanakkor Kim és mtsai (2007) nem találtak szignifikáns különbséget a kontroll, illetve a KLS-kiegészítésben is részesült tyúkoktól származó tojások sárgájának színe között.

3. SAJÁT VIZSGÁLATOK

3.1. A kísérletek célkitűzése

A NYME Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának Takarmányozástani Tanszékén az elmúlt években kiterjedt kísérletek folytak egyes állati eredetű élelmiszerek zsírsav-összetételének takarmányozás útján történő módosítása, a humán igényekhez történő közelítése céljából.

Témaválasztásomat ezért részben az indokolta, hogy a tanszéken ebben a témakörben sok tapasztalat áll rendelkezésre, és megfelelőek a munkához az állatkísérleti és laboratóriumi feltételek is. Másrészt a brojlerhús és a tojás KLS-tartalmának növelése vonatkozásában a nemzetközi irodalomban is viszonylag kevés eredmény áll rendelkezésre, a hazai irodalomban pedig szinte egyáltalán nem található adatok azzal kapcsolatban, hogy takarmányozással milyen mértékben növelhető az említett állati termékek KLS tartalma.

A KLS tartalom növelése mellett vizsgáltuk azt is, hogy a KLS-nek a húsminták oxidációs stabilitására gyakorolt kedvező hatása fokozható-e a takarmányhoz adott E-vitamin-kiegészítéssel.

A brojlercsirkékkel végzett kísérletek során a következőket kívántuk megállapítani:

- Milyen befolyást gyakorol a vizsgált – 53,5% konjugált linolsavat tartalmazó – készítménnyel végzett kiegészítés a brojlerek testtömeg-gyarapodására, takarmány-, energia-, és fehérjehasznosítására?

- Befolyásolja-e a konjugált linolsav-kiegészítés a táplálóanyagok emészthetőségét, valamint a brojlerek N-forghalmát?
- A konjugált linolsavakat tartalmazó készítménnyel végzett kiegészítés milyen hatást gyakorol a brojlerek zsírjának zsírsav-összetételére, mindenekelőtt konjugált linolsav-tartalmára?
- Milyen összefüggés áll fenn a kiegészítés mennyisége, valamint a brojlerek zsírjának konjugált linolsavtartalma között?
- Eltér-e egymástól a brojlertest különböző részéről (mell, comb) származó zsír zsírsav-összetétele?
- A c9,t11-C18:2 változaton kívül milyen egyéb változatok jelennek meg a brojlerek zsírjában?
- Hogyan alakul – csökkenthető-e – a brojlertest zsírtartalma a vizsgált, többféle konjugált linolsav izomert tartalmazó készítmény etetésekor?
- Milyen hatással van a konjugált linolsavtartalmú készítmény etetése a brojlerek zsírjának oxidációs stabilitására?
- Befolyásolja-e a konjugált linolsav-kiegészítés a brojlerrhúsból készített ételek organoleptikus tulajdonságait, érzékszervi értékét?
- A különböző konyhatechnikai műveletek (zsiradék hozzáadása nélkül, illetve napraforgóolaj vagy sertészsír

hozzáadásával történő sütés) milyen hatást gyakorolnak az ételek zsírsav-összetételére?

A tojótűkkel végzett kísérletek során a következő kérdésekre kerestük a választ:

- Milyen hatással van a konjugált linolsav-kiegészítés a tojástermelésre?
- Befolyásolja-e a konjugált linolsavtartalmú készítmény etetése a tojások súlyát, illetve a tojásárgája színét?
- A tojótápok konjugált linolsavakat tartalmazó készítménnyel történő kiegészítése milyen hatást gyakorol a tojások zsírsav-összetételére, mindenekelőtt konjugált linolsav-tartalmára?
- A c9,t11-C18:2 változaton kívül milyen egyéb változatok jelennek meg a tojásban?
- Milyen hatással van a konjugált linolsav-kiegészítés a tojásból készített ételek organoleptikus tulajdonságaira, érzékszervi értékére?

3.2. Anyag és módszer

3.2.1. Brojlercsirkékkel végzett kísérletek

PhD munkám során három hizlalási-, továbbá egy emésztési és N-forgalmi kísérletet végeztünk brojlercsirkékkel a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kara Állattudományi Intézetének állatkísérleti telepén. Valamennyi kísérlet ismétléssel került elvégzésre. A kísérletek során használt olajkiegészítők zsírsav-összetétele az 1. táblázatban látható.

1. táblázat: A kísérletek során felhasznált olajok zsírsav-összetétele

Zsírsavak	(adatok az összes zsírsav százalékában)		
	Olajok		
	Napraforgóolaj	Lenolaj	KLS készítmény
C14:0	0,07	0,05	0,07
C15:0	0,01	0,02	0,01
C16:0	6,20	5,16	6,67
C17:0	-	0,06	-
C18:0	3,89	4,55	3,71
C20:0	0,26	-	-
C22:0	0,76	0,18	0,75
SFA	11,19	10,02	11,21
C16:1	0,07	0,08	0,09
C18:1 n-9	26,94	20,75	27,39
c-C18:1 n-7	-	0,75	-
C20:1	0,06	-	-
C22:1	-	0,10	-
MUFA	27,07	21,68	27,48
C18:2 n-6	61,32	16,98	7,41
c9t11-C18:2 n-6	-	-	26,34
t10c12-C18:2 n-6	-	-	25,69
c9c11-C18:2 n-6	-	-	0,75
t9t11-C18:2 n-6	-	-	0,72
C18:3 n-3	0,02	50,99	-
C20:2	-	0,02	-
C20:3	-	0,03	-
C22:2	0,03	0,02	0,03
PUFA	61,37	68,04	60,94
Egyéb zsírsavak	0,37	0,26	0,37

2. táblázat: A brojlerekkel végzett kísérletek során etetett takarmányok összetétele és táplálóanyag tartalma

Összetevők	Indítótáp	Nevelőtáp	Befejezőtáp
	g/kg takarmány		
Kukorica	450	541	620
Búza	67,2	50	0
Extr. szója	400	330	304
Olajkiegészítés	40	40	40
Takarmánymész	16	14	13
MCP	17	15	15
Takarmánysó	2,8	2,8	2,8
L-lizin-HCL	1	1,5	0
DL-metionin	1	1	0
Premix ¹	5	5	5
Táplálóanyag-tartalom (g/kg takarmány)			
Száranyag	895	893	893
Nyersfehérje	230	203	192
Nyerszsír	62,1	63,2	64,3
Nyersrost	35,8	33,3	32,5
AMEn, MJ/kg	12,9	13,3	13,5
Metionin	5,88	5,53	4,12
Metionin + cisztin	9,69	8,98	7,40
Treonin	8,94	7,87	7,45
Triptofán	2,77	2,38	2,20
Ca	10,30	9,08	9,06
P (értékesíthető)	4,78	4,29	4,24

¹ Premix összetétele: Indító- és nevelő premix: szárazanyag 93,37%, metionin 25,74%, Ca 10,30%, Fe 12075 mg/kg, Mn 20000 mg/kg, Cu/CuSO₄ 2500 mg/kg, Zn 16687 mg/kg, Se 83,75 mg/kg, Co 55 mg/kg, I 250 mg/kg, A-vitamin (E672) 2402500 NE/kg, D₃-vitamin (E671) 775000 NE/kg, E-vitamin (α-tokoferol) 9300 mg/kg, K₃-vitamin 651 mg/kg, B₁ vitamin 645 mg/kg, B₂-vitamin 1488 mg/kg, B₆-vitamin 775 mg/kg, B₁₂-vitamin 3,26 mg/kg, Pantoténsav 2790 mg/kg, Folsav 311,55 mg/kg, Niacin 9300 mg/kg, Kolinklorid 100200 mg/kg. Befejező premix: szárazanyag 94%, metionin 19,8%, Ca 19,11%, Fe 12008 mg/kg, Mn 20015 mg/kg, Cu/CuSO₄ 2500 mg/kg, Zn 16687 mg/kg, Se 83,75 mg/kg, I 250 mg/kg, A-vitamin (E672) 2402600 NE/kg, D₃-vitamin (E671) 16,15 mg/kg, E-vitamin (α-tokoferol) 7752 mg/kg, K₃-vitamin 542 mg/kg, B₁-vitamin 387 mg/kg, B₂-vitamin 1240 mg/kg, B₆-vitamin 646 mg/kg, B₁₂-vitamin 2,71 mg/kg, Pantoténsav 2325 mg/kg, Folsav 259 mg/kg, Niacin 7752 mg/kg, Kolinklorid 60060 mg/kg.

A brojlerhízlalási kísérleteket minden esetben kezelésként 50 db Ross 308 genotípusú brojler kakással végeztük. A csibék 21 napos korig indító, 22-35 napos kor között nevelő, majd a kísérlet végéig, azaz 42 napos korig befejezőtápot fogyasztottak. Az etetett takarmányok összetételét és táplálóanyag-tartalmát a 2. táblázat, míg az olajkiegészítés nélküli alaptakarmányok zsírsavprofilját a 3. táblázat mutatja be. A kezelések tápjai azonos energia- és fehérjetartalmúak voltak, így az egyes kezelések takarmányai csak az etetett olajforrásokban, valamint az adagolt E-vitamin mennyiségében különböztek egymástól.

A brojlercsirkék testsúlyát 21 és 42 napos korban egyedileg mértük, valamint megállapítottuk a takarmányfelvételt is. A laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséhez a kísérletek végén kezelésként 8-8 állatot vágunk le.

A levágott állatok comb- és mellhúsát a rajta lévő bőrrel együtt ledaráltuk. A darált húst alaposan homogenizáltuk, majd ezt követően vettünk mintát a zsírsav- és kémiai összetétel, valamint az oxidációs stabilitás (TBARS érték) megállapítását szolgáló vizsgálatokhoz. A húsok oxidációs stabilitását a vágás napján a friss mintából, illetve 1 és 2 hónapos, -16 °C-os mélyhűtőben végzett tárolást követően végeztük el.

Valamennyi brojlerhízlalási kísérlet során az előzőekben leírtak szerint jártunk el.

3. táblázat: A brojlerek olajkiegészítés nélküli alaptakarmányának zsírsav-összetétele

(adatok az összes zsírsav százalékában)

Zsírsavak	Tápok megnevezése		
	Indító	Nevelő	Befejező
C12:0	0,01	0,01	0,01
C14:0	0,06	0,09	0,13
C15:0	0,02	0,02	0,02
C16:0	13,12	13,38	13,4
C17:0	0,08	0,08	0,09
C18:0	2,50	2,56	2,64
C20:0	0,40	0,40	0,40
C22:0	0,26	0,25	0,24
SFA	16,45	16,79	16,93
C16:1	0,11	0,15	0,19
C18:1 n-9	25,71	26,26	26,72
C18:1 n-7	0,92	1,01	0,98
C20:1	0,98	0,90	0,88
C22:1	0,01	0,01	0,01
MUFA	27,73	28,33	28,78
C18:2 n-6	53,34	52,63	52,17
C18:3 n-3	1,99	1,88	1,69
C20:2	0,03	0,03	0,03
C22:2	0,05	0,05	0,05
PUFA	55,41	54,59	53,94
Egyéb zsírsavak	0,41	0,29	0,35

3.2.1.1. Brojlerekkel végzett 1. kísérlet

Az 1. hízlalási kísérletben egy kontroll és három kísérleti csoport került kialakításra. Ezek takarmánya a következő olajkiegészítéseket tartalmazta:

- kontrollcsoport: 4% napraforgóolaj
- 1. kísérleti csoport: 1% KLS-készítmény (0,535% KLS) + 3% napraforgóolaj
- 2. kísérleti csoport: 2% KLS-készítmény (1,07% KLS) + 2% napraforgóolaj
- 3. kísérleti csoport: 4% KLS-készítmény (2,14% KLS)

A kísérlet célja elsősorban az volt, hogy megállapítsuk a különböző dózisú KLS-kiegészítéseknek a brojlerek fontosabb termelési mutatóira, valamint a brojlerhúsok zsírsav-összetételére és oxidációs stabilitására gyakorolt hatását.

3.2.1.1.1. Brojlerekkel végzett emésztési- és N-forgalmi kísérlet

Az 1. hízlalási kísérlet 4. hetében minden kezelésből 8 állatot párosával anyagcsereketrecekben helyeztünk el azzal a céllal, hogy a KLS-kiegészítésnek a táplálóanyagok emészthetőségére, valamint a brojlerek N-forgalmára gyakorolt hatását vizsgáljuk. Az anyagcsereketrec lehetővé tette, hogy az állatok takarmányfogyasztását, valamint az ürülék mennyiségét megállapítsuk. Az ürüleből a kísérleti szakasz végén mintát vettünk a táplálóanyagok emészthetőségének meghatározásához. A csirkék az

anyagcsereketrechen ugyanazt a takarmányt (nevelőtápot) fogyasztották, mint a fülkékben levő társaik. Az állatokat 5 napon át szoktattuk az anyagcsereketrechez, majd egy 5 napos kísérleti szakasz következett, amelyben mértük az állatok takarmányfogyasztását, továbbá az ürülék mennyiségét.

3.2.1.2. Brojlerekkel végzett 2. kísérlet

A 2. kísérlet során az irodalmi adatokra, valamint a korábbi kísérleteinkből származó eredményekre támaszkodva azt vizsgáltuk, hogy a KLS-nek a hús oxidációs stabilitására gyakorolt kedvező hatása tovább javítható-e E-vitamin (esetünkben DL- α -tokoferol-acetát) adagolásával. A hízlalási kísérlet során a következő kezeléseket vizsgáltuk:

- kontrollcsoport: 4% napraforgóolaj
- 1. kísérleti csoport: 1% KLS-készítmény (0,535% KLS) + 3% napraforgóolaj
- 2. kísérleti csoport: 1% KLS-készítmény (0,535% KLS) + 3% napraforgóolaj + 100 mg DL- α -tokoferol-acetát/kg takarmány
- 3. kísérleti csoport: 1% KLS-készítmény (0,535% KLS) + 3% napraforgóolaj + 200 mg DL- α -tokoferol-acetát/kg takarmány

A kísérletet a 3.2.1. fejezetben leírtak szerint végeztük el. A takarmányok E-vitamin tartalmát (4. táblázat) az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet vizsgálta.

4. táblázat: A kísérlet során etetett takarmányok E-vitamin-tartalma

Tápok megnevezése	Kontroll-	1. Kísérleti	2. Kísérleti	3. Kísérleti
	csoport	csoport	csoport	csoport
mg E-vitamin/takarmány kg				
Indító	46,27	46,00	89,00	141,20
Nevelő	62,84	46,92	106,20	179,70
Befejező	43,60	35,50	100,80	170,90

3.2.1.3. Brojlerekkel végzett 3. kísérlet

Egyes irodalmi adatok, valamint az 1. és 2. kísérletünkből származó vizsgálati eredmények szerint a takarmányhoz adagolt KLS-kiegészítés – a zsír KLS-tartalmára gyakorolt kedvező hatása mellett – megnöveli a brojlercsirkék zsírjában a telített (SFA), és egyúttal csökkenti az egyszerűs- (MUFA) és a többszörösen telítetlen (PUFA) zsírsavak összes mennyiségét. A brojlercsirkékkel végzett 3. kísérletben ezért azt vizsgáltuk, hogy a KLS-nek ez a kedvezőtlen hatása legalább részben kompenzálható-e azáltal, hogy a KLS-kiegészítést lenolaj kiegészítéssel kombináljuk. Választásunk azért esett a lenolajra, mert az irodalmi adatok szerint a lenolaj kedvezően befolyásolja a brojlercsirkék zsírsav-összetételét, nevezetesen növeli a vágott áruban a telítetlen zsírsavak, mindenekelőtt az n-3 zsírsavak arányát (Schmidt és mtsai, 2008). Emellett a takarmányozási célra hozzáférhető növényi-olajok közül a lenolajnak a legnagyobb az α -linolénsav (C18:3) tartalma (55-57%), aminek köszönhetően az egyik legalkalmasabb olaj arra, hogy jelentős mértékben szűkíteni tudjuk a brojlercsirkék zsírjában az n-6/n-3 zsírsavak arányát (Chanmugam és mtsai,

1992, López-Ferrer és mtsai, 2001, Haemmal és mtsai, 2001, Pálfy és mtsai, 2007).

A kísérlet során a következő 4 kezelést vizsgáltuk:

- kontrollcsoport: 2% napraforgóolaj + 2% lenolaj
- 1. kísérleti csoport: 2% napraforgóolaj + 2% lenolaj + 200 DL- α -tokoferol-acetát/kg takarmány
- 2. kísérleti csoport: 1% KLS-készítmény + 1% napraforgóolaj + 2% lenolaj
- 3. kísérleti csoport: 1% KLS-készítmény + 1% napraforgóolaj + 2% lenolaj + 200 mg DL- α -tokoferol-acetát/kg takarmány

3.2.2. Tojóttyúkokkal végzett kísérletek

A tojóttyúkokkal végzett etetési kísérletünket egy kistermelő telephelyén (Halászi) végeztük. A kísérlet kezelésenként 40 db, ketreces tartásban elhelyezett Shaver-576 tojóhibriddel folyt. A kísérlet során etetett takarmányok összetételét és számított táplálóanyag tartalmát az 5. táblázatban foglaltuk össze, míg az olajkiegészítés nélküli alaptakarmány zsírsav-összetétele a 6. táblázatban látható. Az etetett takarmányok olajkiegészítése a következőképpen alakult:

- kontrollcsoport: 3% napraforgóolaj
- 1. kísérleti csoport: 1% KLS-készítmény + 2% napraforgóolaj
- 2. kísérleti csoport: 1% KLS-készítmény + 1% napraforgóolaj + 1% lenolaj

5. táblázat: A tojótyúkokkal végzett kísérlet során etetett takarmányok összetétele és táplálóanyag tartalma

Összetevők	Kontrollcsoport	Kísérleti 1	Kísérleti 2
	g/kg takarmány		
Kukorica	405	405	405
Búza	100	100	100
Extr. szója	170	170	170
Extr. napraforgó	120	120	120
Búzakorpa	70	70	70
Takarmánymész	90,5	90,5	90,5
KLS készítmény	0	10	10
Napraforgóolaj	30	20	10
Lenolaj	0	0	10
MCP	8	8	8
Premix ¹	5	5	5
Takarmánysó	1,5	1,5	1,5
Táplálóanyag tartalom (g/kg takarmány)			
Száranyag	896,9	896,9	896,9
Nyersfehérje	177,2	177,2	177,2
Nyerszsír	53,9	53,9	53,9
Nyersrost	46,8	46,8	46,8
AMEn, MJ/kg	10,58	10,58	10,58
Metionin	3,1	3,1	3,1
Metionin + cisztin	6,4	6,4	6,4
Treonin	6,5	6,5	6,5
Triptofán	2,0	2,0	2,0
Ca	37,4	37,4	37,4
P (értékesíthető)	3,3	3,3	3,3

¹ Árutőjő egységes premix összetétele: szárazanyag 88,00%, nyershamu 36,20%, A-vitamin (E672) 2000000 NE/kg, E-vitamin (alfa-tokoferol, E307) 3800 mg/kg, K-vitamin 520 mg/kg, Mn 20000 mg/kg, Zn 16000 mg/kg, vas 3990 mg/kg, Cu (rézszulfát-pentahidrát, E4) 2000 mg/kg; Se 60 mg/kg, fitáz (EC 3.1.3.26.) 80000 mg/kg

6. táblázat: A tojótyúk olajkiegészítés nélküli alaptakarmányának zsírsav-összetétele

(adatok az összes zsírsav %-ában)

Zsírsavak	Tojótáp
C12:0	0,01
C14:0	0,12
C15:0	0,04
C16:0	13,76
C17:0	0,10
C18:0	2,62
C20:0	0,41
C22:0	0,36
SFA	17,42
C16:1	0,22
C17:1	0,04
C18:1 n-9	24,98
C18:1 n-7	1,05
C20:1	0,95
C22:1	0,02
MUFA	27,26
C18:2 n-6	52,79
C18:3 n-3	1,73
C20:2	0,04
C22:2	0,06
PUFA	54,62
Egyéb zsírsavak	0,70

A kísérlet során a következőket vizsgáltuk:

- a napi tojástermelést,
- minden nap kezelésként 10 db véletlenszerűen kiválasztott tojás súlya alapján meghatároztuk a tojások átlagsúlyát (g/tojás),
- hetente egy alkalommal (mindig azonos napon) kezelésként 10 tojást felütöttünk, majd értékeltük a tojássárgája színét, az ún. DSM-színskálán (0-15-ig),
- ezzel egyidőben vizsgáltuk a tojások sárgájának és fehérjének a súlyát, majd meghatároztuk a tojássárgája zsírsav-összetételét.

3.2.3. Organoleptikus vizsgálatok

A brojlersirkékkel és a tojótyúkokkal végzett kísérletekben kóstolópróbát is végeztünk annak megállapítására, hogy az egyes módosított zsírsav-összetételű állati termékek (combhús, illetve tojás) organoleptikus tulajdonságai hogyan alakulnak a különböző kezelések hatására.

A 10 tagú bírálóbizottság a húsok esetében a következő 5 tulajdonságot vizsgálta: állag, illat, szín, íz és összbenyomás. A bírálók 1-5-ig terjedő pontszámmal értékelték az egyes tulajdonságokat. A vizsgált tulajdonságokra adott pontokat átlagoltuk, és ez alapján állapítottuk meg az ételek megítélését.

A brojleres esetében fűszerezés nélküli natúr (zsiradék hozzáadása nélkül sült hús), illetve napraforgóolaj vagy sertészsír hozzáadásával készült sült csirkecombok kerültek érzékszervi bírálatra.

A vizsgálat során összehasonlított húsok a már elvégzett hízlalási kísérletek következő kezeléseiből származtak:

- kontrollcsoport: 4% napraforgóolaj
- 1. kísérleti csoport: 3% napraforgóolaj + 1% KLS készítmény
- 2. kísérleti csoport: 1% napraforgóolaj + 1% KLS készítmény + 2% lenolaj

A rántotta, illetve főtt tojások organoleptikus tulajdonságait a 3.2.2. fejezetben leírt kezelések esetében vizsgáltuk. A bírálóbizottság a tojásételek 4 tulajdonságát értékelte: illat, szín, íz és összbenyomás. A bírálat és az eredmények értékelése a húsok organoleptikus vizsgálata során leírtakkal egyezően történt.

3.2.4. A konyhatechnikai műveletek zsírsav-összetételre gyakorolt hatásának a vizsgálata

Az organoleptikai vizsgálatokra kerülő minták esetében azt is vizsgáltuk, hogy a brojlerhúsok (comb) zsírsav-összetétele hogyan változik olyan konyhatechnikai műveletek hatására, mint a natúr, illetve a különböző zsiradékok (napraforgóolaj, sertészsír) hozzáadásával történő sütés. A sütéshez felhasznált napraforgóolaj és sertészsír zsírsav-összetételét a 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat: A sütés során felhasznált zsiradékok zsírsav-összetétele

(adatok az összes zsírsav %-ában)

Zsírsavak	Sertészsír	Napraforgóolaj
C8:0	0,01	-
C10:0	0,07	-
C12:0	0,01	-
C14:0	1,42	0,09
C15:0	0,05	-
C16:0	24,65	6,66
C17:0	0,31	-
C18:0	13,32	3,79
C20:0	0,26	0,26
C22:0	0,01	0,79
SFA	40,11	11,59
C14:1	0,02	0,02
C16:1	2,49	0,11
C17:1	0,24	-
C18:1 n-9	41,22	27,98
C18:1 n-7	2,48	0,93
C20:1	0,57	-
C22:1	0,13	-
MUFA	47,15	29,04
C18:2 n-6	9,92	58,66
c9t11-C18:2 n-6	0,07	-
t10c12-C18:2 n-6	-	-
C18:3 n-3	1,19	0,24
C18:3 n-6	0,02	-
C20:2	0,52	-
C20:3	0,08	-
C20:4 n-6	0,17	-
C22:2	-	0,03
C22:4	0,11	-
C22:5 n-3	0,09	-
C22:6 n-3	0,02	-
PUFA	12,19	58,93
Egyéb zsírsavak	0,55	0,44

A sütési próba alkalmával mind a három kezelésből 3-3 combhúst sütöttünk meg natúr módon (zsiradék hozzáadása nélkül), illetve napraforgóolaj vagy sertészsír hozzáadásával. A húsokat a rajtuk lévő bőrrel együtt egyesével alumíniumtálcákba helyeztük, majd 50-50 g zsiradék hozzáadásával vagy anélkül 180 °C-os sütőben 90 percig sütöttük. Az így elkészített húsok zsírtartalmát, illetve zsírsav-összetételét a nyers húsokkal azonos módon határoztuk meg.

3.2.5. A kísérletekben etetett KLS-készítmény előállításának módszere

Az izomerizálás céljából a linolsavat, illetve a linolsavtartalmú zsiradékot oldószer és alkáli jelenlétében hevíteni kell. Kísérletünkben fűthető, keverővel ellátott, zárt üstben 5,0 kg (~60% linolsavtartalmú, élelmiszer minőségű) napraforgóolajat 20,0 kg, 12,0 t/t % KOH-t tartalmazó propilénlikol oldattal 150-160 °C-on 3,5 órán át tartó keveréssel izomerizáltunk. A művelet közben az üstben lévő anyag fölé védőgázként N₂-t vezettünk.

A hűntartás után az anyagot szobahőmérsékletűre hűtöttük, majd 15%-os HCl oldattal semlegesítettük. A semlegesített anyagból kivált zsírsavat elkülönítettük, ezt követően desztillált vízzel sósavmentesre mostuk. Vízmentesítés céljából a zsírsavat porított Na₂SO₄-tal kevertük, majd szűrőpapíron át szűrtük.

3.2.6. A kémiai vizsgálatok módszerei

A kísérletben etetett takarmányok kémiai összetételét (szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost-, nyershamu-, valamint Ca- és P-tartalmát), illetve az ürülminták, valamint a nyers- és sült húsok

szárazanyag-, fehérje-, zsír-, és hamutartalmát a következő módszerekkel vizsgáltuk:

Szárazanyag: MSZ ISO 6496:2001

Nyersfehérje: MSZ 6830 - 4:1981

Nyerszsír: 44/2003. (IV. 26.) FVM rendelet

Nyersrost: MSZ EN ISO 6865:2001

Nyershamu: MSZ ISO 5984:1992

Ca: MSZ ISO 6490-2:1992

P: Magyar Takarmánykódex (1990)

Az etetett olajkiegészítők, a sütéshez felhasznált zsiradékok, valamint a vágott áru és a sült húсок zsírsav-összetételét HP Agilent Technologies 6890N típusú gázkromatográfval határoztuk meg (Agilent Technologies, Inc. Headquarters, Santa KLSra, USA). A kolonna típusa Supelco SPTM 2560 (100m × 0,25mm × 0,2µm) volt. Vivőgázként H₂ szolgált. Nyomás: 176,8 kPa. Detector: FID. Áramlás: 35ml/perc hidrogén, 30ml/perc nitrogén, 300 ml/perc levegő. Splitarány: 10:1. Hőmérséklet: injektor: 240 °C, termosztát: 170-215 °C (2 percig 170 °C, majd 1 °C/perc sebességgel nő 200 °C-ig, azután 5 °C/perc sebességgel nő tovább 215 °C-ig és ezt a hőmérsékletet tartja 20 percig), detektor: 205 °C. Mintamennyiség: 1µl. A zsír elszappanosítását metanolban oldott 1N NaOH-dal végeztük. Az észterezés 10%-os metanolban oldott bór-trifluoriddal, a minta felvitele pedig hexánnal történt.

A húsminták oxidációs stabilitását (TBARS érték) Ramanathan és Das (1992) módszerével vizsgáltuk. A meghatározás elve a következő: a hús triklór-ecetsavas extraktumában lévő malondialdehid 95-97 °C-on a tiobarbitursavval piros színreakciót ad, mely spektrofotométerrel 532-nm-en

mérhető. Standardként 1,1,3,3-tetraetoxi-propánból savas hidrolízissel képződő malondialdehidet használtunk.

A takarmányok E-vitamin tartalmának vizsgálata az MSZ EN ISO 6867 vizsgálati módszer szerint történt.

3.2.7. A kísérleti eredmények statisztikai értékelése

A kísérleti eredmények statisztikai értékelését az SPSS 12.0. for Windows program (SPSS Inc., Chicago, USA) segítségével végeztük el. Az adatok eloszlás vizsgálatát (Kolmogorov-Smirnov teszt) követően a normál eloszlást mutató paraméterek esetében egytényezős variancia analízist (Levene teszt, one-way ANOVA, Bonferoni teszt, Games-Howell teszt), míg ellenkező esetben nem-parametrikus próbákat (Kruskal-Wallis teszt, Mann-Whitney teszt) alkalmaztunk. A választott szignifikancia szint minden esetben $P \leq 0,05$.

A többtényezős varianciaanalízist a SAS 9.2 program (SAS Institute Inc. Cary, NC. USA) proc MIXED eljárásával végeztük.

3.3. Kísérleti eredmények és azok értékelése

3.3.1. A KLS-kiegészítés hatása a brojlerek hizlalási teljesítményére, a táplálóanyagok emészthetőségére és a brojlerek N-forgalmára

A brojlerekkel végzett 1. hizlalási kísérlet fontosabb eredményeit az 8. táblázatban foglaltuk össze.

8. táblázat: A hizlalási eredmények alakulása a kísérlet során

Megnevezés	Kontroll	1% KLS ¹ - készítmény	2% KLS ¹ - készítmény	4% KLS ¹ - készítmény
<i>n</i>	50	50	50	50
Takarmányfelvétel, kg/állat				
1-42. napig	5,48	5,56	5,56	4,99
Energiafelvétel, MJ/állat				
1-42. napig	74,7	74,5	75,4	68,3
Fehérjefelvétel, g/állat				
1-42. napig	1153	1148	1164	1065
Egyedi testsúly, g				
21. nap	760 ± 161 ^{ab}	835 ± 159 ^c	802 ± 159 ^{bc}	711 ± 126 ^a
42. nap	2550 ± 331 ^b	2739 ± 359 ^c	2713 ± 327 ^c	2371 ± 281 ^a
Takarmányértékesítés, kg/kg				
21. nap	1,97	1,74	1,93	1,88
42. nap	2,20	2,04	2,09	2,17
Energiahasznosítás, (AMEn) MJ/kg				
21. nap	25,7	22,7	25,2	24,5
42. nap	29,3	27,2	27,8	28,8
Fehérjehasznosítás, g/kg				
21. nap	437	384	426	420
42. nap	452	419	429	449

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

¹ KLS: 53,5% konjugált linolsavtartalmú készítmény

Az adatok alapján megállapítható, hogy a legjobb súlygyarapodást mind az indítótáp etetés időszakában, mind a kísérlet végén az a csoport érte el, amelynek takarmánya 1% KLS-készítményt (0,535% KLS-t) tartalmazott. Átlagos testsúlya mind a 21., mind pedig a 42. napon szignifikánsan meghaladta a kontroll, valamint a 4% KLS-készítményt (2,14% KLS-t) fogyasztó csoport testsúlyát. Valamennyi csoport közül a kísérlet egész időszakában ez utóbbi csoport testsúlya volt a legkisebb. Ez azzal áll összefüggésben, hogy ennek a csoportnak volt a legkisebb a takarmányfogyasztása. Az 1 és 2% KLS-készítményt fogyasztó csoportokhoz képest ez a csoport 10,3%-kal kevesebb takarmányt vett fel. Ez feltehetően valamelyik, a készítményben csak kis mennyiségben jelenlevő KLS változattal lehet összefüggésben, bár ezzel kapcsolatos adatot az irodalomban nem találtunk.

A takarmány-, energia- és fehérjehasznosítást vizsgálva is az 1% KLS-készítményt fogyasztó csoport érte el a legjobb eredményt. A 2% KLS-készítményt tartalmazó takarmány etetése a kontrollcsoportéhoz képest ugyancsak szignifikánsan nagyobb hízlalásvégi testsúlyt és jobb hasznosítási mutatókat eredményezett. Ugyanakkor az 1% KLS-készítményhez képest ez a csoport 2,2-2,4%-kal gyengébb takarmány-, energia-, és fehérjehasznosítást ért el.

A KLS-kiegészítésnek a brojlercsirkék hízlalási teljesítményére gyakorolt hatását vizsgáló kísérletek igen eltérő eredménnyel végződtek. Bölükbasi (2006) kísérletében a KLS-kiegészítés mindhárom vizsgált mennyiségben (1, 2, és 3%) növelte a csirkék súlygyarapodását és javította takarmányhasznosításukat. Szymczyk és mtsai (2001) kísérletében viszont az 1,5%-os KLS-dózis már csökkentette a brojleres takarmányfogyasztását,

rontotta súlygyarapodásukat. Ugyanakkor a brojlerhízlalási kísérletek egy részében a KLS-kiegészítés nem volt semmilyen hatással az állatok teljesítményére (Sirri és mtsai, 2003, Denli és mtsai, 2004, Zhang és mtsai, 2008). Az ellentmondó kísérleti eredmények feltehetően a kísérletekben etetett KLS készítmények eltérő izomer összetételére vezethetők vissza. Így pl. a Bölükbasi (2006) által vizsgált készítmény 39-39% részarányban tartalmazta a c9,t11-C18:2, valamint a t10,c12-C18:2 izomereket. Ezzel szemben Szymczyk és mtsai (2001) által végzett kísérletben etetett készítmény a c9,t11-C18:2, valamint a t10,c12-C18:2 változatból sorrendben csak 9,5; illetve 11,2%-ot tartalmazott, míg az egyéb változatok viszonylag nagy arányban, 38%-ban fordultak elő benne. Badinga és mtsai (2003) olyan készítményt etettek brojlerekkel, amely a c9,t11 és a t10,c12 KLS izomerek mellett 2,3%-ban t9,t11-C18:2 izomert is tartalmazott. A készítmény 5%-ban történő adagolásakor a csirkék szignifikánsan kisebb súlygyarapodását figyelték meg annak a csoportnak az egyedeihez képest, amelyek az 5% kukoricaolaj tartalmú kontrolltápot fogyasztották. Az általunk előállított készítményben a c9,t11-C18:2 és a t10,c12-C18:2 változatok 26,3 illetve 25,7%-ban található meg, míg a másik két izomer részaránya 0,75-0,75%. A felsorolt eredményekből arra lehet következtetni, hogy a KLS-készítmények súlygyarapodást növelő, takarmányhasznosítást javító hatása c9,t11-C18:2, valamint t10,c12-C18:2 tartalmukkal áll összefüggésben. Ugyanakkor ezekre a paraméterekre gyakorolt negatív hatás pedig az egyéb KLS izomerek nagyobb dózisban történő etetésének lehet az eredménye.

Az emésztési és N-forgalmi kísérlet eredményei a 9. táblázatban láthatók. Mint az adatokból megállapítható, a KLS egyik táplálóanyag

emészthetőségére sem gyakorolt szignifikáns hatást. Ugyanez állapítható meg a csirkék N-visszatartásával kapcsolatban is. Ugyanakkor említeni szükséges, hogy a nyerszsír emésztési együtthatók esetében egy olyan tendencia figyelhető meg az adatokban, miszerint a takarmány KLS tartalmának növekedésével javul a nyerszsír emészthetősége. Ilyen tendencia figyelhető meg a N-visszatartás esetében is azzal az eltéréssel, hogy a legnagyobb KLS koncentráció esetében már romlott a N-visszatartás. Ezért nem zárható ki az sem, hogy az 1 és 2% KLS készítményt fogyasztó csoportok jobb súlygyarapodásában a kedvezőbb N-visszatartás játszott közre.

9. táblázat: Napraforgóolaj- és a KLS-kiegészítés hatása a táplálóanyagok emészthetőségére és a N-visszatartásra brojlercsirkékben

Kezelések megnevezése	Emésztési együttható (%)			N-visszatartás (%)
	zsír	rost	Nmka	
Kontroll	87,7 ± 4,6	30,6 ± 6,4	88,0 ± 1,9	72,9 ± 2,4
1% KLS-készítmény	89,7 ± 2,6	28,2 ± 3,9	89,1 ± 1,0	73,2 ± 1,3
2% KLS-készítmény	90,0 ± 3,5	32,0 ± 7,6	89,0 ± 0,6	74,5 ± 2,8
4% KLS-készítmény	91,1 ± 4,1	33,5 ± 4,9	88,8 ± 1,0	73,6 ± 3,7

3.3.2. A KLS-kiegészítés hatása a brojlerhús kémiai összetételére

Az 1. brojlerkísérletből származó csirkék mell- és combhúsának kémiai összetételét az 10. és 11. táblázatban tüntettük fel. Az emésztési együtthatókhoz hasonlóan a mell- és a combhús kémiai összetételében sem találtunk szignifikáns különbséget a különböző KLS-tartalmú takarmányt fogyasztó csoportok eredményei között.

10. táblázat: Napraforgóolaj- és a KLS-kiegészítés hatása a mellhús kémiai összetételére

Megnevezés	Kontrollcsoport	1.	2.	3.
		Kísérleti csoportok		
Száranyag, g/kg	271 ± 13	271 ± 15	264 ± 18	261 ± 15
1000 g száranyagban:				
Fehérje, g	766 ± 41	766 ± 44	772 ± 43	776 ± 42
Zsír, g	183 ± 40	185 ± 42	169 ± 48	168 ± 45
Hamu, g	50,4 ± 11,7	51,3 ± 7,6	52,7 ± 10,7	53,8 ± 15,2

11. táblázat: Napraforgóolaj- és a KLS-kiegészítés hatása a combhús kémiai összetételére

Megnevezés	Kontroll-csoport	1.	2.	3.
		Kísérleti csoportok		
Száranyag, g/kg	311 ± 19	312 ± 21	291 ± 20	302 ± 24
1000 g száranyagban:				
Fehérje, g	581 ± 40	587 ± 30	597 ± 28	600 ± 42
Zsír, g	374 ± 46	375 ± 26	358 ± 31	356 ± 38
Hamu, g	42,3 ± 13,8	34,1 ± 7,5	40,8 ± 11,6	42,7 ± 9,6

Ebben az esetben is említeni szükséges azonban, hogy meghatározott tendencia figyelhető meg a húsok zsírtartalmának alakulásában, nevezetesen a takarmány KLS-tartalmának növekedésével csökken mind a mell-, mind pedig a combhús zsírtartalma. A csökkenés mértéke a mell esetében a kontroll és a 4% KLS-tartalmú takarmányt fogyasztó csoport vonatkozásában 1,5% (relatív 8,2%). Ugyanez a különbség a combhús esetében 1,8% (relatív 4,8%).

Azok az eredmények, amelyek az irodalomban a KLS-kiegészítésnek a test zsírtartalmára gyakorolt hatásával kapcsolatban találhatóak, a súlygyarapodásra kifejtett hatásához hasonlóan nem egységesek. Így West és mtsai (2000) kísérletében az 1% KLS-kiegészítésben részesült egerek zsírszövege 50%-kal csökkent a kontrollcsoporthoz képest. Hasonlóképpen brojlerszörkékkel végzett kísérlet keretében Zanini és mtsai (2006), valamint Suksombat és mtsai (2007) a takarmány KLS-sel történő kiegészítésekor a hasúri zsír mennyiségének lineáris csökkenését figyelték meg.

Aletor és mtsai (2003) brojlerrel végzett kísérleteikben két különböző fehérjetartalmú (230 g, illetve 180 g fehérje/takarmány kg) izokalorikus (13,0 MJ/kg) takarmányokat etettek. A kevesebb fehérjét tartalmazó takarmányok közül kettőt kg-ként 20 illetve 40 g KLS-sel egészítettek ki. Kísérletükben a különböző fehérjetartalmú takarmányok között a testösszetétel tekintetében egyedül a test zsírtartalmára gyakorolt hatásukban volt különbség. Nevezetesen az alacsonyabb fehérjetartalmú takarmányt fogyasztó brojleres esetében 28%-kal megnőtt a teljes test zsírtartalma. Az alacsony fehérjetartalmú takarmányokhoz adagolt KLS kiegészítésnek (34,2% c9,t11-C18:2, 34,0% t10,c12-C18:2) eredményeinkhez hasonlóan nem volt szignifikáns hatása a teljes test összetételére, és nem ellensúlyozta az alacsony fehérjetartalmú takarmányon tartott csirkék esetében a zsír lerakódását sem.

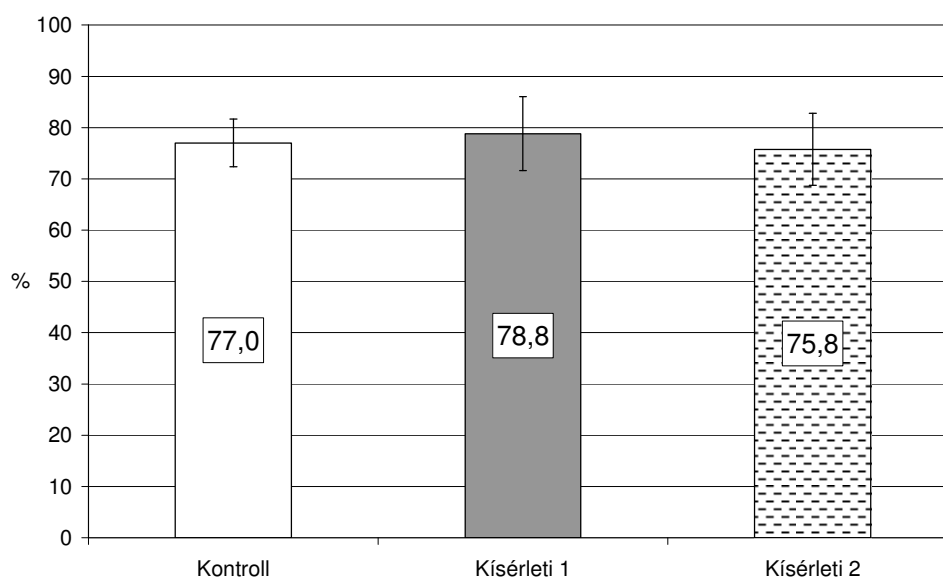
Mindezen eredményekkel ellentétben Javadi és mtsai (2007) brojlerszörkékkel végzett kísérletében az 1% napraforgóolaj-tartalmú kontrolltápot fogyasztó állatok teste kevesebb zsírt tartalmazott, mint az 1% KLS-kiegészítésben részesülő kísérleti állatoké.

Nem egységes a kutatók véleménye abban a tekintetben sem, hogy a KLS etetésekor bekövetkező testzsírcsökkenés milyen biokémiai változásokra vezethető vissza. Park és mtsai (1997) a zsírcsökkenés okaként a zsírsavak szintézisének mérséklődését, valamint a fokozott β -oxidációt jelölték meg. Ezzel szemben Atkinson és mtsai (1999) egerekkel és patkányokkal végzett kísérleteik során egyaránt megnövekedett zsírsavszintézist figyeltek meg a májban. Ennek ellenére mindkét kísérletükben a zsírszövet tömegének csökkenését tapasztalták a KLS-t fogyasztó csoportokban. Tsuboyama-Kasaoka és mtsai (2000) véleménye szerint a zsírtartalom csökkenését a zsírsejtek pusztulása okozza, míg Azain (2000) szerint a csökkenés inkább a kisebb zsírsejteknek köszönhető, mint a sejtszám csökkenésnek. Park és mtsai (1997) szerint a zsírtartalom csökkenése a t10,c12-C18:2 izomer hatásának az eredménye. Az eredmények közötti különbség feltehetően részben a kísérletek során felhasznált KLS-készítmények zsírsav-összetétele közötti eltérésekre, azon belül is azok t10,c12-C18:2 tartalmára vezethető vissza. Ugyanakkor azt is meg kell jegyezni, hogy a KLS kiegészítés nem feltétlenül hozza ugyanazt az eredményt minden egyes állatfaj esetében, de akár fajon belüli eltérések is lehetnek az egyes kísérleti egyedek között. Ennek megállapítására azonban még számos további kísérletre van szükség.

3.3.3. Az olajkiegészítések hatása a tojástermelésre, valamint a tojások sárgájának színére

A 4. ábra az egyes csoportok tojástermelési adataiból számolt termelési százalékokat szemlélteti. Megállapítható, hogy a kísérlet során alkalmazott kezelések nem befolyásolták szignifikáns mértékben a tyúkok tojástermelését.

4. ábra: A tojástermelési százalék alakulása a kísérlet során



Kontroll = 3% napraforgóolaj (NO)

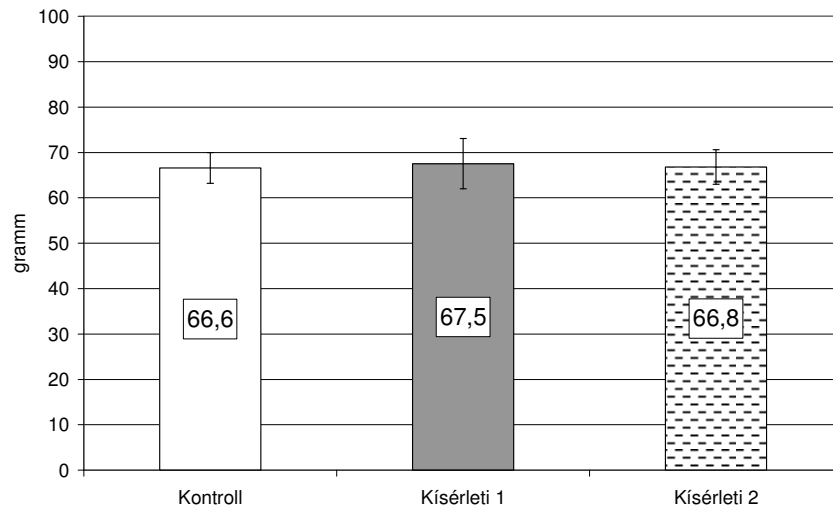
Kísérleti 1 = 2% NO + 1% KLS-készítmény (KLS-K)

Kísérleti 2 = 1% NO + 1% KLS-K + 1% lenolaj

Eredményeinkhez hasonlóan Hwangbo és mtsai (2005) sem találtak szignifikáns különbséget az KLS-kiegészítésben (0, 1, 2, 3%) részesült tyúkok tojástermelésében a kísérlet 6 hete alatt. Kim és mtsai (2007) a tojástermelés szignifikáns csökkenését figyelték meg, amikor a KLS-t

önállóan vagy α -linolénsavval kombinálva etették, viszont amikor linolsavval együtt adták, nem találtak szignifikáns eltérést a kontrollcsoport termeléséhez viszonyítva.

5. ábra: A KLS kiegészítés hatása a tojások súlyára



Kontroll = 3% napraforgóolaj (NO)

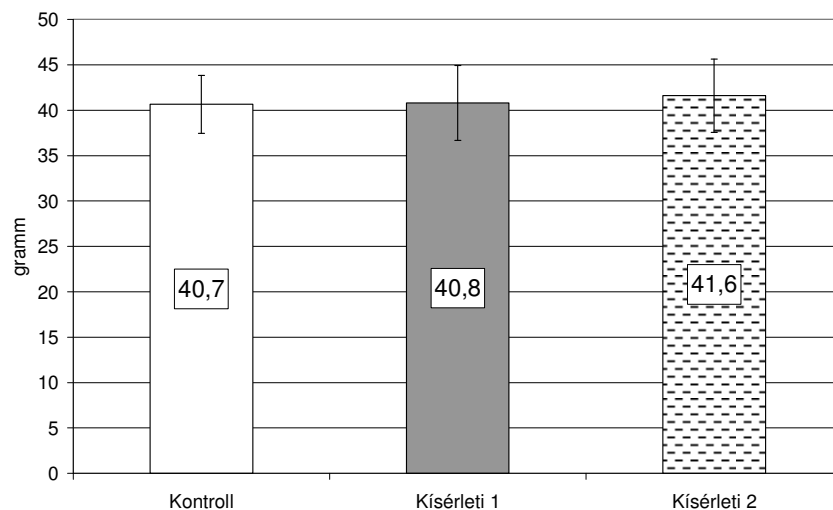
Kísérleti 1 = 2% NO + 1% KLS készítmény (KLS-K)

Kísérleti 2 = 1% NO + 1% KLS-K + 1% lenolaj

Az 5. ábra adatai azt igazolják, hogy nem találtunk szignifikáns különbséget az egyes kezelésekből származó tojások átlagsúlya között. A kapott eredmények alapján mind a három csoportból származó tojások az L-osztályba – szélső értékben a 63-73 g-os tojások közé – sorolhatók be. Eredményeinkhez hasonlóan Alvarez és mtsai (2004) sem találtak különbséget a tojások súlyában a különböző szintű KLS-kiegészítések (0, 1, 2, 3%) hatására. Suksombat és mtsai (2007) is csak a 4%-os KLS-

kiegészítés esetében figyelték meg a tojások súlyának szignifikáns csökkenését, míg az 1, 2, és 3%-os kiegészítés nem volt hatással erre a paraméterre. Ennek megfelelően kísérletükben csak a 4% KLS-kiegészítés csökkentett szignifikánsan a tojássárgája, illetve a fehérje súlyát, míg az 1, 2, és 3% KLS-kiegészítés nem volt hatással ezekre a tulajdonságokra. A 6. és 7. ábra adataiból kiderül, hogy az általunk beállított kísérletben sem változott a tojássárgája vagy a tojásfehérje súlya az egyes kezelések hatására. Husvéth és mtsai (2005) ugyanakkor a tojássárgája tömegének csökkenését állapították meg, amikor a tojótyúkok naponta 1,1 g KLS-kiegészítést kaptak. Chamruspollert és Sell (1999) szintén a tojássárgája tömegének csökkenését figyelték meg, amikor a tyúkok 5% KLS-sel kiegészített takarmányt fogyasztottak.

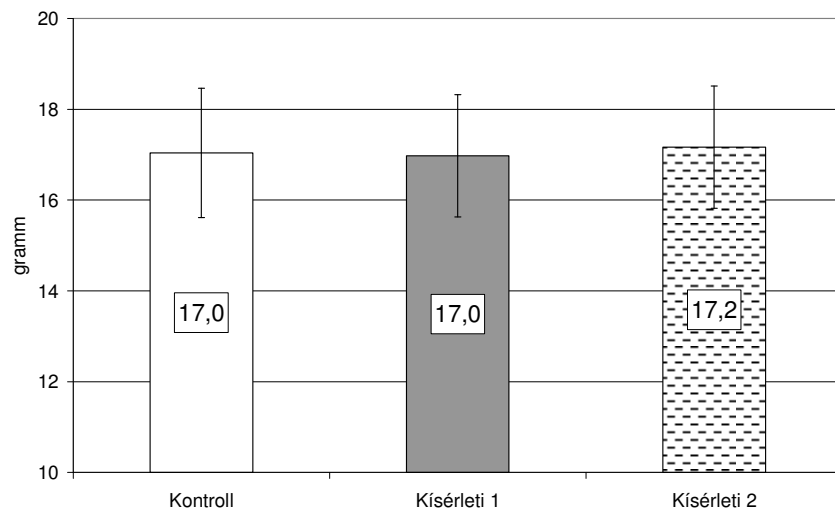
6. ábra: A KLS-kiegészítés hatása a tojásfehérje súlyok alakulására



Kontroll = 3% napraforgóolaj (NO)

Kísérleti 1 = 2% NO + 1% KLS-készítmény (KLS-K)

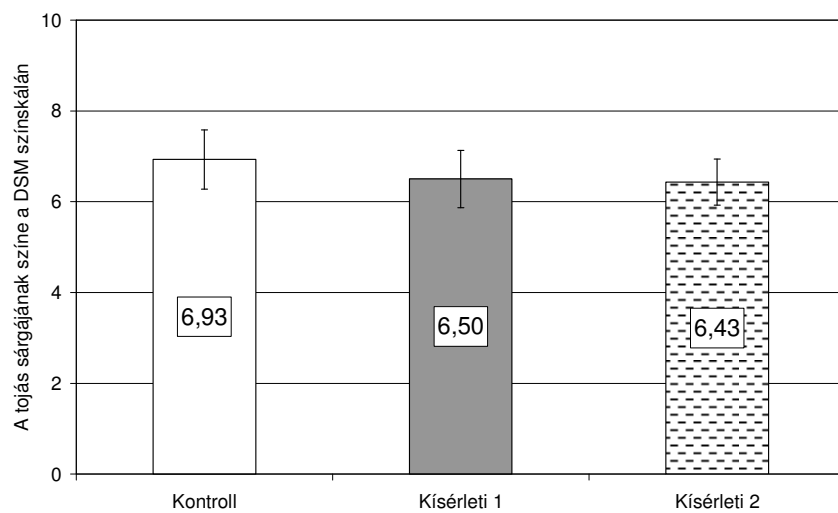
Kísérleti 2 = 1% NO + 1% KLS-K + 1% lenolaj

7. ábra: A KLS-kiegészítés hatása a tojássárgája súlyok alakulására

Kontroll = 3% napraforgóolaj (NO)

Kísérleti 1 = 2% NO + 1% KLS-készítmény (KLS-K)

Kísérleti 2 = 1% NO + 1% KLS-K + 1% lenolaj

8. ábra: A tojássárgája színének alakulása az egyes kezelések hatására

Kontroll = 3% napraforgóolaj (NO)

Kísérleti 1 = 2% NO + 1% KLS-készítmény (KLS-K)

Kísérleti 2 = 1% NO + 1% KLS-K + 1% lenolaj

A 8. ábrán a különböző kezelésekből származó tojássárgája színének alakulását szemléltetjük. Ismert, hogy takarmányozással befolyásolható a tojássárga színének intenzitása. Az adatokból kiderül, hogy a 0,535% KLS-kiegészítés hatására kismértékben csökkent ugyan a tojássárgája színének intenzitása, azonban a különbség nem volt szignifikáns mértékű. Suksombat és mtsai (2006) kísérletében már az 1% KLS-kiegészítés 5,86-ról 4,70-re csökkentette a tojássárgája színét, amely csökkenés statisztikailag is igazolható mértékű volt. A 2, 3, és 4%-os KLS-dózis pedig további szignifikáns csökkenést eredményezett. Ugyanakkor Kim és mtsai (2007) nem találtak szignifikáns összefüggést a tojássárgája színe és a KLS-kiegészítések között.

3.3.4. Az olajkiegészítések hatása a zsírsav-összetételre

3.3.4.1. A különböző mennyiségű KLS-kiegészítés hatása a brojlerhús lipidjeinek zsírsav-összetételére

Az első brojlerkísérletből származó brojlerhús zsírsav-összetételére vonatkozó adatok (12.-13. táblázat) alapján megállapítható, hogy a tápok növekvő mértékű KLS-sel történő kiegészítése szignifikáns mértékben megnövelte a brojlerhús (comb, mell) zsírjának KLS-tartalmát. Ez az eredmény megegyezik az irodalmi adatokkal (Szymczyk és mtsai, 2000, 2001; Ryu és mtsai, 2002; Sirri és mtsai, 2003; Ko és mtsai, 2005; Bölükbasi, 2006; Javadi és mtsai, 2007, Kim és mtsai, 2008; Zhang és mtsai, 2008). Kedvező az is, hogy a kiegészítés hatására a legnagyobb mértékben a c9,t11-C18:2 változat növekedett meg, amelyhez az irodalmi adatok szerint a kedvező élettani hatások köthetők. Az is megfigyelhető, hogy kismértékben ugyan, de a KLS-kiegészítésben nem részesülő

kontrollcsoportok húsmintáiban is található KLS. Ez az eredmény Parodi (1994) azon feltételezését támasztja alá, miszerint a monogasztrikus állatok vakbelében és remesebelében KLS előállítására képes baktériumtörzsek lehetnek jelen.

A legnagyobb mértékű KLS-kiegészítés 12,3 illetve 12,8%-ra növelte a konjugált linolsav izomerek (a 4 izomert együtt) mennyiségét az összes zsírsavtartalmon belül. Ugyanakkor még a 0,535% KLS-t tartalmazó tápok fogyasztása is 3,23 illetve 3,22%-ra növelte a brojlerhús (comb és mell) zsírjának KLS-arányát. Eredményeinkhez hasonlóan Suksombat és mtsai (2007) kísérletében etetett KLS-készítmény (30-30%-ban c9,t11, és t10,c12 izomerek) 1%-ban történő adagolásakor 4,80%, illetve 3,81%-nak mérték a comb- illetve a mellhús zsírjának összes KLS-arányát.

12. táblázat: A KLS-kiegészítés hatása a combhús lipidjeinek zsírsav-összetételére

(adatok az összes zsírsav százalékában)

Comb	Kontroll-csoport	Kísérleti csoportok		
		1	2	3
KLS-készítmény a takarmányban (%)	0	1	2	4
Napraforgóolaj a takarmányban (%)	4	3	2	0
C10:0	-	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,06
C12:0	0,02 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^b	0,04 ± 0,01 ^c	0,04 ± 0,01 ^c
C14:0	0,44 ± 0,04 ^a	0,68 ± 0,05 ^b	0,80 ± 0,06 ^c	1,05 ± 0,07 ^d
C15:0	0,05 ± 0,02	0,04 ± 0,01	0,05 ± 0,02	0,05 ± 0,01
C16:0	9,11 ± 1,28 ^a	25,63 ± 0,93 ^b	27,42 ± 1,20 ^c	30,43 ± 1,93 ^d
C17:0	0,11 ± 0,02 ^a	0,11 ± 0,02 ^a	0,14 ± 0,01 ^b	0,16 ± 0,02 ^b
C18:0	6,32 ± 0,32 ^a	1,10 ± 0,75 ^b	13,21 ± 0,68 ^c	14,91 ± 0,69 ^d
C20:0	0,08 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,01 ^b	0,11 ± 0,01 ^c	0,11 ± 0,10 ^c
SFA	26,13 ± 1,42^a	37,70 ± 1,37	41,78 ± 1,45	46,76 ± 1,94
C14:1 n-5	0,08 ± 0,02 ^c	0,06 ± 0,01 ^b	0,04 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^a
C16:1 n-7	3,18 ± 0,66 ^c	2,24 ± 0,25 ^b	1,64 ± 0,30 ^a	1,49 ± 0,52 ^a
C17:1	0,06 ± 0,01 ^c	0,04 ± 0,01 ^b	0,01 ± 0,02 ^a	0,02 ± 0,02 ^a
C18:1 n-9	33,53 ± 1,48 ^d	27,02 ± 0,79 ^c	23,94 ± 0,78 ^b	21,91 ± 0,90 ^a
C18:1 n-7	1,31 ± 0,17 ^b	1,09 ± 1,14 ^a	1,01 ± 1,12 ^a	0,99 ± 0,12 ^a
C20:1	0,40 ± 0,04	-	-	-
C22:1	0,02 ± 0,01 ^b	0,02 ± 0,01 ^b	0,01 ± 0,01 ^a	0,01 ± 0,01 ^a
MUFA	38,58 ± 2,27^d	30,47 ± 1,29^c	26,65 ± 1,15^b	24,46 ± 1,64^a
t-C18:2 n-6.	0,01 ± 0,01 ^a	0,02 ± 0,01 ^b	0,04 ± 0,04 ^b	-
C18:2 n-6	32,52 ± 2,94 ^d	26,43 ± 1,19 ^c	22,83 ± 1,58 ^b	13,92 ± 1,26 ^a
C9,t11-C18:2 n-6	0,01 ± 0,01 ^a	1,84 ± 0,11 ^b	3,49 ± 0,30 ^c	6,83 ± 0,86 ^d
t10,c12-C18:2 n-6	0,05 ± 0,01 ^a	1,15 ± 0,09 ^b	2,34 ± 0,29 ^c	4,73 ± 0,75 ^d
C9,c11-C18:2 n-6	-	0,05 ± 0,02 ^a	0,14 ± 0,01 ^b	0,27 ± 0,03 ^c
t9,t11-C18:2 n-6	0,08 ± 0,01 ^a	0,19 ± 0,03 ^b	0,28 ± 0,07 ^c	0,50 ± 0,07 ^d
C18:3 n-3	0,48 ± 0,05 ^a	0,74 ± 0,04 ^b	0,72 ± 0,05 ^b	0,74 ± 0,05 ^b
C18:3 n-6	0,29 ± 0,03 ^d	0,23 ± 0,03 ^c	0,16 ± 0,02 ^b	0,07 ± 0,01 ^a
C20:2 n-6	0,21 ± 0,04 ^a	0,26 ± 0,03 ^b	0,28 ± 0,03 ^b	0,28 ± 0,04 ^b
C20:3 n-6	0,24 ± 0,04 ^d	0,13 ± 0,01 ^c	0,09 ± 0,01 ^b	0,05 ± 0,01 ^a
C20:4 n-6	0,71 ± 0,23 ^d	0,31 ± 0,04 ^c	0,23 ± 0,08 ^b	0,10 ± 0,03 ^a
C22:4 n-6	0,18 ± 0,07 ^d	0,08 ± 0,01 ^c	0,06 ± 0,02 ^b	0,01 ± 0,01 ^a
C22:5 n-3	0,03 ± 0,01 ^b	0,01 ± 0,01 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	-
PUFA	34,81 ± 3,26^c	31,44 ± 1,41^b	30,67 ± 2,01^b	27,50 ± 2,55^a

a, b, c, d: A különböző betűvel jelölt értékek soron belül szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)

13. táblázat: A KLS-kiegészítés hatása a mellhús lipidjeinek zsírsav-összetételére

(adatok az összes zsírsav százalékában)

Mell	Kontroll-csoport	Kísérleti csoportok		
		1	2	3
KLS-készítmény a takarmányban (%)	0	1	2	4
Napraforgóolaj a takarmányban (%)	4	3	2	0
C10:0	-	-	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
C12:0	0,02 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^{bc}	0,04 ± 0,01 ^{cd}	0,04 ± 0,01 ^d
C14:0	0,42 ± 0,08 ^a	0,69 ± 0,05 ^b	0,83 ± 0,06 ^c	1,04 ± 0,05 ^d
C15:0	0,04 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,02
C16:0	19,22 ± 1,18 ^a	25,73 ± 0,76 ^b	27,71 ± 1,28 ^c	30,11 ± 1,37 ^d
C17:0	0,11 ± 0,02 ^a	0,11 ± 0,01 ^a	0,14 ± 0,02 ^b	0,15 ± 0,02 ^b
C18:0	6,40 ± 0,37 ^a	10,82 ± 1,01 ^b	13,03 ± 0,56 ^c	14,61 ± 0,90 ^d
C20:0	0,08 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,01 ^{bc}	0,11 ± 0,01 ^{cd}	0,11 ± 0,01 ^d
SFA	26,29 ± 1,36^a	37,51 ± 1,71^b	41,92 ± 1,51^c	46,1 ± 1,56^d
C14:1 n-5	0,08 ± 0,02 ^c	0,06 ± 0,01 ^b	0,04 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^a
C16:1 n-7	3,08 ± 0,59 ^c	2,25 ± 0,15 ^b	1,66 ± 0,30 ^a	1,42 ± 0,38 ^a
C17:1	0,07 ± 0,01 ^c	0,04 ± 0,01 ^b	0,02 ± 0,02 ^a	0,01 ± 0,02 ^a
C18:1 n-9	33,31 ± 1,42 ^d	27,03 ± 0,67 ^c	23,72 ± 0,95 ^b	22,10 ± 0,65 ^a
C18:1 n-7	1,29 ± 0,15 ^b	1,01 ± 0,07 ^a	0,98 ± 0,07 ^a	1,00 ± 0,09 ^a
C20:1	0,38 ± 0,04	-	-	-
C22:1	0,02 ± 0,01 ^b	0,02 ± 0,01 ^b	0,01 ± 0,01 ^{ab}	0,01 ± 0,01 ^a
MUFA	38,23 ± 1,94^d	30,41 ± 1,02^c	26,43 ± 1,27^b	24,6 ± 1,60^a
t-C18:2 n-6	0,01 ± 0,01 ^a	0,02 ± 0,01 ^b	0,03 ± 0,01 ^c	-
C18:2 n-6	32,62 ± 2,70 ^d	26,61 ± 1,49 ^c	22,50 ± 1,43 ^b	13,44 ± 0,73 ^a
c9,t11-C18:2 n-6	0,11 ± 0,04 ^a	1,85 ± 0,10 ^b	3,70 ± 0,18 ^c	7,07 ± 0,50 ^d
t10,c12-C18:2 n-6	0,06 ± 0,03 ^a	1,17 ± 0,12 ^b	2,64 ± 0,20 ^c	5,07 ± 0,50 ^d
c9,c11-C18:2 n-6	-	0,04 ± 0,01 ^a	0,15 ± 0,01 ^b	0,27 ± 0,02 ^c
t9,t11-C18:2 n-6	0,08 ± 0,01 ^a	0,16 ± 0,01 ^b	0,26 ± 0,01 ^c	0,43 ± 0,03 ^d
C18:3 n-3	0,47 ± 0,03 ^a	0,81 ± 0,06 ^c	0,75 ± 0,04 ^b	0,76 ± 0,04 ^{bc}
C18:3 n-6	0,30 ± 0,03 ^d	0,25 ± 0,03 ^c	0,15 ± 0,02 ^b	0,07 ± 0,01 ^a
C20:2 n-6	0,22 ± 0,04 ^a	0,27 ± 0,02 ^b	0,29 ± 0,03 ^b	0,27 ± 0,03 ^b
C20:3 n-6	0,25 ± 0,04 ^d	0,13 ± 0,01 ^c	0,10 ± 0,02 ^b	0,05 ± 0,01 ^a
C20:4 n-6	0,76 ± 0,24 ^d	0,30 ± 0,06 ^c	0,22 ± 0,10 ^{bc}	0,09 ± 0,03 ^a
C20:5 n-3	0,02 ± 0,01 ^b	-	0,01 ± 0,01 ^{ab}	0,01 ± 0,01 ^{ab}
C22:4 n-6	0,22 ± 0,09 ^c	0,08 ± 0,02 ^b	0,06 ± 0,03 ^b	0,01 ± 0,01 ^a
C22:5 n-3	0,03 ± 0,01 ^b	0,02 ± 0,01 ^a	0,01 ± 0,01 ^a	-
PUFA	35,15 ± 2,88^c	31,71 ± 1,75^b	30,87 ± 2,04^b	27,5 ± 2,23^a

a, b, c, d: A különböző betűvel jelölt értékek soron belül szignifikánsan eltérnek egymástól (P≤0,05)

Annak ellenére, hogy a kiegészítésként adott KLS-készítményben közel azonos arányban volt jelen a c9,t11 és a t10,c12 izomer, a brojlerek zsírában – a comb és a mellhús esetében is – a c9,t11-C18:2 növekedett nagyobb mértékben. Eredményeinkhez hasonlóan KLS-kiegészítés esetén Badinga és mtsai (2003) is sokkal nagyobb mértékben mérték a c9,t11 izomer arányát, mint az egyéb izomerekét. A kísérletükben etetett KLS készítmény 30,7%-ban tartalmazta a c9,t11 és 30,6%-ban a t10,c12 izomereket. Az 5% KLS készítményt fogyasztó csirkék májában 4,14%-ban volt jelen a c9,t11, és mindössze 0,32%-ban a t10,c12 izomer. Eredményeinket Suksombat és mtsai (2007) kísérleti is alátámasztják. A 30-30%-ban c9,t11 és t10,c12 KLS izomereket tartalmazó készítmény 0,5; 1,0; és 1,5%-ban történő etetésekor a c9,t11 KLS izomer mennyiségét sokkal nagyobb mértékben mérték a comb (1,15; 3,31; 6,97%), és a mell zsírában is (1,96; 2,33; 4,05%), mint a t10,c12 izomer mennyiségét. A t10,c12 izomer lényegesen rosszabb hatékonysággal épült be a comb (0,41; 1,49; 2,30) és a mell (1,23; 1,47; 2,77) zsírába is.

A MUFA csoport zsírsavait vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a KLS-kiegészítés részarányának növekedésével az egyszeresen telítetlen zsírsavak mennyisége szignifikáns mértékben csökkent. A MUFA-csoport szignifikáns csökkenése elsősorban a palmitoleinsav és az olajsav csökkenésének tudható be. Az előbb említett zsírsav mintegy felére, míg az utóbbi 0,65-0,66-szorosára csökkent a 4% KLS-készítményt fogyasztó csoport comb- és mellhúsában. A legnagyobb KLS-kiegészítés hatására 23-24%-kal csökkent a vakcénsav mennyisége is, míg a kontrollcsoportban közel 0,4%-ban előforduló eikozénsav a KLS-kiegészítésben részesült csoportok esetében már nem is volt kimutatható. Eredményeinkhez

hasonlóan Szymczyk és mtsai (2001) is az SFA szignifikáns növekedését, illetve a MUFA-csoport szignifikáns csökkenését figyelték meg a brojlerzsírban, amikor a tápokot növekvő mértékű KLS-sel egészítették ki (0,0; 0,5; 1,0; és 1,5% KLS). Javadi és mtsai (2007) szerint az SFA-csoport növekedését elsősorban a palmitinsav és a sztearinsav növekedése magyarázza, míg a MUFA-csoporton belül az olajsav csökkenésének mértéke volt a legmeghatározóbb.

A takarmányhoz adagolt KLS-készítmény részarányának növekedésével csökkent a PUFA csoportba tartozó linolsav mennyisége is, amely csökkenés részben azzal magyarázható, hogy kisebb volt a kísérleti állatok linolsav felvétele. A linolsav részarányának csökkenésével párhuzamosan szignifikáns mértékben csökkent az arachidonsav (C20:4) mennyisége is. Ezzel ellentétben a linolénsav (C18:3) mennyisége statisztikailag igazolható mértékben növekedett. A KLS-készítmény növekedésével párhuzamosan növekvő KLS-mennyisége a szignifikánsan nagyobb mennyiségű linolénsavval együtt sem tudta kompenzálni a linolsav csökkenését, így a PUFA csoport részaránya valamennyi kísérleti csoportban szignifikáns mértékben kisebb volt, mint a kontrollcsoportban.

Eredményeinkkel szinkronban KLS-kiegészítés hatására Du és Ahn (2003) is a PUFA-csoportba tartozó linolsav és arachidonsav mennyiségének csökkenését tapasztalták. Javadi és mtsai (2007) is a PUFA zsírsavak csökkenéséről számoltak be a KLS-kiegészítések eredményeként. Bölükbasi (2006) kísérleteiben etetett 1, 2 és 3% KLS hatására ugyancsak a linolsav mennyisége csökkent a legnagyobb mértékben, a kiegészítések hatására azonban sokkal nagyobb mértékben nőtt a brojlerzsír KLS-tartalma, mint amennyire a linolsav mennyisége csökkent, ami azzal járt,

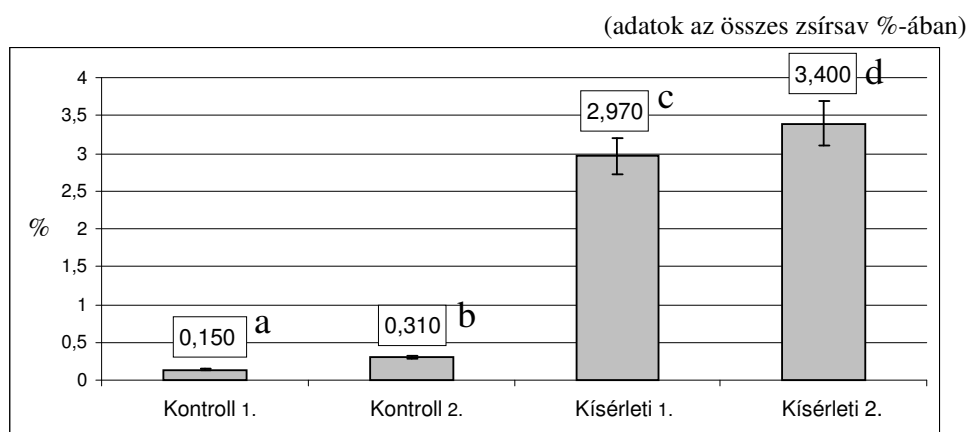
hogy a teljes PUFA-tartalom növekedett. Ugyanakkor egyes kutatók (Sirri és mtsai, 2003) az arachidonsav csökkenésén kívül nem tapasztaltak jelentősebb változást a PUFA-csoport egyéb zsírsavainak tekintetében.

3.3.4.2. Konjugált linolsav és lenolaj együttes adagolásának hatása a brojlerhús lipidjeinek zsírsav-összetételére

Tekintve, hogy jelen fejezetben az olajkiegészítéseknek kizárólag a zsírsav-összetételre gyakorolt hatását tárgyaljuk, a 2. és 3. brojlerhízlalási kísérletek E-vitamin kiegészítéssel összefüggő eredményei a későbbiekben kerülnek értékelésre. Ennek megfelelően a 2. és 3. kísérletnek csak a következő kezelése kerülnek tárgyalásra:

1. csoport: kontroll 1. (4% napraforgóolaj)
2. csoport: kontroll 2. (2% napraforgóolaj + 2% lenolaj)
3. csoport: kísérleti 1. (3% napraforgóolaj + 1% KLS-készítmény)
4. csoport: kísérleti 2. (1% napraforgóolaj + 2% lenolaj + 1% KLS-készítmény)

A különböző kezelések comb- és mellhús mintáiban mért KLS százalékos mennyiségét az 9. és 10. ábrán szemléltetjük. A korábbi kísérletünkkel egyezően a KLS-kiegészítés hatására szignifikáns mértékben megnőtt a kísérleti csoportok húsmintáinak KLS aránya, amely eredmény egyezik az irodalmi adatokkal.

9. ábra: A különböző olajkiegészítések hatása a mellhús KLS-arányára

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

Kontroll 1.: 4% napraforgóolaj (NO)

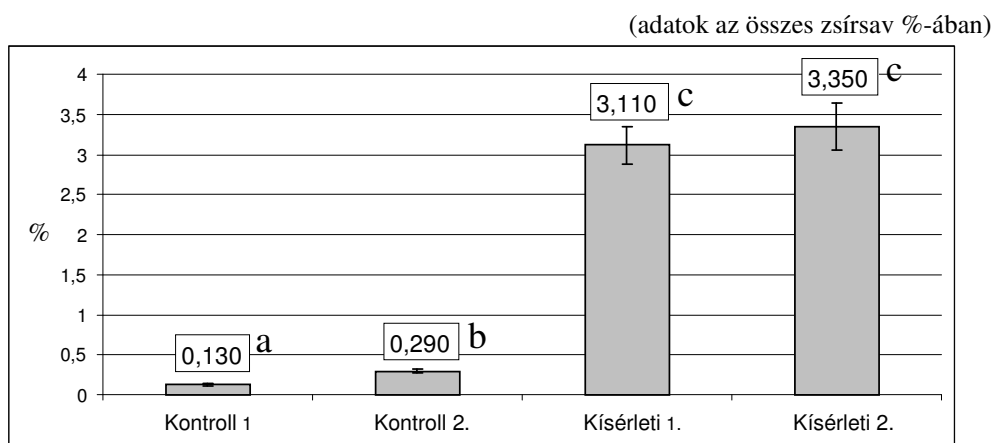
Kontroll 2.: 2% NO + 2% lenolaj (LO)

Kísérleti 1.: 3% NO + 1% KLS-K

Kísérleti 2.: 1% NO + 2% LO + 1% KLS-K

Szignifikáns különbséget találtunk a két kontrollcsoport húsmintáinak KLS tartalma között is. A lenolajkiegészítésben részesült kontroll 2. csoport comb- és mellhúsának KLS-tartalma ugyanis statisztikailag igazolható mértékben nagyobb volt, mint a napraforgóolajat fogyasztó kontroll 1. csoportból származó húsmintáké. A hús KLS-aránya közötti különbség a két kísérleti csoport esetében is megfigyelhető volt, ugyanis a lenolajat is fogyasztó kísérleti 2. csoport comb- és mellhúsának is nagyobb volt a KLS-aránya, mint amennyit a lenolajkiegészítésben nem részesült kísérleti 1. csoport húsában mértünk. A különbségek azonban csak a mellhús esetében bizonyultak szignifikánsnak (9. ábra).

10. ábra: A különböző olajkiegészítések hatása a combhús KLS-arányára



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

Kontroll 1.: 4% napraforgóolaj (NO)

Kontroll 2.: 2% NO + 2% lenolaj (LO)

Kísérleti 1.: 3% NO + 1% KLS-K

Kísérleti 2.: 1% NO + 2% LO + 1% KLS-K

Ezek az eredmények arra engednek következtetni, hogy a linolsav mellett a lenolaj linolénsav tartalma is felhasználódott KLS előállítására.

A mell- és combhúsból vett minták fontosabb zsírsavai a 14. és 15. táblázatban láthatók. Ezek adatai alapján megállapítható, hogy a lenolaj-kiegészítés a telített zsírsavak (SFA) arányát nem csökkentette szignifikánsan. Ez azzal magyarázható, hogy csak a sztearinsav (C18:0) százalékos mennyiségét mérsékelte szignifikánsan, míg az SFA csoport zsírsavainak legnagyobb részét kitevő palmitinsav (C16:0) részaránya változatlan maradt a lenolaj kiegészítés esetén. Ezzel szemben az 1% KLS-kiegészítés mindkét említett zsírsav mennyiségét, és ezzel az egész SFA-csoport részarányát jelentősen növelte a zsírban.

14. táblázat: A KLS- és a lenolaj-kiegészítés hatása a combhús lipidjeinek zsírsav-összetételére

(adatok az összes zsírsav százalékában)

Comb	1		2	
	Kontrollcsoportok		Kísérleti csoportok	
KLS-készítmény a takarmányban (%)	0	0	1	1
Lenolaj a takarmányban (%)	0	2	0	2
Napraforgóolaj a takarmányban (%)	4	2	3	1
C10:0	0,01 ± 0,01	-	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
C12:0	0,02 ± 0,01 ^a	0,02 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,01 ^b	0,03 ± 0,01 ^b
C14:0	0,48 ± 0,02 ^a	0,46 ± 0,04 ^a	0,74 ± 0,07 ^b	0,72 ± 0,03 ^b
C15:0	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,01
C16:0	19,82 ± 1,49 ^a	19,31 ± 0,82 ^a	25,70 ± 1,30 ^b	25,63 ± 1,54 ^b
C17:0	0,12 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,12 ± 0,02	0,11 ± 0,02
C18:0	6,47 ± 0,34 ^b	5,69 ± 0,42 ^a	10,71 ± 0,32 ^c	10,41 ± 0,46 ^c
C20:0	0,08 ± 0,01 ^b	0,06 ± 0,01 ^a	0,09 ± 0,01 ^c	0,09 ± 0,01 ^c
SFA	27,06 ± 1,66^a	25,69 ± 1,18^a	37,46 ± 1,37^b	37,05 ± 1,46^b
C14:1 n-5	0,10 ± 0,02 ^b	0,12 ± 0,01 ^b	0,07 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,02 ^a
C16:1 n-7	3,41 ± 0,61 ^b	3,75 ± 0,38 ^b	2,33 ± 0,39 ^a	2,46 ± 0,57 ^a
C17:1	0,07 ± 0,01 ^b	0,07 ± 0,01 ^b	0,04 ± 0,02 ^a	0,05 ± 0,00 ^a
C18:1 n-9	32,11 ± 0,99 ^b	31,82 ± 0,51 ^b	26,11 ± 1,27 ^a	24,81 ± 1,51 ^a
C18:1 n-7	1,08 ± 0,40 ^{ab}	1,29 ± 0,09 ^b	1,07 ± 0,15 ^{ab}	0,95 ± 0,12 ^a
C20:1	0,42 ± 0,07 ^a	3,50 ± 0,34 ^b	-	3,52 ± 0,45 ^b
C22:1	0,02 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,01 ^b	0,01 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,01 ^b
MUFA	37,21 ± 1,40^c	40,65 ± 0,64^d	29,63 ± 1,59^a	31,96 ± 1,88^b
C18:2 n-6	33,03 ± 2,65 ^c	24,74 ± 1,22 ^b	27,22 ± 1,95 ^b	19,81 ± 1,99 ^a
c9,t11-C18:2 n-6	0,04 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,01 ^b	1,81 ± 0,13 ^c	1,82 ± 0,17 ^c
t10,c12-C18:2 n-6	0,02 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^b	1,13 ± 0,10 ^c	1,15 ± 0,16 ^c
c9,c11-C18:2 n-6	-	-	0,04 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,02 ^b
t9,t11-C18:2 n-6	0,07 ± 0,01 ^a	0,16 ± 0,03 ^c	0,13 ± 0,01 ^b	0,32 ± 0,03 ^d
C18:3 n-3	0,54 ± 0,07 ^a	6,40 ± 0,29 ^c	0,89 ± 0,07 ^b	6,09 ± 0,68 ^c
C18:3 n-6	0,29 ± 0,04 ^b	0,16 ± 0,02 ^a	0,25 ± 0,02 ^b	0,15 ± 0,03 ^a
C20:2 n-6	0,24 ± 0,03 ^b	0,17 ± 0,02 ^a	0,29 ± 0,05 ^c	0,21 ± 0,02 ^b
C20:3 n-6	0,25 ± 0,02 ^c	0,20 ± 0,02 ^b	0,13 ± 0,02 ^a	0,12 ± 0,01 ^a
C20:4 n-6	0,71 ± 0,12 ^c	0,43 ± 0,05 ^b	0,32 ± 0,09 ^{ab}	0,20 ± 0,06 ^a
C20:5 n-3	0,01 ± 0,01 ^b	0,22 ± 0,03 ^d	-	0,17 ± 0,03 ^c
C22:4 n-6	0,21 ± 0,04 ^c	0,07 ± 0,01 ^b	0,09 ± 0,03 ^b	0,03 ± 0,01 ^a
C22:5 n-3	0,04 ± 0,01 ^b	0,26 ± 0,04 ^c	0,02 ± 0,01 ^a	0,21 ± 0,06 ^c
C22:6 n-3	0,02 ± 0,01 ^b	0,12 ± 0,02 ^d	0,01 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,02 ^c
PUFA	35,47 ± 2,73^b	33,06 ± 1,42^{ab}	32,33 ± 2,22^{ab}	30,41 ± 2,97^a
n-6	34,86 ± 2,71 ^{ab}	26,06 ± 1,20 ^b	31,41 ± 2,21 ^c	23,87 ± 2,44 ^a
n-3	0,61 ± 0,08 ^a	7,00 ± 0,30 ^c	0,92 ± 0,08 ^b	6,54 ± 0,66 ^c
n-6/n-3	57,15	3,71	34,14	3,65

a, b, c, d: A különböző betűvel jelölt értékek soron belül szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)

15. táblázat: A KLS- és a lenolaj-kiegészítés hatása a mellhús lipidjeinek zsírsav-összetételére

(adatok az összes zsírsav százalékában)

Mell	1		2	
	Kontrollcsoportok		Kísérleti csoportok	
KLS-készítmény a takarmányban (%)	0	0	1	1
Lenolaj a takarmányban (%)	0	2	0	2
Napraforgóolaj a takarmányban (%)	4	2	3	1
C10:0	-	0,01 ± 0,00 ^a	0,01 ± 0,01 ^b	0,01 ± 0,00 ^a
C12:0	0,02 ± 0,01 ^a	0,02 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^b	0,03 ± 0,01 ^b
C14:0	0,49 ± 0,06 ^a	0,49 ± 0,05 ^a	0,72 ± 0,09 ^b	0,73 ± 0,03 ^b
C15:0	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,05 ± 0,02	0,06 ± 0,01
C16:0	19,71 ± 1,50 ^a	19,83 ± 0,86 ^a	25,72 ± 1,03 ^b	25,21 ± 0,85 ^b
C17:0	0,12 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,11 ± 0,02	0,11 ± 0,01
C18:0	6,50 ± 0,33 ^b	5,71 ± 0,17 ^a	10,48 ± 0,39 ^c	10,52 ± 0,49 ^c
C20:0	0,08 ± 0,01 ^b	0,06 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,01 ^c	0,09 ± 0,01 ^c
SFA	26,98 ± 1,70^a	26,26 ± 1,03^a	37,22 ± 1,25^b	36,76 ± 0,94^b
C14:1 n-5	0,09 ± 0,02 ^b	0,12 ± 0,02 ^b	0,07 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,02 ^a
C16:1 n-7	3,26 ± 0,59 ^b	4,04 ± 0,32 ^b	2,47 ± 0,33 ^a	2,37 ± 0,46 ^a
C17:1	0,07 ± 0,01 ^b	0,07 ± 0,01 ^b	0,05 ± 0,01 ^a	0,05 ± 0,01 ^a
C18:1 n-9	32,12 ± 0,77 ^b	32,02 ± 0,76 ^b	26,70 ± 1,79 ^a	24,90 ± 1,19 ^a
C18:1 n-7	1,30 ± 0,16 ^b	1,28 ± 0,06 ^b	1,14 ± 0,16 ^{ab}	1,01 ± 0,17 ^a
C20:1	0,44 ± 0,05 ^a	3,24 ± 0,46 ^b	-	3,25 ± 0,46 ^b
C22:1	0,02 ± 0,01 ^a	0,09 ± 0,01 ^b	0,02 ± 0,00 ^a	0,10 ± 0,01 ^b
MUFA	37,30 ± 1,23^b	40,86 ± 1,00^c	30,45 ± 2,10^a	31,75 ± 1,44^a
C18:2 n-6	33,02 ± 2,77 ^c	24,20 ± 1,09 ^b	26,49 ± 1,91 ^b	20,39 ± 1,39 ^a
c9,t11-C18:2 n-6	0,05 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,01 ^b	1,72 ± 0,14 ^c	1,84 ± 0,14 ^c
t10,c12-C18:2 n-6	0,03 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,01 ^a	1,07 ± 0,10 ^b	1,17 ± 0,16 ^b
c9,c11-C18:2 n-6	-	-	0,05 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,01 ^b
t9,t11-C18:2 n-6	0,07 ± 0,01 ^a	0,18 ± 0,02 ^c	0,13 ± 0,01 ^b	0,32 ± 0,04 ^d
C18:3 n-3	0,54 ± 0,06 ^a	6,47 ± 0,47 ^c	0,92 ± 0,10 ^b	6,07 ± 0,67 ^c
C18:3 n-6	0,29 ± 0,05 ^b	0,17 ± 0,02 ^a	0,26 ± 0,01 ^b	0,17 ± 0,02 ^a
C20:2 n-6	0,25 ± 0,04 ^b	0,16 ± 0,01 ^a	0,29 ± 0,05 ^c	0,23 ± 0,01 ^b
C20:3 n-6	0,25 ± 0,03 ^c	0,18 ± 0,03 ^b	0,15 ± 0,03 ^a	0,12 ± 0,01 ^a
C20:4 n-6	0,69 ± 0,14 ^c	0,37 ± 0,10 ^b	0,38 ± 0,10 ^b	0,22 ± 0,06 ^a
C20:5 n-3	0,02 ± 0,01 ^a	0,22 ± 0,04 ^c	0,01 ± 0,00 ^a	0,18 ± 0,03 ^b
C22:4 n-6	0,22 ± 0,05 ^d	0,06 ± 0,01 ^b	0,11 ± 0,00 ^c	0,04 ± 0,01 ^a
C22:5 n-3	0,04 ± 0,01 ^a	0,24 ± 0,03 ^b	0,03 ± 0,01 ^a	0,25 ± 0,07 ^b
C22:6 n-3	0,02 ± 0,01 ^b	0,12 ± 0,04 ^c	0,01 ± 0,01 ^a	0,09 ± 0,02 ^c
PUFA	35,49 ± 2,92^b	32,50 ± 1,47^{ab}	31,62 ± 2,34^a	31,16 ± 2,12^a
n-6	34,87 ± 2,90 ^c	25,45 ± 1,22 ^a	30,65 ± 2,27 ^b	24,57 ± 1,68 ^a
n-3	0,62 ± 0,07 ^a	7,05 ± 0,47 ^c	0,97 ± 0,10 ^b	6,59 ± 0,68 ^c
n-6/n-3	56,2	3,64	32,1	3,74

a, b, c, d: A különböző betűvel jelölt értékek soron belül szignifikánsan eltérnek egymástól (P≤0,05)

A lenolaj-kiegészítés az egyszerűen telítetlen zsírsavak (MUFA) többségét nem befolyásolta szignifikánsan. Egyedül az eikozénsav (C20:1) részaránya nőtt meg szignifikánsan a lenolaj-kiegészítés hatására, és ennek eredményeként növekedett meg kismértékben, de szignifikánsan a MUFA csoport részaránya. Nem változott a lenolaj-kiegészítés hatására az olajsav (C18:1) részaránya sem, holott több szerző véleménye szerint a lenolaj kiegészítés esetén bekövetkező α -linolénsav növekmény az olajsav rovására valósul meg (Schmidt és mtsai, 2008b; Zsédely, 2008). Ez valószínűleg azzal áll összefüggésben, hogy ebben az esetben a 2% lenolaj mellett 2% napraforgóolajat is tartalmazott a takarmány, amely közel 27% olajsavtartalma folytán ellensúlyozta a lenolaj olajsavtartalmat csökkentő hatását.

A lenolajtól eltérően a KLS tartalmú takarmány etetése szignifikánsan csökkentette mind a mell-, mind pedig a combhúsban a palmitoleinsav (C16:1) és az olajsav részarányát. A vakcénsav (C18:1 n-7) százalékos mennyiségét a KLS-kiegészítés csak lenolajjal kombinálva mérsékelte szignifikánsan.

Ami a PUFA-csoport zsírsavait illeti, a lenolaj-kiegészítés, más szerzők tapasztalataival egyezően, csökkentette a zsír linolsav és arachidonsav (C20:4) arányát (An és mtsai, 1997; Dal Bosco és mtsai, 2004; Zsédely, 2008). A csökkenés mértéke mind a mell, mind a comb esetében szignifikáns volt. Ugyanakkor mindkét mintavételi helyen szignifikánsan nőtt a mell és a comb α -linolénsav-aránya, de az α -linolénsav mellett szignifikánsan nagyobb százalékos mennyiséget mértünk az egyéb n-3 zsírsavakból (C20:5, C22:5, C22:6) is. A lenolaj szignifikánsan növelte a

c9,t11-C18:2 és a t9,t11-C18:2 KLS izomerek arányát is mind a mell, mind a comb zsírjában.

A KLS-kiegészítés a lenolaj-kiegészítéshez hasonló mértékben csökkentette a zsír linolsav és arachidonsav arányát, amikor viszont a KLS- és a lenolaj-kiegészítést kombináltuk, a linolsavra és arachidonsavra gyakorolt hatásuk kumulálódott.

A KLS-kiegészítés mérsékelte a zsír összes PUFA-tartalmát, bár ez a hatás csak a mell esetében volt szignifikáns. A KLS- és a lenolaj-kiegészítés kombinálása viszont már mindkét mintavételi helyen szignifikánsan csökkentette a PUFA-csoport összmenységét.

Az egészséges táplálkozás szempontjából fontos, hogy az n-6 és n-3 zsírsavak megfelelő arányban legyenek jelen táplálékunkban. A különböző táplálkozási ajánlások a 4-5:1-hez n-6/n-3 arányt tekintik optimálisnak (Schaefer, 2002; Wahrburg, 2004), míg a 10:1 arányt már egyértelműen kedvezőtlennek tartják. Kísérletünkben vizsgált kezelések közül a takarmányában napraforgóolajat fogyasztó kontroll 1. csoport mintáiban talált 55-56:1 arány áll a legtávolabb az optimális aránytól. A KLS-kiegészítés ugyan jelentősen szűkíti ezt az arányt (31-33:1), de még ez is távol van a kívánttól. A javulás a linolsav részarány csökkenésének, illetve az α -linolénsav mennyiség növekedésének köszönhető. A szóban forgó arány lenolaj-kiegészítéssel, vagy lenolaj-, illetve KLS-kiegészítés kombinációjával szűkíthető a kívánt mértékben.

3.3.4.3. Konjugált linolsav és lenolaj együttes adagolásának hatása a tojás lipidjeinek zsírsav-összetételére

A három kezelésből származó tojások zsírsav-összetételét vizsgálva (16. táblázat) megállapítható, hogy a KLS-kiegészítés hatására szignifikáns mértékben megnőtt a tojássárgája KLS-aránya, amely eredmény szinkronban van az irodalmi adatokkal. Suksombat és mtsai (2006) is a tojások KLS-arányának szignifikáns növekedését tapasztalták, amikor a tojótápot különböző mennyiségű (1, 2, 3, 4%) KLS-sel egészítették ki. Eredményeik szerint az 1% KLS tartalmú tápot fogyasztó tyúkoktól származó tojások lipidjei átlagosan 2,08% KLS-t tartalmaztak, míg saját vizsgálataink során az 1. kísérleti csoport tojásaiban 1,6%, a 2. kísérleti csoport esetében pedig 1,55% KLS-t mértünk a 0,535% KLS-kiegészítés hatására. A két eredményt összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy az általunk beállított kísérletben kedvezőbb volt a KLS tojásba történő beépülése. Az eltérés feltehetően azzal áll összefüggésben, hogy a két kísérlet során használt KLS-készítmények KLS tartalma jelentősen eltér egymástól. Suksombat és mtsai (2006) kísérletében egy 30% KLS-arányú olajjal állították be a tojótáp KLS-arányát 1%-ra, míg az általunk használt készítmény összesen 53,5% KLS-t tartalmazott.

Annak ellenére, hogy az általunk előállított KLS-készítményben közel azonos mennyiségben voltak jelen a c9,t11-C18:2 illetve a t10,c12-C18:2 izomerek, a c9,t11 változat közel 4-szer nagyobb mennyiségben jelent meg a tojásban, mint a t10,c12. A két kísérleti csoport tojásainak KLS-aránya között egyedül csak a t9,t11-C18:2 izomer mennyiségében volt szignifikáns különbség, a 2. kísérleti csoport javára.

16. táblázat: Az egyes kezelések hatása a tojássárgája lipidjeinek zsírsav-összetételére

(adatok az összes zsírsav százalékában)

Tojás	Kontrollcsoport	Kísérleti csoportok	
		1	2
KLS-készítmény a takarmányban (%)	0	1	1
Lenolaj a takarmányban (%)	0	0	1
Napraforgóolaj a takarmányban (%)	3	2	1
C12:0	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
C14:0	0,32 ± 0,05 ^a	0,52 ± 0,07 ^b	0,48 ± 0,06 ^b
C15:0	0,06 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,01 ^b	0,08 ± 0,02 ^b
C16:0	22,81 ± 0,80 ^a	28,72 ± 1,35 ^b	28,40 ± 1,46 ^b
C17:0	0,19 ± 0,02 ^a	0,29 ± 0,03 ^b	0,31 ± 0,04 ^b
C18:0	8,72 ± 0,62 ^a	14,18 ± 0,87 ^b	14,44 ± 1,14 ^b
C20:0	0,02 ± 0,00 ^a	0,04 ± 0,01 ^b	0,04 ± 0,01 ^b
SFA	32,13 ± 0,92^a	43,83 ± 2,28^b	43,76 ± 1,63^b
C14:1 n-5	0,05 ± 0,01 ^b	0,03 ± 0,01 ^a	0,03 ± 0,02 ^a
C16:1 n-7	2,07 ± 0,30 ^b	1,07 ± 0,17 ^a	1,21 ± 0,22 ^a
C17:1	0,12 ± 0,01 ^b	0,07 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,02 ^a
C18:1 n-9	38,32 ± 2,15 ^c	26,14 ± 1,50 ^a	27,63 ± 1,41 ^b
C18:1 n-7	1,48 ± 0,18 ^b	1,00 ± 0,13 ^a	1,06 ± 0,15 ^a
C22:1	-	-	0,04 ± 0,01
MUFA	42,04 ± 1,96^c	28,31 ± 1,58^a	30,04 ± 1,59^b
C18:2 n-6	20,39 ± 1,16 ^b	21,88 ± 1,11 ^c	18,11 ± 1,82 ^a
c9,t11-C18:2 n-6	0,06 ± 0,02 ^a	1,20 ± 0,11 ^b	1,17 ± 0,11 ^b
t10,c12-C18:2 n-6	0,01 ± 0,01 ^a	0,32 ± 0,06 ^b	0,30 ± 0,04 ^b
c9,c11-C18:2 n-6	0,01 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^b	0,04 ± 0,01 ^b
t9,t11-C18:2 n-6	0,01 ± 0,01 ^a	0,04 ± 0,01 ^b	0,05 ± 0,01 ^c
C18:3 n-3	0,42 ± 0,05 ^a	0,41 ± 0,05 ^a	2,16 ± 0,24 ^b
C18:3 n-6	0,11 ± 0,02 ^c	0,08 ± 0,01 ^b	0,07 ± 0,01 ^a
C20:2 n-6	0,19 ± 0,03 ^b	0,25 ± 0,05 ^c	0,16 ± 0,04 ^a
C20:3 n-6	0,15 ± 0,02 ^b	0,13 ± 0,02 ^a	0,13 ± 0,01 ^a
C20:4 n-6	2,20 ± 0,23 ^c	1,78 ± 0,12 ^b	1,45 ± 0,14 ^a
C20:5 n-3	-	-	0,04 ± 0,01
C22:4 n-6	0,26 ± 0,05 ^c	0,22 ± 0,04 ^b	0,12 ± 0,02 ^a
C22:5 n-3	0,05 ± 0,02 ^a	0,07 ± 0,01 ^a	0,42 ± 0,08 ^b
C22:6 n-3	0,33 ± 0,07 ^b	0,23 ± 0,04 ^a	1,27 ± 0,15 ^c
PUFA	24,19 ± 2,12^a	26,65 ± 1,64^b	25,49 ± 2,27^{ab}
n-6	23,39 ± 1,41 ^b	25,94 ± 1,60 ^c	21,60 ± 1,32 ^a
n-3	0,80 ± 0,12 ^a	0,71 ± 0,08 ^a	3,89 ± 0,32 ^b
n-6/n-3	29,5	36,6	5,55

a, b, c: A különböző betűvel jelölt értékek soron belül szignifikánsan eltérnek egymástól

(P≤0,05)

A KLS-készítmény etetésekor a tojások KLS-arányának kedvező változása mellett – a brojlercsirkékkel végzett kísérleteinkben tapasztaltakhoz hasonlóan – a humán táplálkozás szempontjából kedvezőtlen változások is bekövetkeztek.

A KLS hatására szignifikánsan növekedett a telített zsírsavak (SFA) részaránya a tojássárgája lipidjeiben. Az SFA csoport növekedése elsősorban a palmitinsav (C16:0) és a sztearinsav (C18:0) szignifikáns növekedésének a következménye. Az említett két zsírsav részarányát a 2. kísérleti csoportban adagolt lenolaj-kiegészítés nem csökkentette, így a tojások összes SFA-aránya a 2. csoportban sem volt kevesebb az 1. kísérleti csoporthoz viszonyítva.

A MUFA-csoport zsírsavai szignifikánsan csökkentek a KLS-t is fogyasztó tyúkok tojásaiban. Mind a két kísérleti csoportban a palmitoleinsav (C16:1) és az olajsav (C18:1) mennyiségének szignifikáns csökkenése volt a meghatározó. Az 1. kísérleti csoporthoz képest a lenolaj-kiegészítés hatására sem változott a palmitoleinsav mennyisége, míg az olajsav részaránya ugyan nem számottevően, de statisztikailag is igazolható mértékben nőtt. Kim és mtsai (2007) kísérleteik során a KLS-t önállóan, illetve egyéb zsírsavakkal kombinálva adagolták a takarmányhoz. Eredményeikből kiderül, hogy a 2% KLS + 2% linolénsav kombináció hatására nem szignifikánsan, de nagyobb mértékben nőtt a tojásokban az olajsav részarányát (21,99-ről 22,87%-ra nőtt) annak a csoportnak a tojásaihoz képest, amelyik takarmánya a 2% KLS mellett 2%-ban linolsavat tartalmazott.

Husvéth és mtsai (2005) is az SFA csoport részarányának szignifikáns növekedését, és a MUFA csoport szignifikáns csökkenését tapasztalták,

amikor a tojótápot KLS-sel egészítették ki. Aydin (2005) tojótyúkokkal végzett kísérletében csak a KLS mellett 5, illetve 10%-ban etetett repceolaj-kiegészítéssel tudta megelőzni a palmitinsav és a sztearinsav növekedését, illetve az olajsav csökkenését, de ugyanakkor csökkent a tojások KLS-tartalma is.

A PUFA csoport zsírsavait vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az 1. kísérleti csoport esetében etetett KLS-kiegészítés hatására a konjugált linolsav (C18:2) izomerek mellett szignifikánsan növekedett a tojások linolsav és eikozadiénsav (C20:2) aránya is. Az α -linolénsav (C18:3) és az dokozapentaénsav (C22:5) mennyisége nem változott, a többi többszörösen telítetlen zsírsav részaránya pedig statisztikailag igazolható mértékben csökkent. A 2. kísérleti csoportban etetett lenolaj eredményeként átlagosan mintegy ötszörösére nőtt az n-3 csoportba tartozó zsírsavak százalékos mennyisége a kontroll és az 1. kísérleti csoportokhoz képest. Ennek megfelelően a 2. kísérleti csoport tojásai esetében az n-6/n-3 arány a humán ételmezés szempontjából sokkal kedvezőbb 5,55:1 arányra szűkült, szemben a másik két csoport 29,5-36,6:1 arányával. A PUFA-arány tekintetében csak az 1. kísérleti csoport esetében tapasztaltunk szignifikáns növekedést a kontrollcsoporthoz viszonyítva. Bölükbsai és mtsai (2005a) is a PUFA részarányának növekedését tapasztalták a KLS-kiegészítések (0; 0,5; 1,0; illetve 2,0%) hatására. Shang és mtsai (2005) kísérletében a 0; 2,5; illetve 5% KLS kiegészítés esetében 30,53%-ról sorrendben 36,20 illetve 35,43%-ra növekedett a tojások lipidjeinek PUFA-aránya. A felsorolt eredményektől eltérően a legtöbb kutató azonban a PUFA-arány csökkenését tapasztalta a KLS-kiegészítés eredményeként (Czauderna, 2005; Hwangbo és mtsai, 2005; Szymczyk és mtsai, 2005; Suksombat és mtsai, 2006; Hur és mtsai,

2007). Mivel a KLS-kiegészítés az esetek többségében negatívan hatott a PUFA-csoportba tartozó legtöbb zsírsavra, a teljes PUFA-aránybeli különbségek okának kiderítéséhez további kísérletek szükségesek.

3.3.5. Olaj- és különböző dózisu E-vitamin kiegészítések hatása a brojlerhús oxidációs stabilitására

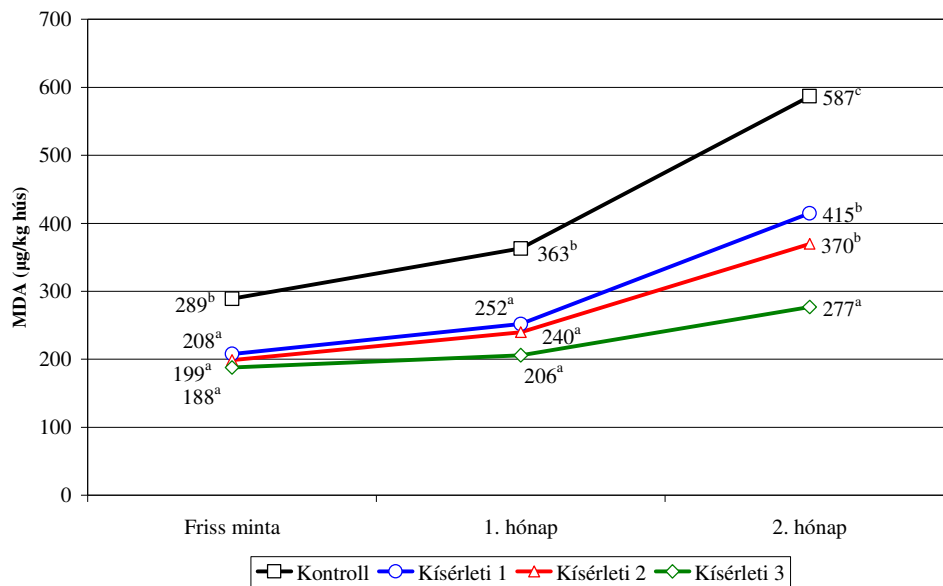
3.3.5.1. Első brojlerhízalási kísérlet

Az első kísérlet adatait elemezve megállapítható, hogy a húsok oxidációs stabilitására az idő ($P < 0,0001$) és a KLS-kiegészítés ($P < 0,001$) is szignifikáns hatással van. Az oxidációs stabilitás vizsgálatok eredményeit a 17. táblázat tartalmazza. Az adatokat a 11. és 12. ábrán is szemléltetjük.

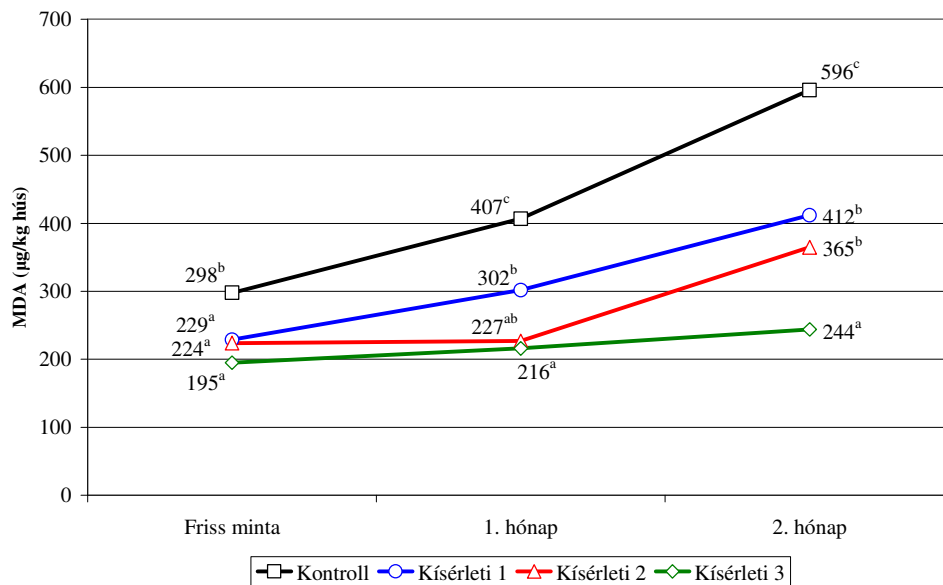
17. táblázat: A KLS-kiegészítés hatása a comb- és mellhús oxidációs stabilitására

	Kontrollcsoport	Kísérleti csoportok		
		1.	2.	3.
Napraforgóolaj a takarmányban (%)	4	3	2	0
KLS-készítmény a takarmányban (%)	0	1	2	4
MDA ($\mu\text{g}/\text{kg}$ hús)				
Combhús				
Friss minta	289 ± 83^b	208 ± 54^a	199 ± 31^a	188 ± 41^a
1 hónap	363 ± 92^b	252 ± 86^a	240 ± 48^a	206 ± 24^a
2 hónap	587 ± 87^c	415 ± 74^b	370 ± 66^b	277 ± 48^a
Mellhús				
Friss minta	298 ± 82^b	229 ± 69^a	224 ± 67^a	195 ± 39^a
1 hónap	407 ± 139^c	302 ± 75^b	227 ± 68^{ab}	216 ± 39^a
2 hónap	596 ± 116^c	412 ± 95^b	365 ± 93^b	244 ± 59^a

a, b, c: az egyes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P \leq 0,05$)

11. ábra: A KLS-kiegészítés hatása a combhús oxidációs stabilitására

a, b, c: az egyes időpontokon belül különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P \leq 0,05$)

12. ábra: A KLS-kiegészítés hatása a mellhús oxidációs stabilitására

a, b, c: az egyes időpontokon belül különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P \leq 0,05$)

Már közvetlenül a vágás után mért malondialdehid (MDA) értékek is azt igazolják, hogy a KLS kiegészítés kedvezően hat a húsok oxidációs stabilitására. A kontrollcsoportból származó húsminták MDA-tartalma már a friss minták vizsgálatakor szignifikánsan nagyobbak bizonyult, mint a kísérleti csoportok mintái esetében. Ugyanakkor a kísérleti csoportok eredményei között nem állt fenn statisztikailag igazolható különbség.

A húsmintákat az első vizsgálattól számított egy hónapon keresztül fagyasztva tároltuk, majd újra meghatároztuk MDA-tartalmukat. A kontrollcsoportból származó comb- és mellhús minták MDA-tartalma – hasonlóan a friss minták esetében tapasztaltakhoz – szignifikánsan nagyobb volt, mint a kísérleti csoportok mintáié. Amíg a comb esetében az 1 hónapos fagyasztva tárolást követően sem találtunk statisztikailag igazolható különbséget a kísérleti csoportok mintáinak MDA-értékei között, addig az 1% KLS-készítményt fogyasztó csoportból származó mellhús minták MDA-tartalmát a 4%-os kiegészítéshez képest már szignifikánsan nagyobbak találtuk.

A 2 hónapos fagyasztva tárolást követően is szignifikáns különbséget figyeltünk meg a kontroll és a kísérleti csoportok mintáinak MDA-tartalma között. A legnagyobb MDA-értékeket a comb- és mellhús esetében egyaránt a kontrollcsoport mintáiban mértük, míg a legalacsonyabb értékeket a 4% KLS-készítménnyel történő kiegészítés esetében kaptuk, amely eredmény már az 1 és 2%-os kiegészítés során kapott értékekhez képest is szignifikánsan kisebb volt.

A kontroll húsok MDA-tartalma mintegy megduplázódott a 2 hónapos tárolás alatt, ugyanakkor a legnagyobb dózisú KLS-kiegészítés (2,14%) esetében ez a növekedés a mell- és a combhús esetében is csak 25-47%-os

volt. Ugyanakkor a $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tárolt húsminták MDA-tartalmának alakulása azt igazolja, hogy az oxidáció mértéke – a comb- és a mellhús esetében is – lassan és egyenletesen növekedett a tárolás alatt. Ez a megállapítás alátámasztja azon korábbi vizsgálatok eredményét, amelyek szerint a fagyasztott élelmiszerben az enzimatis reakciók lassan, de folyamatos sebességgel mennek végbe (Gava, 1984).

3.3.5.2. Második brojlerhízalási kísérlet

A második kísérlet során azt vizsgáltuk, hogy a KLS-sel együtt adagolt E-vitamin kiegészítéssel tovább javítható-e a brojlerhús oxidációs stabilitása. Az eredmények statisztikai elemzéséből kiderült, hogy a húsok MDA-tartalmára a tárolási idő ($P<0,0001$) és a KLS-kiegészítés ($P<0,001$) mellett az E-vitamin-kiegészítésnek ($P<0,05$) is szignifikáns hatása van. A vizsgálat eredményeit a 18. táblázatban foglaltuk össze, valamint a 13. ábrán szemléltetjük.

Az előző kísérletünkhöz hasonlóan a legnagyobb MDA-értékeket a 4% napraforgóolajat fogyasztó kontrollcsoport húsmintáiban mértük. Már a friss mintában mért MDA szint is szignifikánsan nagyobbak bizonyult a kísérleti csoportok eredményeihez viszonyítva. A kísérleti csoportok MDA-tartalma között nem találtunk statisztikailag is igazolható különbséget.

Az egy hónapos fagyasztva tárolás után is a kontrollcsoport mintáiban mértük a legnagyobb MDA-koncentrációt. Ugyanakkor a kísérleti csoportok húsmintáinak MDA-tartalma között az 1 hónapos fagyasztva tárolás után sem találtunk szignifikáns különbséget.

A tárolási kísérlet végén, a két hónapig tartó fagyasztva tárolás után a legrosszabb eredményt produkáló kontrollmintáknak mintegy kétszer

nagyobb volt az MDA-tartalma, mint a legjobb eredményt elérő 3. kísérleti csoportnak. Mindezek mellett az is megállapítható, hogy mind a három kísérleti csoport szignifikánsan jobb eredményt ért el, a kontrollcsoportnál. A 200 mg E-vitamin-kiegészítésben részesült csoport húsmintáinak MDA-tartalma nemcsak a kontroll, hanem az E-vitamin-kiegészítés nélküli 1. kísérleti csoport mintáiban mért értékekhez képest is szignifikánsan kisebb volt.

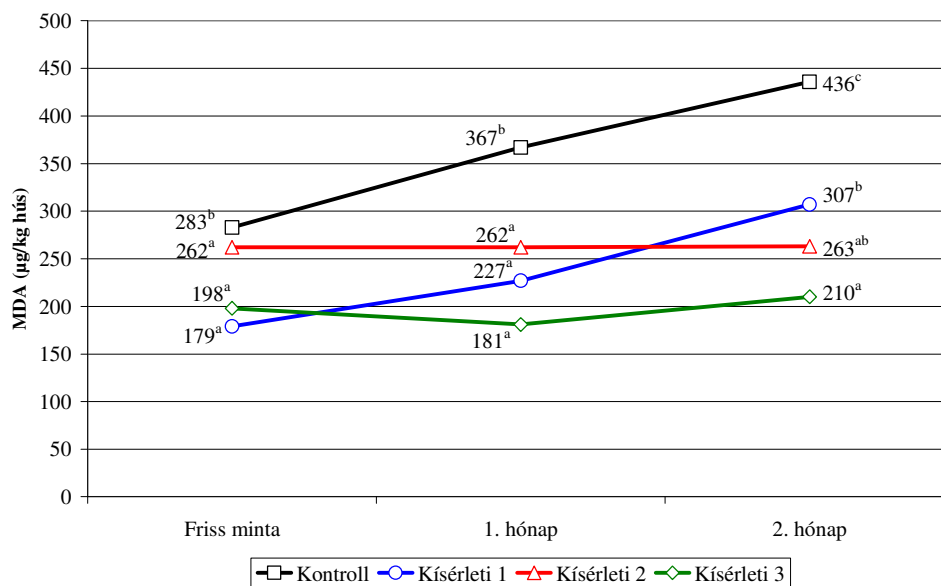
18. táblázat: A KLS- és E-vitamin-kiegészítés hatása a combhús oxidációs stabilitására

	Kontrollcsoport	1.	2.	3.
		Kísérleti csoportok		
Napraforgóolaj a takarmányban (%)	4	3	3	3
KLS-készítmény a takarmányban (%)	0	1	1	1
E-vitamin-kiegészítés a takarmányban (mg/kg)	0	0	100	200
MDA ($\mu\text{g}/\text{kg}$ hús)				
Combhús				
Friss minta	283 ± 68^b	179 ± 54^a	262 ± 42^a	198 ± 15^a
1 hónap	367 ± 81^b	227 ± 59^a	262 ± 71^a	181 ± 28^a
2 hónap	436 ± 121^c	307 ± 57^b	263 ± 46^{ab}	210 ± 22^a

a, b, c: az egyes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P \leq 0,05$)

A 13. ábrán jól megfigyelhető, hogy az 1% KLS-készítményt fogyasztó csoport húsmintáinak MDA-tartalma ugyan kisebb volt, mint a kontrollcsoporté, azonban a két csoport húsmintái esetében megfigyelhető oxidáció üteme hasonló volt a tárolás alatt. Az E-vitamin-kiegészítésben részesülő csoportok mintáinak pedig szinte nem is változott a kiindulási MDA-tartalma.

13. ábra: A KLS- és E-vitamin-kiegészítés hatása a combhús oxidációs stabilitására



a, b, c: az egyes időpontokon belül különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P \leq 0,05$)

A kísérlet eredményei tehát azt igazolják, hogy a KLS- és az E-vitamin-kiegészítés kombinálása a KLS-kiegészítéshez képest tovább javítja a hús oxidációs stabilitását. A kombináció kedvező hatása elsősorban a tárolt húsok esetében nyilvánul meg. A hatás a tárolási idő növekedésével egyre kifejezettebb.

3.3.5.3. Harmadik brojlerhízlalási kísérlet

A brojlercsirkékkel végzett harmadik kísérlet során azt vizsgáltuk, hogy a KLS-készítmény, valamint az E-vitamin-kiegészítés mellett adagolt lenolaj, illetve ezek kombinációja, milyen hatással van a csirkecomb oxidációs stabilitására. Az előző kísérletünkhöz hasonlóan itt is azt tapasztaltuk, hogy egyes tényezők (tárolási idő [$P < 0,0001$], KLS-kiegészítés [$P < 0,05$], E-vitamin-kiegészítés [$P < 0,0001$]) külö-külön is szignifikáns hatással vannak a húсок MDA-tartalmára. Az eredményeket tartalmazó 19. táblázat és 14. ábra alapján megállapítható, hogy az 1. kontrollcsoportban kapott MDA-értékek voltak a legnagyobbak, míg a legkisebb MDA-koncentrációt az E-vitamin kiegészítésben részesült 2. kontrollcsoportban mértük. A két kontrollcsoport MDA-értékei szignifikánsan különböztek egymástól, ami eltérő E-vitamin-ellátottságukkal magyarázható. A kísérleti csoportok értékei egymáshoz, és a kontrollcsoportok eredményeihez képest sem tértek el szignifikáns mértékben.

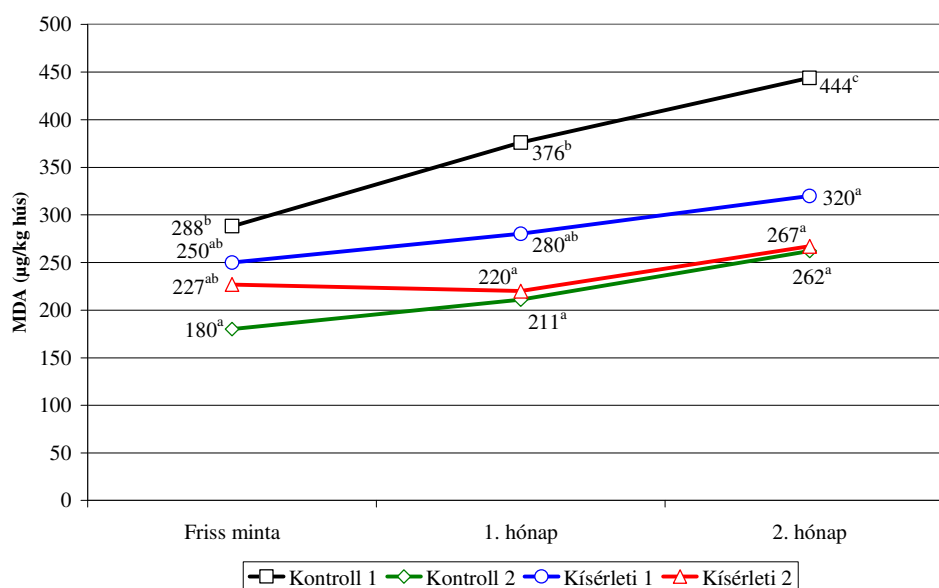
Az egy hónapos fagyasztva tárolást követően a kontroll- és a kísérleti csoportok közül is a 200 mg E-vitamin-kiegészítésben részesült csirkéktől származó húsmintákban mértük a legkisebb MDA-koncentrációt. Ez az eredmény azonban csak az E-vitamin-kiegészítés nélküli 1. kontrollcsoport eredményéhez képest volt szignifikánsan kedvezőbb. A tárolási kísérlet második hónapját követő vizsgálat eredményei szerint az 1. kontrollcsoport MDA koncentrációja volt a legnagyobb, amely eredmény a többi csoport eredményéhez képest szignifikánsan rosszabb volt.

19. táblázat: A különböző olaj- és E-vitamin-kiegészítések hatása a combhús oxidációs stabilitására

	1		2	
	Kontrollcsoportok		Kísérleti csoportok	
KLS-készítmény a takarmányban (%)	0	0	1	1
Lenolaj a takarmányban (%)	2	2	2	2
E-vitamin kiegészítés a takarmányban (mg/kg)	0	200	0	200
MDA $\mu\text{g}/\text{kg}$ hús				
Combhús				
Friss minta	288 \pm 69 ^b	180 \pm 35 ^a	250 \pm 36 ^{ab}	227 \pm 48 ^{ab}
1 hónap	376 \pm 79 ^b	211 \pm 70 ^a	280 \pm 31 ^{ab}	220 \pm 53 ^a
2 hónap	444 \pm 74 ^c	262 \pm 24 ^a	320 \pm 49 ^a	267 \pm 51 ^a

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

14. ábra: A különböző olaj- és E-vitamin-kiegészítések hatása a combhús oxidációs stabilitására



a, b, c: az egyes időpontokon belül különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,05$)

A legkedvezőbb eredményeket – az előző kísérletünk során leírtakhoz hasonlóan – a 200 mg E-vitamin-kiegészítésben részesült csoportok esetében kaptuk. Eredményeinket azok a megállapítások is alátámasztják, amelyek szerint a szükséglet felett adagolt E-vitamin-kiegészítés hatékonyan csökkenti a lipid oxidációt hús, illetve hústermékek esetén (Jensen és mtsai, 1998; Manilla és Husvéth, 1999; Castellini és mtsai, 1999; Husvéth és mtsai, 2000; Dal Bosco és mtsai, 2004, Mézes és mtsai, 2006).

A brojlerhús oxidációs stabilitására vonatkozó tárolási kísérleteink eredményei alapján megállapíthatjuk, hogy a brojlerek takarmányának KLS-sel történő kiegészítése pozitívan befolyásolja húsuk oxidációs stabilitását. A kéthónapos fagyasztva tárolást követően mindegyik kísérletünkben szignifikánsan alacsonyabbnak mértük a KLS-kiegészítésben részesült csoportok húsának MDA-tartalmát a KLS, illetve E-vitamin-kiegészítés nélküli kontrollcsoportok MDA-értékéhez képest. Eredményeinkhez hasonlóan Zhang és mtsai (2008) is a MDA-koncentrációjának csökkenését figyelték meg, amikor a brojlerek tápját kg-onként 5 és 10 g KLS-sel egészítették ki. Bölükbasi és Erhan (2007) ugyancsak az oxidációs stabilitás javulását tapasztalták a 3% KLS-kiegészítés esetében, bár a legkedvezőbb eredményeket akkor kapták, amikor a KLS-kiegészítést olívaolaj-kiegészítéssel kombinálták (1,5% olívaolaj + 1,5% KLS).

Mivel a konjugált linolsavak kémiai szerkezete nem utal arra, hogy antioxidáns tulajdonsággal rendelkeznének, az oxidációs stabilitás javulásának egyik oka feltehetően a KLS-kiegészítésnek a zsírsav-összetételre gyakorolt hatásában keresendő. Számos tanulmányban igazolták, hogy a többszörösen telítetlen zsírsavak gyorsítják a húsok és hústermékek oxidatív romlását (Lin és mtsai, 1989; Monahan és mtsai,

1992; Morrissey és mtsai, 1998; Manilla és Husvéth, 1999; M zes  s Erdélyi, 2003; Kahraman és mtsai, 2004; Schmidt és mtsai, 2008). Az első kísérletünk zsírsav-összetétel vizsgálati eredményeiből (12.  s 13. táblázat) az derült ki, hogy a takarmányhoz kevert KLS növeli a telített, és ugyanakkor csökkenti az oxidációra sokkal érzékenyebb telítetlen zsírsavak részarányát a húsban. A 4% KLS-készítményt fogyasztó csoportok comb- és mellh s ban a telített zsírsavak aránya sorrendben 26,1 illetve 26,3%-r l 46,7 és 46,1%-ra nőtt, m g a telítetlen zsírsavak (UFA) aránya 73,4 illetve 73,3%-r l 51,9 és 52,1%-ra csökkent, ezzel mintegy javítva a húsok oxidációs stabilitását.

Mindezen hatások mellett Ko és mtsai (2004) a KLS-kiegészítés hatására megnövekedett kataláz-aktivitást figyeltek meg a májban, m g Zhang és mtsai (2008) a kataláz-aktivitás növekedésén túlmenően nagyobb teljes szuperoxid-dizmutáz (TSOD) aktivitást írtak le a májban és a szérumban is.

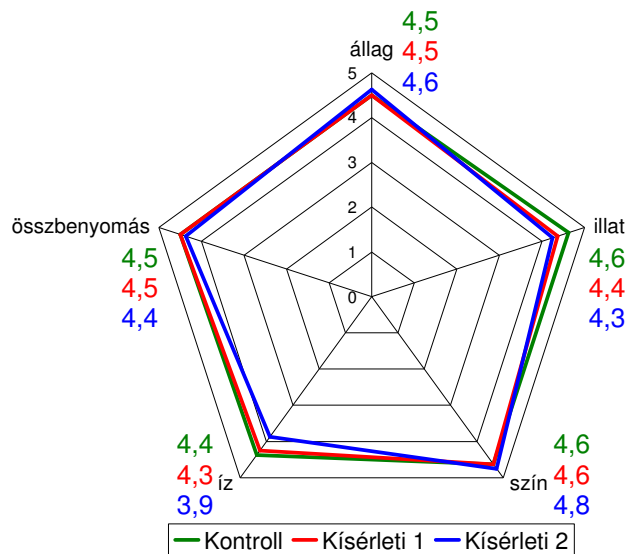
3.3.6. A különböző olajkiegészítések hatása a készételek organoleptikus tulajdonságaira

3.3.6.1. A brojlerhús organoleptikus tulajdonságai

A húsok összetételének változtatásakor figyelembe kell venni azt is, hogy ezek a változások miként befolyásolják az ételek organoleptikus tulajdonságait. Különösen igaz ez a takarmányozás útján módosított zsírsav-összetételű h sokra. A 15.  bra adataiból jól látszik, hogy nincs lényeges eltérés a különböző kezelésekből származó natúr s lth sok organoleptikus tulajdonságainak megítélésében. A kontroll és az 1. kísérleti csoport mind az  t tulajdonság esetében hasonló pontszámot ért el. A 2% lenolajat is

fogyasztó 2. kísérleti csoportból származó húsok ízének megítélése viszont már némiképp romlott a kontroll és az 1. kísérleti csoportokhoz képest. A húsok illatának elbírálásakor is a 2. kísérleti csoport kapta a legalacsonyabb pontszámot. Ugyanakkor a szín értékelésekor az ebből a csoportból származó húsok szerepeltek a legjobban.

15. ábra: Az egyes kezelések hatása a natúr sült húsok organoleptikus tulajdonságaira



Kontroll: 4% napraforgóolaj

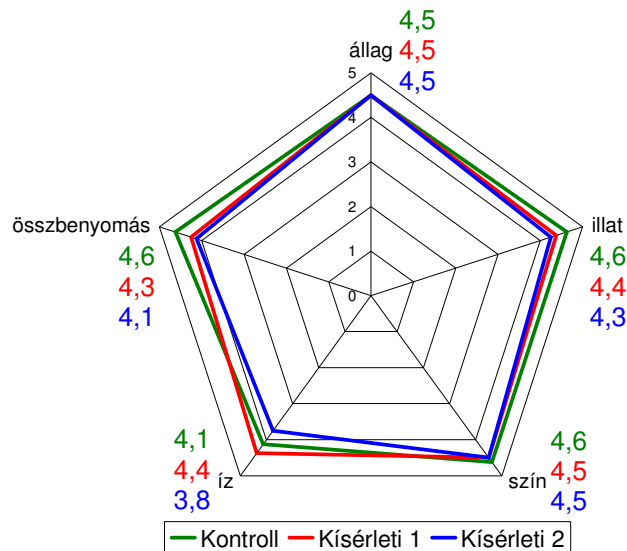
Kísérleti 1: 1% KLS-készítmény + 3% napraforgóolaj

Kísérleti 2: 1% KLS-készítmény + 1% napraforgóolaj + 2% lenolaj

A napraforgóolajban sült húsok organoleptikus tulajdonságait vizsgálva (16. ábra) sem találtunk kiugró értékeket az egyes tulajdonságokra adott pontszámok között. Az értékelés során egyedül az íz tekintetében kaptunk 4 alatti átlagértéket. Ebben az esetben is a 2% lenolajat fogyasztó csoportból származó húsok megítélése volt a legrosszabb. A kontrollcsoporthoz viszonyítva az eltérés azonban nem számottevő. Az

összbenyomás és az illat tekintetében is a 2. kísérleti csoport szerepelt a legrosszabbul, azonban mindkét paraméter tekintetében 4 feletti átlagpontszámot ért el. A hús ízének megítélése szempontjából a takarmánnyal KLS-t fogyasztó 1. kísérleti csoport pontszáma (4,4) volt a legkedvezőbb.

16. ábra: Az egyes kezelések hatása a napraforgóolaj hozzáadásával készült sült húsok organoleptikus tulajdonságaira



Kontroll: 4% napraforgóolaj

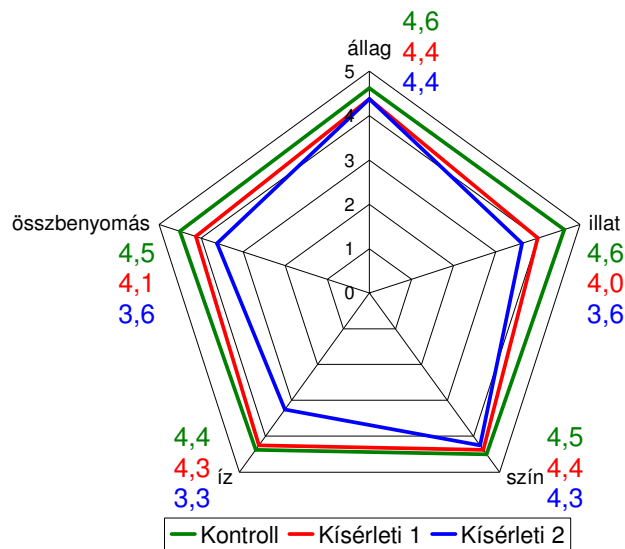
Kísérleti 1: 1% KLS-készítmény + 3% napraforgóolaj

Kísérleti 2: 1% KLS-készítmény + 1% napraforgóolaj + 2% lenolaj

A 17. ábra eredményeit vizsgálva a kontroll és az 1. kísérleti csoportokból származó húsok egyes tulajdonságainak megítélése mindegyik tulajdonság esetében jónak mondható. A legnagyobb különbség az illatra kapott pontszámokban volt. A kontroll 4,6, míg az 1. kísérleti csoport 4,0 pontot kapott. A legrosszabb eredményt a sertézsírban sült húsok esetében is a lenolajat is fogyasztó 2. kísérleti csoport érte el. Illat, íz és

összbenyomás esetében alatta maradt a jónak mondható 4,0 pontszámnak. Az íz megítélésekor átlagosan mindössze 3,3 pontot adtak a bírálók a 2. kísérleti csoportból készült sült húsról.

17. ábra: Az egyes kezelések hatása a sertészsír hozzáadásával készült sült húsok organoleptikus tulajdonságaira



Kontroll: 4% napraforgóolaj

Kísérleti 1: 1% KLS-készítmény + 3% napraforgóolaj

Kísérleti 2: 1% KLS-készítmény + 1% napraforgóolaj + 2% lenolaj

Összegzésül megállapítható, hogy a takarmányokhoz adagolt 1% KLS-készítmény nem befolyásolta a húsok organoleptikus tulajdonságait. Az 1. kísérleti csoportból készült sült hús érzékszervi megítélése mind a három sütési mód esetében a kontrollcsoportéhoz volt hasonló.

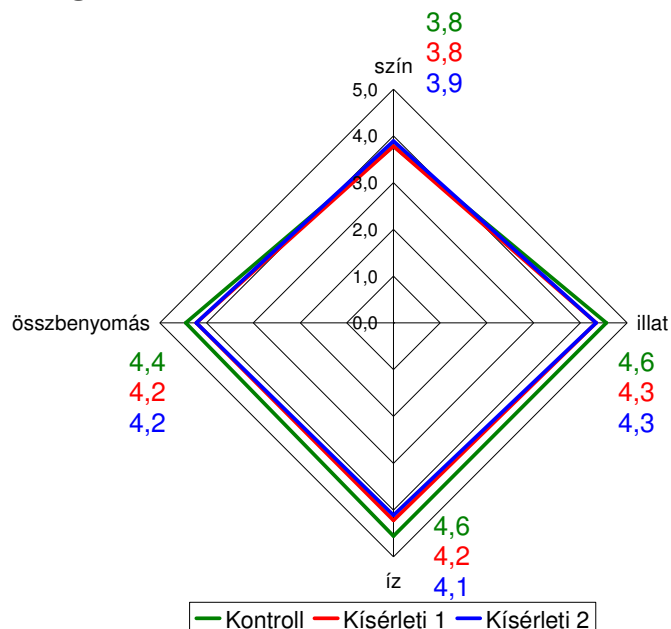
A 2% lenolajat is fogyasztó 2. kísérleti csoportból származó húsok ízletességére adott pontok átlaga egyik sütési mód esetében sem érte el a 4,0 értéket. A különbség azonban csak a sertészsírban sült húsok

megítélésekor volt jelentős. A 2. kísérleti csoportból származó, sertésszírban sült húsok illat és összbenyomás tekintetében is lényegesen kevesebb pontot kaptak, és mindössze a szín és állag vonatkozásában volt a megítélésük a többi csoportéhoz hasonló.

3.3.6.2. A tojásból készült ételek organoleptikus tulajdonságai

A 18. és 19. ábrák adatait vizsgálva megállapítható, hogy kísérleti csoportokból származó tojásételek organoleptikus tulajdonságai nem változtak jelentősen a kontroll tojásokhoz képest.

18. ábra: Az egyes kezelések hatása a főtt tojás organoleptikus tulajdonságaira

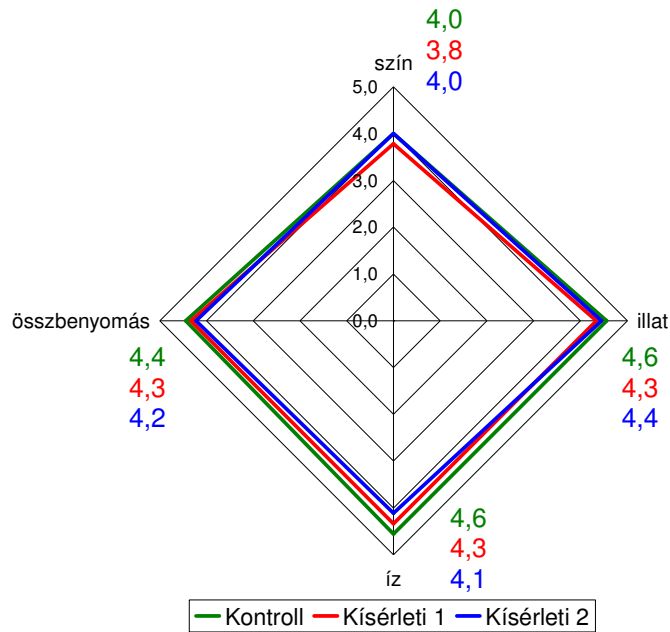


Kontroll: 3% napraforgóolaj

Kísérleti 1: 1% KLS-készítmény + 2% napraforgóolaj

Kísérleti 2: 1% KLS-készítmény + 1% napraforgóolaj + 1% lenolaj

19. ábra: Az egyes kezelések hatása a rántotta organoleptikus tulajdonságaira



Kontroll: 3% napraforgóolaj

Kísérleti 1: 1% KLS-készítmény + 2% napraforgóolaj

Kísérleti 2: 1% KLS-készítmény + 1% napraforgóolaj + 1% lenolaj

A főtt tojás és a rántotta esetében is a tojások színére adták a legkevesebb pontot a bírálók. Ez az eredmény azzal magyarázható, hogy az etetett tojótápok nem tartalmaztak mesterséges színezőanyagot, ezért a tojások színe a kereskedelmi forgalomban kapható tojásokéhoz viszonyítva halványabb volt.

Az illat és az összbenyomás tekintetében is kisebb pontszámot kaptak a kísérleti csoportoktól származó tojások, azonban ezek a különbségek nem jelentősek. A kontroll tojásokhoz viszonyított legnagyobb eltérés a főtt tojás és a rántotta esetében is az íz bírálatokor volt megfigyelhető. A legkisebb

pontszámot mindkét étel esetében a lenolajat is fogyasztó 2. kísérleti csoportból származó tojások kóstolásakor adták a bírálók.

A kóstolópróba eredményei alapján megállapítható, hogy 1% KLS-készítmény sem a főtt tojás, sem a rántotta vizsgált organoleptikus tulajdonságait nem befolyásolta érdemben. A lenolaj – bár kisebb mértékben, mint a sült húsok esetében – kedvezőtlenül módosította a tojásételek ízét.

Arra vonatkozóan nem találtunk irodalmat, hogy a KLS-kiegészítés miként befolyásolja az egyes állati termékek érzékszervi tulajdonságait. Ugyanakkor több kutató is az ételek organoleptikus tulajdonságainak romlását figyelte meg, amikor az n-3 zsírsavak növelése céljából különböző olajkiegészítőket etettek az állatokkal. Hargis és van Elswyk (1993) szerint a baromfihús és tojás n-3 zsírsavtartalma halolaj, illetve halliszt etetésével megnövelhető ugyan, azonban ennek eredményeként mind a húsból, mind pedig a tojásból készült ételek esetében mellékíz alakul ki. Bartos és mtsai (2004) brojlercsirkék hizlalásakor 6, illetve a hizlalás végére 3%-ra csökkentett mennyiségű lenolaj-kiegészítés esetében, más zsírforrásokhoz viszonyítva az érzékszervi tulajdonságok romlását figyelték meg. Schmidt és mtsai (2008) kísérletében a 2 és 4% lenolaj-kiegészítés nem rontotta a csirkehúsból készült ételek érzékszervi megítélését, ugyanakkor a 6% lenolaj-kiegészítés már ízhibát eredményezett.

Eredményeinkhez hasonlóan Mazalli és mtsai (2004) sem tapasztaltak ízhibát tojás esetében, amikor a tojótyúkok takarmányát 3%-nyi mennyiségben különböző olajokkal (repceolaj, napraforgóolaj, lenolaj, halolaj, valamint lenolaj és halolaj keveréke) egészítették ki. Schmidt és mtsai (2008) eredményei szerint sem a 4% lenolaj-, sem pedig a 3% lenolaj-

+ 1% halolaj-kiegészítés nem befolyásolta kedvezőtlenül a főtt tojás és a rántotta ízét és illatát. Hasonlóképpen Rebollar és mtsai (2008) sem tapasztalták a tojás érzékszervi tulajdonságainak romlását, amikor a tojótápokot 1,5-1,7% halolajjal egészítették ki.

3.3.7. A konyhatechnikai műveletek hatása a zsírsav-összetételre

Ma már számos adat áll rendelkezésre arra vonatkozólag, hogy az egyes gazdasági állatok takarmányának zsírkiegészítése – az etetett zsírforrástól függően – milyen hatással van a hús zsírsav-összetételére. Azt azonban már kevesebben vizsgálták, hogy miként változik ezeknek a húsoknak a zsírsav-összetétele a különböző konyhatechnikai műveletek (pl.: sütés, főzés) hatására. Jelen fejezetben annak a kísérletnek az eredményeit tárgyaljuk, amelyben azt vizsgáltuk, hogy miként változik a combhús zsírsav-összetétele olyan konyhatechnikai műveletek hatására, mint a natúr, illetve a különböző zsiradékok (napraforgóolaj, sertészsír) hozzáadásával történő sütés.

Az eltérő sütési módok zsírsav-összetételre gyakorolt hatásának értékelésekor tekintettel voltunk arra is, hogy a hús mennyi zsírt vett fel a sütés során a sütéshez felhasznált zsiradékból. Azért, hogy az eredményekben ez is kifejezésre jusson, a különböző módon sült húsok zsírsav-összetételét nem az összes zsírsav százalékában, hanem a hús tömegszázalékában adtuk meg.

20. táblázat: A nyers- és különböző módon sült csirkecomb fontosabb zsírsavai

zsírsavak	(adatok a hús százalékában)			
	Ny-H	N-SH	O-SH	S-SH
	Kontrollcsoport (4% napraforgóolaj; NO)			
C16:0	2,09 ± 0,16 ^a	2,09 ± 0,10 ^a	2,38 ± 0,04 ^b	2,56 ± 0,03 ^c
C18:0	0,68 ± 0,04 ^a	0,69 ± 0,04 ^a	0,88 ± 0,01 ^b	0,92 ± 0,03 ^b
C16:1	0,36 ± 0,06 ^a	0,37 ± 0,04 ^a	0,39 ± 0,01 ^a	0,44 ± 0,03 ^b
C18:1	3,38 ± 0,10 ^a	3,36 ± 0,14 ^a	3,82 ± 0,04 ^b	4,09 ± 0,07 ^c
C18:2 n-6	3,47 ± 0,28 ^a	3,43 ± 0,20 ^a	4,25 ± 0,08 ^b	3,67 ± 0,18 ^a
C18:3 n-3	0,06 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,01 ^b	0,09 ± 0,01 ^{ab}	0,12 ± 0,01 ^c
SFA	2,85 ± 0,18 ^a	2,88 ± 0,14 ^a	3,40 ± 0,07 ^b	3,61 ± 0,07 ^c
MUFA	3,92 ± 0,15 ^a	3,88 ± 0,19 ^a	4,46 ± 0,02 ^b	4,74 ± 0,07 ^c
PUFA	3,74 ± 0,29 ^a	3,79 ± 0,21 ^a	4,64 ± 0,07 ^b	4,08 ± 0,17 ^a
UFA/SFA	2,69	2,66	2,68	2,44
Zsír tartalom (g/100 g hús)	10,64	10,79	12,62	12,84
	1. Kísérleti csoport (3% NO + 1% KLS készítményt; KLS-K)			
C16:0	2,70 ± 0,14 ^a	2,79 ± 0,09 ^a	3,21 ± 0,17 ^b	3,42 ± 0,17 ^c
C18:0	1,13 ± 0,03 ^a	1,16 ± 0,03 ^a	1,28 ± 0,03 ^b	1,41 ± 0,05 ^c
C16:1	0,25 ± 0,04 ^a	0,27 ± 0,03 ^a	0,32 ± 0,08 ^{ab}	0,37 ± 0,06 ^b
C18:1	2,74 ± 0,13 ^a	2,78 ± 0,07 ^a	3,34 ± 0,07 ^b	3,54 ± 0,11 ^c
C18:2 n-6	2,86 ± 0,21 ^a	2,83 ± 0,20 ^a	3,42 ± 0,10 ^b	3,03 ± 0,18 ^a
C18:3 n-3	0,09 ± 0,01 ^a	0,09 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,01 ^{ab}	0,12 ± 0,02 ^b
SFA	3,96 ± 0,15 ^a	4,07 ± 0,13 ^a	4,64 ± 0,16 ^b	4,99 ± 0,18 ^c
MUFA	3,16 ± 0,17 ^a	3,23 ± 0,93 ^a	3,85 ± 0,01 ^b	4,10 ± 0,11 ^c
PUFA	3,40 ± 0,23 ^a	3,38 ± 0,23 ^a	3,98 ± 0,14 ^b	3,64 ± 0,18 ^a
UFA/SFA	1,66	1,62	1,69	1,55
Zsír tartalom (g/100 g hús)	10,57	10,72	12,78	12,74
	2. Kísérleti csoport (1% NO + 1% KLS-K + 2% lenolaj; LO)			
C16:0	2,69 ± 0,16 ^a	2,70 ± 0,18 ^a	2,97 ± 0,21 ^a	3,31 ± 0,20 ^b
C18:0	1,10 ± 0,05 ^a	1,19 ± 0,08 ^a	1,29 ± 0,08 ^b	1,38 ± 0,08 ^c
C16:1	0,26 ± 0,06 ^a	0,23 ± 0,06 ^a	0,27 ± 0,07 ^{ab}	0,32 ± 0,08 ^b
C18:1	2,60 ± 0,16 ^a	2,58 ± 0,04 ^a	3,07 ± 0,11 ^b	3,31 ± 0,14 ^c
C18:2 n-6	2,09 ± 0,21 ^a	2,18 ± 0,12 ^a	2,97 ± 0,22 ^b	2,31 ± 0,24 ^a
C18:3 n-3	0,64 ± 0,07 ^a	0,59 ± 0,02 ^a	0,61 ± 0,04 ^a	0,57 ± 0,04 ^a
SFA	3,91 ± 0,15 ^a	4,03 ± 0,16 ^a	4,41 ± 0,21 ^b	4,86 ± 0,13 ^c
MUFA	3,39 ± 0,20 ^a	3,37 ± 0,08 ^a	3,95 ± 0,11 ^b	4,26 ± 0,18 ^c
PUFA	3,21 ± 0,31 ^a	3,26 ± 0,08 ^a	4,12 ± 0,32 ^b	3,36 ± 0,31 ^a
UFA/SFA	1,69	1,65	1,82	1,57
Zsír tartalom (g/100 g hús)	10,73	10,68	12,55	12,80

a, b, c: a különböző betűvel jelölt értékek soron belül szignifikánsan eltérnek egymástól (P<0,05)

Ny-H= nyershús, N-SH= natúr sült hús, O-SH= napraforgóolajban sült hús, S-SH= sertészsírban sült hús

Az 20. táblázatban csak a nagyobb mennyiségben előforduló legfontosabb zsírsavakat, valamint a húsok összes SFA, MUFA és PUFA arányát tüntettük fel. Az 20. táblázat, valamint a 20., 21. és 22. ábrák adatai alapján megállapíthatjuk, hogy a natúr (zsiradék hozzáadása nélküli) sütés egyik kezelés esetében sem befolyásolja a húsok SFA, MUFA vagy PUFA arányát.

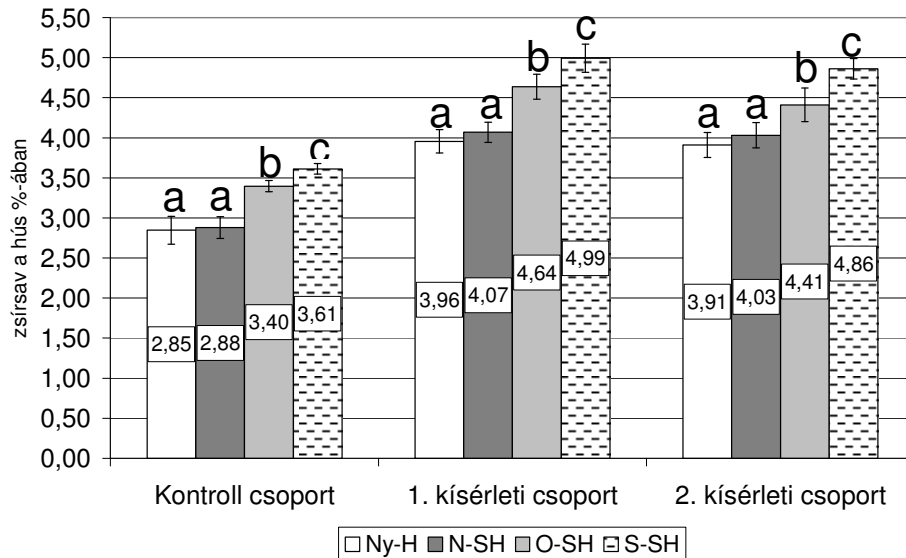
Eredményeinkhez hasonlóan Pálffy és mtsai (2007) kísérleteiben sem befolyásolta a natúr sütés a húsok SFA-arányát, ugyanakkor a MUFA-arány kismértékű növekedése mellett a PUFA részarányának csökkenését tapasztalták. Castellini és mtsai (1998) a nyers és sült nyúlhús zsírsav-összetételét vizsgálva ugyancsak a PUFA-arány csökkenéséről számoltak be, ők azonban a MUFA helyett az SFA részarányának kismértékű növekedését figyelték meg a sült húsban. Ugyanakkor egyes kutatók brojlercsirkékkel (Skrivanová és mtsai, 2004; Zsédely, 2008) és nyulakkal (Zsédely, 2008) végzett vizsgálatokban sem találtak jelentős eltérést a nyers, és a zsiradék hozzáadása nélkül sült húsok zsírsav-összetétele között.

A napraforgóolaj, valamint sertészsír hozzáadásával készült sült húsok zsírtartalma és zsírsav-összetétele – a felvett zsiradéknak köszönhetően – a sütőzsiradék zsírsav-összetételének megfelelően változott. Eredményeinkkel egyezően más szerzők is arra a megállapításra jutottak, hogy a zsiradékban sült húsok zsírsav-összetétele a felhasznált sütőzsiradék zsírsav-összetételének függvényében változik (Bonsell és mtsai, 1993; Conchillo és mtsai, 2004).

A várakozásoknak megfelelően a telített zsírsav hányadot (SFA) legnagyobb mértékben a hús sertészsírban történő sütése növelte meg (20. ábra). A sertészsír ugyanis a napraforgóolajnál lényegesen, mintegy 3,5-ször

több telített zsírsavat tartalmaz (7. táblázat). A 20. ábra alapján az is megállapítható, hogy sem a zsírban, sem pedig az olajban történő sütés nem növelte meg lényegesen a hús SFA-arányát.

20. ábra: A különböző kezelésekből származó csirkecomb SFA-arányának alakulása az eltérő sütési módok hatására



a, b, c: az egyes csoportokon belül a különböző betűvel jelölt oszlopok szignifikánsan eltérnek egymástól ($P \leq 0,05$)

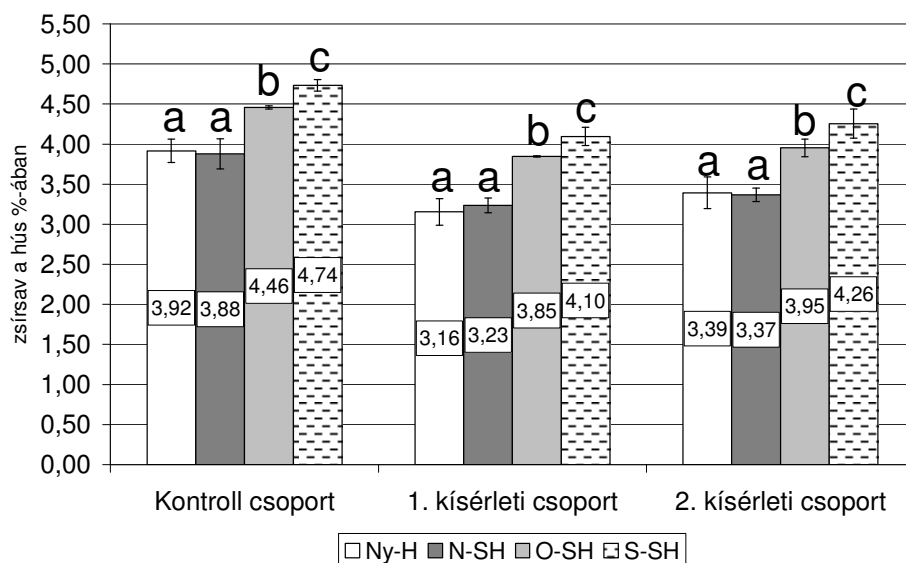
Kontrollcsoport: 4% NO; 1. kísérleti csoport: 3% NO+1% KLS-K; 2. kísérleti csoport: 1% NO+1% KLS-K+2% LO

A növekmény a három kezelés átlagában 0,66 g/100 g hús. A natúr módon sült húshoz képest az egyes kezelések hújának SFA-aránya a következőképpen változott a napraforgóolajban, illetve sertészsírban történő sütés hatására:

	SFA		
	Natúr	Napraforgóolaj	Sertézsír
Kontrollcsoport	100%	118%	125%
1. kísérleti csoport	100%	114%	123%
2. kísérleti csoport	100%	109%	120%

Az adatok alapján megállapítható, hogy a napraforgóolajban, valamint a sertézsírban végzett sütés a natúr sütéshez képest átlagosan 13,7, illetve 22,7%-kal növelte meg a hús SFA-arányát.

21. ábra: A különböző kezelésekből származó csirkecomb MUFA-arányának alakulása az eltérő sütési módok hatására



a, b, c: az egyes csoportokon belül a különböző betűvel jelölt oszlopok szignifikánsan eltérnek egymástól ($P \leq 0,05$)

Kontrollcsoport: 4% NO; 1. kísérleti csoport: 3% NO+1% KLS-K; 2. kísérleti csoport: 1% NO+1% KLS-K+2% LO

A 21. ábrát vizsgálva kiderül, hogy a MUFA-csoport zsírsavait ugyancsak a sertézsírban történő sütés növeli meg a legnagyobb mértékben, ami a sertézsír 47,1%-os MUFA részarányával magyarázható. A

napraforgóolajban ezzel szemben csak 29%-nyi MUFA található. Az SFA-csoporthoz hasonlóan a MUFA abszolút mennyisége is csak kismértékben nő meg a húsban a zsiradék hozzáadása nélkül süített (natúr) húshoz képest. A növekmény a három kezelés átlagában 0,73 g/100 g hús, amely növekmény a különböző kezelésekből a következő volt:

	MUFA		
	Natúr	Napraforgóolaj	Sertézsír
Kontrollcsoport	100%	115%	122%
1. kísérleti csoport	100%	119%	127%
2. kísérleti csoport	100%	117%	126%

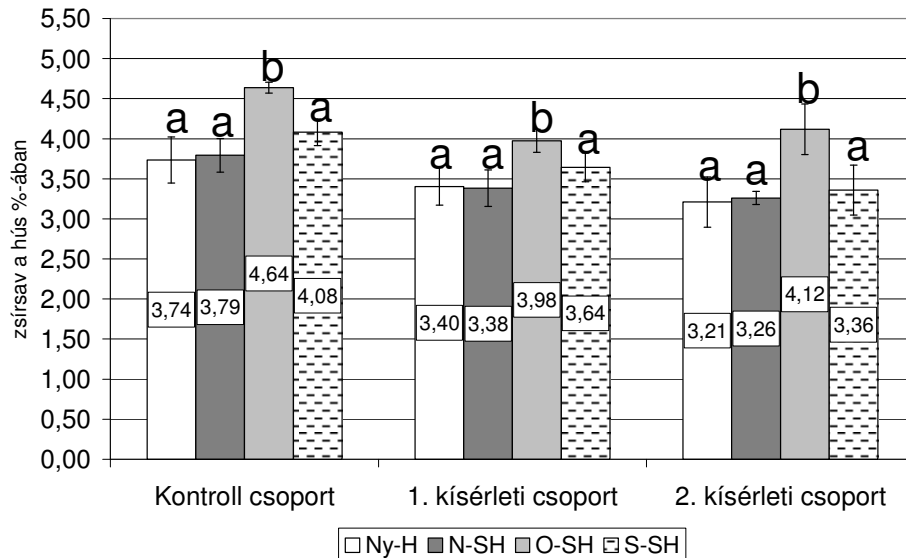
A MUFA átlagos növekedése a napraforgóolajban, valamint sertézsírban történő sütés eredményeként 17,0, illetve 25%.

A napraforgóolaj közel 60%-os linolsav-tartalmának köszönhetően a PUFA csoport a napraforgóolajban süített hús esetében nőtt a legnagyobb mértékben (22. ábra). A PUFA-arány mindhárom kezelés esetében szignifikánsan a napraforgóolajban süített húsokban volt a legnagyobb. A hús PUFA-aránya ennek ellenére nem nőtt nagyobb mértékben a másik két zsírsav csoportnál (SFA, MUFA), ugyanis a PUFA-csoport abszolút növekménye a három kezelés átlagában 0,49 g/100 g hús volt, amely növekmény a natúr módon süített hús PUFA-arányához képest az egyes kezelésekből az alábbi módon alakult:

	PUFA		
	Natúr	Napraforgóolaj	Sertézsír
Kontrollcsoport	100%	122%	107%
1. kísérleti csoport	100%	117%	108%
2. kísérleti csoport	100%	126%	103%

A PUFA növekedése a két különböző zsiradékban történő sütésük következtében átlagosan tehát 21,7, illetve 6,0% volt.

22. ábra: A különböző kezelésekből származó csirkecomb PUFA-arányának alakulása az eltérő sütési módok hatására



a, b: az egyes csoportokon belül a különböző betűvel jelölt oszlopok szignifikánsan eltérnek egymástól ($P \leq 0,05$)

Kontrollcsoport: 4% NO; 1. kísérleti csoport: 3% NO+1% KLS-K; 2. kísérleti csoport: 1% NO+1% KLS-K+2% LO

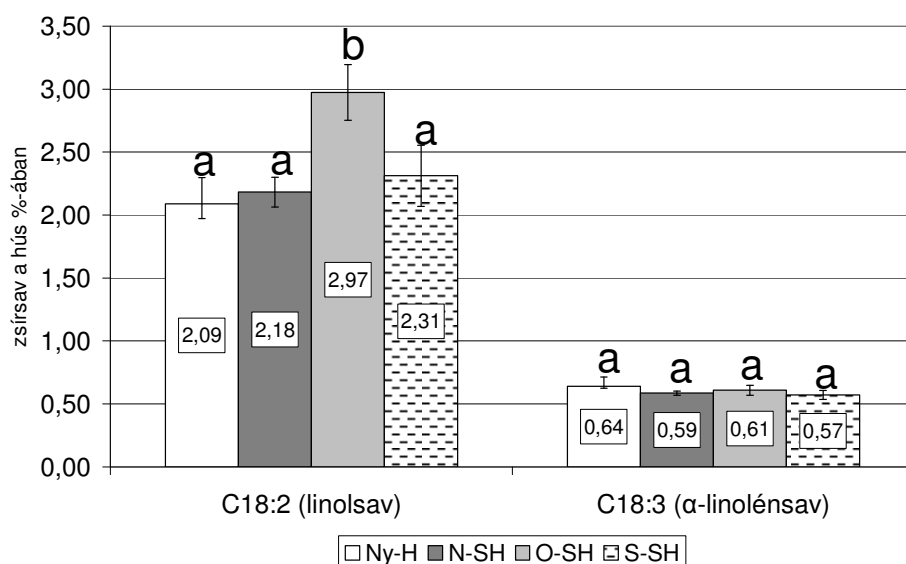
Esszenciális voltukra való tekintettel a PUFA-csoporton belül a linolsav és az α -linolénsav arányának változását külön is feldolgoztuk (23. ábra). Megállapítható, hogy a linolsav egyedül a napraforgóolajban történő sütés esetében növekedett szignifikánsan. A hús α -linolénsav tartalmát egyik sütési mód sem befolyásolta. A humán zsírsavellátás szempontjából fontos n-6:n-3 arányt az említett változások természetesen módosítják. Az eltérő

sütési módok a három kezelés esetében a következőképpen alakítják az n-6:n-3 arányt:

	n-6:n-3		
	Natúr	Napraforgóolaj	Sertészsír
Kontrollcsoport	34,49:1	51,37:1	31,26:1
1. kísérleti csoport	36,08:1	37,96:1	27,67:1
2. kísérleti csoport	4,31:1	5,48:1	4,62:1

Az adatok azt igazolják, hogy a napraforgóolajban történő sütés egyértelműen tágítja az n-6:n-3 arányt. Amikor viszont lenolaj is szerepel a kiegészítésben, a napraforgóolajban történő sütés sem okoz már lényegi eltérést az n-6:n-3 arányban.

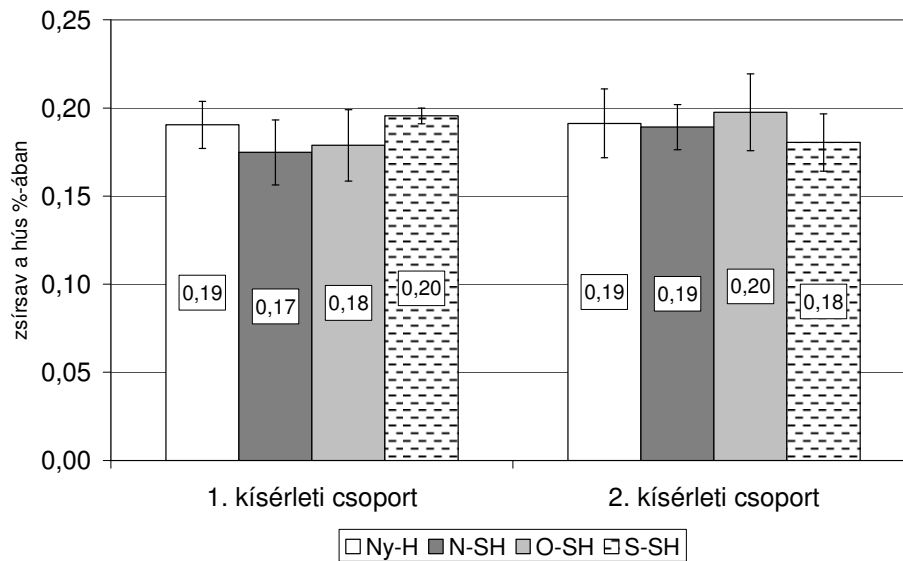
23. ábra: A lenolaj kiegészítésben részesült (2. kísérleti) csoportból származó csirkecomb linolsav és α -linolénsav-arányának alakulása az eltérő sütési módok hatására



a, b: az egyes csoportokon belül a különböző betűvel jelölt oszlopok szignifikánsan eltérnek egymástól ($P \leq 0,05$)

A 24. ábra adatai azt igazolják, hogy a sütéshez használt zsiradék a hús KLS-arányát nem befolyásolta, ami érthető, hiszen a sütéshez felhasznált napraforgóolaj egyáltalán nem, de a sertészsír is csak nyomokban tartalmazott KLS-t.

24. ábra: A KLS-kiegészítésben részesült csoportokból származó csirkecomb c9,t11-C18:2-arányának alakulása az eltérő sütési módok hatására



1. kísérleti csoport: 3% NO+1% KLS-K; 2. kísérleti csoport: 1% NO+1% KLS-K + 2% LO

Borosné (2009) sütési kísérletei során speciális takarmányozással megnövelt KLS-tartalmú sertéshúsokat vizsgált. A sütéshez pálma-, és napraforgóolajat, valamint sertészsírt használt. Véleménye szerint a sertéshús megnövelt KLS-tartalmának egy jelentős része, a sertészsírban történő sütés kivételével tönkremegy. Feltételezése szerint a sertészsír szerény KLS-tartalma némi védelmet biztosít a hús eredeti KLS-tartalmának. Shantha és mtsai (1994) ugyanakkor úgy találták, hogy sem az

elkészítési idő, sem az alkalmazott hőmérséklet nem befolyásolja jelentősen a hús KLS-tartalmát.

Összefoglalásképpen megállapítható, hogy a húsok sütéséhez felhasznált zsiradék zsírsav-összetétele ugyan befolyást gyakorol a sült húsok zsírsav-összetételére, ez a hatás azonban kisebb, mint amit a közvélemény feltételez. Ez alapvetően azzal magyarázható, hogy a sütés során a hús csak mintegy 18-21% zsírt vesz fel. Meg kell jegyezni azt is, hogy a sütőzsírnak csak 1-2 nagyobb mennyiségben előforduló zsírsavja az, ami nagyobb mértékben növekszik a kisütött húsban. A zsírsavak többsége abszolút mennyiségben csak egészen minimális mértékben növekszik. Ezért hibás az a vélekedés, amely szerint nem érdemes a húsok zsírsav-összetételének takarmányozás útján történő megváltoztatására, a humán igényekhez történő közelítésére törekedni, mert a sütéskor felhasznált zsiradék zsírsav-összetétele úgymint megváltoztatja, elmosza a különbségeket. Adataink egyértelműen igazolják, hogy a megnövelt KLS-tartalmú csirkecomb sütéséhez felhasznált zsiradék zsírsav-összetétele ugyan befolyást gyakorol a sült hús zsírsav-összetételére, ez a változás azonban nem olyan mértékű, ami megkérdőjelezné a zsírsav-összetétel takarmányozás útján történő módosításának értelmét, illetve jelentőségét.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Az állati eredetű zsírok zsírsav-összetételének takarmányozás útján történő változtatása régóta kutatások tárgyát képezi. Ma már a zsírsav-összetétel módosítását célzó kísérletek egy része a zsír konjugált linolsav (KLS)-tartalmának növelési lehetőségeit vizsgálja. Ez azzal a sokoldalú szereppel áll összefüggésben, amelyet a konjugált linolsavak a szervezetben betöltenek. Különösen érvényes ez a c9,t11 és a t10,c12 KLS izomerekre.

A hazai lakosság KLS fogyasztásának növelésére célszerű lenne olyan – alacsony KLS-tartalmú – élelmiszer nyersanyagok KLS tartalmát megnövelni, amelyeket idehaza széles körben, és nagyobb mennyiségben fogyasztanak. Ilyen lehet például a brojlerhús és a tojás.

A brojlercsirkékkel és a tojótyúkokkal végzett kísérletek során a következőket kívántuk megállapítani:

- A napraforgóolaj lúgos izomerizációjával előállított 53,5% KLS-t tartalmazó készítmény etetése milyen befolyást gyakorol brojlerekben a táplálóanyagok emészthetőségére, a brojlercsirkék súlygyarapodására, takarmány-, energia- és fehérjehasznosítására, valamint a tojótyúkok tojástermelésére.
- A kiegészítés milyen hatást gyakorol a brojlerhús (comb, mell) és a tojás lipidjeinek zsírsav-összetételére, mindenekelőtt konjugált linolsav tartalmára?

- Milyen hatással van a konjugált linolsav tartalmú készítmény etetése a brojlerek zsírájának oxidációs stabilitására?
- A különböző konyhatechnikai műveletek (zsiradék hozzáadása nélküli, illetve napraforgóolajban vagy sertészsírban történő sütés) milyen hatást gyakorolnak a sült húsok zsírsav-összetételére?
- Befolyásolja-e a konjugált linolsav kiegészítés a vizsgált állati termékekből készített ételek organoleptikus tulajdonságait, érzékszervi értékét?

A brojlerhízlalási kísérleteket Ross 308 genotípusú brojler kakasokkal végeztük. Az első kísérletsorozatban etetett 1 és 2% KLS-készítmény szignifikáns mértékben megnövelte a brojlerek súlygyarapodását. Egyúttal javult a brojlerek takarmány-, energia-, valamint fehérjehasznosítása is. Ugyanakkor a készítmény 4%-ban történő adagolása a takarmányfogyasztás csökkenése következtében már rontotta a csirkék súlygyarapodását. Azt is megállapítottuk, hogy a KLS-kiegészítés nem befolyásolja a táplálóanyagok emészthetőségét és a N-visszatartást, valamint nem volt szignifikáns hatással a brojlerhús kémiai összetételére sem. A tojótyúkok takarmányának 1% KLS-készítménnyel történő kiegészítése nem befolyásolta a tojástermelési mutatókat.

A KLS-készítmény 1, 2 és 4%-ban történő etetésekor szignifikáns mértékben megnőtt a csirkehús (mell, comb) lipidjeinek KLS-tartalma. Ugyanakkor a KLS etetés hatására szignifikáns mértékben megnőtt a húsok SFA és csökkent a MUFA és PUFA tartalma. A tojótyúkok takarmányának

1% KLS-készítménnyel történő kiegészítésekor ugyancsak a tojás KLS-tartalmának szignifikáns növekedését tapasztaltuk. A húsoktól eltérően azonban az SFA-csoport növekedése mellett csak a MUFA zsírsavak csökkenését figyeltük meg. A zsírsav-összetételben bekövetkező táplálkozás-élettanilag kedvezőtlen változások a KLS-nek lenolaj kiegészítéssel történő kombinálásával sem kompenzálhatók.

Eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a brojlertápok növekvő mértékű KLS-kiegészítése javítja a húsok oxidációs stabilitását, és ezáltal eltarthatóságát. További kísérleteink azt is igazolták, hogy ez a kedvező hatás tovább fokozható a KLS készítmény mellett adagolt E-vitamin kiegészítéssel (100 és 200 mg DL- α -tokoferol-acetát/kg takarmány).

A brojler- és tojótápok 1% KLS-készítménnyel történő kiegészítése sem a sült húsok, sem pedig a tojásételek érzékszervi tulajdonságait nem változtatta meg érdemben. A KLS és a lenolaj kombinált etetése azonban kismértékben rontotta az ételek ízét.

A konyhatechnikai műveletek (zsiradék hozzáadása nélküli, illetve napraforgóolajban vagy sertészsírban történő sütés) hatásának vizsgálata során nyert eredmények azt is igazolták, hogy a megnövelt KLS-tartalmú csirkecomb sütéséhez felhasznált zsiradék zsírsav-összetétele ugyan befolyást gyakorol a sült hús zsírsav-összetételére, ez a változás azonban nem olyan mértékű, ami megkérdőjelezné a zsírsav-összetétel takarmányozás útján történő módosításának értelmét, illetve jelentőségét.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A brojlercsirkékkel és tojótyúkokkal elvégzett kísérletek eredményei alapján a következő új tudományos eredmények fogalmazhatók meg:

1. A napraforgóolaj lúgos izomerizációjával előállított 53,5 % KLS-tartalmú készítménynek a takarmány 1, illetve 2%-át kitevő mennyiségben történő etetése szignifikáns mértékben növeli, míg 4%-ban történő adagolása már rontja a csirkék súlygyarapodását.
2. A KLS-kiegészítés brojlerekben nem befolyásolja szignifikánsan a táplálóanyagok emészthetőségét, illetve a N-visszatartást. A KLS-kiegészítés hatására nem változik szignifikánsan a mell- és combhús nyersfehérje-, és nyerszsírtartalma sem.
3. A brojlercsirkék és tojótyúkok takarmányának KLS-kiegészítése szignifikáns mértékben megnöveli a brojlerhúsok (comb, mell), valamint a tojás lipidjeinek KLS-arányát. Annak ellenére, hogy a KLS-készítményben közel azonos mennyiségben volt jelen a c9,t11 és a t10,c12 izomer, a c9,t11 változat aránya a húsok esetében mintegy 1,5-ször, míg a tojásban közel 4-szer nagyobb volt, mint a t10,c12 izomeré.
4. A KLS etetés hatására szignifikáns mértékben megnő a mellhúsban a telített zsírsavak, és csökken az egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírsavak aránya. A tojássárgája lipidjeiben a telített zsírsavak arányának növekedése mellett az egyszeresen telítetlen zsírsavak aránya csökken. A KLS-kiegészítés mellett adagolt lenolaj

hatására a főbb zsírsav csoportok arányában talált változások iránya nem módosítható.

5. Eredményeink azt igazolják, hogy a takarmány napraforgóolaj tartalmának KLS-készítménnyel történő helyettesítése, javítja a brojlerhús oxidációs stabilitását. Ez a kedvező hatás a KLS-kiegészítés mellett adagolt E-vitamin-kiegészítéssel tovább javítható.

TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE

Táblázatok:

1. táblázat	A kísérletek során felhasznált olajok zsírsav-összetétele	42. o.
2. táblázat	A brojlerekkel végzett kísérletek során etetett takarmányok összetétele és táplálóanyag-tartalma	43. o.
3. táblázat	A brojlerek olajkiegészítés nélküli alaptakarmányának zsírsav-összetétele	45. o.
4. táblázat	A kísérlet során etetett takarmányok E-vitamin tartalma	48. o.
5. táblázat	A tojtyúkokkal végzett kísérlet során etetett takarmányok összetétele és táplálóanyag tartalma	50. o.
6. táblázat	A tojtyúkok olajkiegészítés nélküli alaptakarmányának zsírsav-összetétele	51. o.
7. táblázat	A sütés során felhasznált zsiradékok zsírsav-összetétele	54. o.
8. táblázat	A hizlalási eredmények alakulása a kísérlet során	58. o.
9. táblázat	Napraforgóolaj- és a KLS-kiegészítés hatása a táplálóanyagok emészthetőségére és a N-visszatartásra brojlercsirkékben	61. o.
10. táblázat	Napraforgóolaj- és a KLS-kiegészítés hatása a mellhús kémiai összetételére	62. o.
11. táblázat	Napraforgóolaj- és a KLS-kiegészítés hatása a combhús kémiai összetételére	62. o.
12. táblázat	A KLS-kiegészítés hatása a combhús lipidjeinek zsírsav-összetételére	71. o.
13. táblázat	A KLS-kiegészítés hatása a mellhús lipidjeinek zsírsav-összetételére	72. o.
14. táblázat	A KLS- és a lenolaj-kiegészítés hatása a combhús lipidjeinek zsírsav-összetételére	78. o.
15. táblázat	A KLS- és a lenolaj-kiegészítés hatása a mellhús lipidjeinek zsírsav-összetételére	79. o.
16. táblázat	Az egyes kezelések hatása a tojássárgája lipidjeinek zsírsav-összetételére	83. o.
17. táblázat	A KLS-kiegészítés hatása a comb- és mellhús oxidációs stabilitására	86. o.
18. táblázat	A KLS- és E-vitamin-kiegészítés hatása a combhús oxidációs stabilitására	90. o.
19. táblázat	A különböző olaj- és E-vitamin-kiegészítés hatása a combhús oxidációs stabilitására	93. o.
20. táblázat	A nyers- és különböző módon sültött csirkehúsok fontosabb zsírsavai	103. o.

Ábrák

1. ábra	A linolsav és a konjugált linolsav képlete	8. o.
2. ábra	A linolsav biológiai hidrogéneződése a bendőben	10. o.
3. ábra	A konjugált linolsavak kialakulása linolsavból szabadgyökös reakcióval, illetve biológiai hidrogéneződéssel	11. o.
4. ábra	A tojástermelési százalék alakulása a kísérlet során	65. o.
5. ábra	A KLS-kiegészítés hatása a tojások súlyára	66. o.
6. ábra	A KLS-kiegészítés hatása a tojásfehérje súlyok alakulására	67. o.
7. ábra	A KLS-kiegészítés hatása a tojássárgája súlyok alakulására	68. o.
8. ábra	A tojássárgája színének alakulása az egyes kezelések hatására	68. o.
9. ábra	A különböző olajkiegészítések hatása a mellhús KLS-arányára	76. o.
10. ábra	A különböző olajkiegészítések hatása a combhús KLS-arányára	77. o.
11. ábra	A KLS-kiegészítés hatása a combhús oxidációs stabilitására	87. o.
12. ábra	A KLS-kiegészítés hatása a mellhús oxidációs stabilitására	87. o.
13. ábra	A KLS- és E-vitamin-kiegészítés hatása a combhús oxidációs stabilitására	91. o.
14. ábra	A különböző olaj- és E-vitamin-kiegészítés hatása a combhús oxidációs stabilitására	93. o.
15. ábra	Az egyes kezelések hatása a natúr sült húsok organoleptikus tulajdonságaira	96. o.
16. ábra	Az egyes kezelések hatása a napraforgóolaj hozzáadásával készült sült húsok organoleptikus tulajdonságaira	97. o.
17. ábra	Az egyes kezelések hatása a sertézsír hozzáadásával készült sült húsok organoleptikus tulajdonságaira	98. o.
18. ábra	Az egyes kezelések hatása a főtt tojás organoleptikus tulajdonságaira	99. o.
19. ábra	Az egyes kezelések hatása a rántotta organoleptikus tulajdonságaira	100. o.
20. ábra	A különböző kezelésekből származó csirkecomb SFA-arányának alakulása az eltérő sütési módok hatására	105. o.
21. ábra	A különböző kezelésekből származó csirkecomb MUFA-arányának alakulása az eltérő sütési módok hatására	106. o.
22. ábra	A különböző kezelésekből származó csirkecomb PUFA-arányának alakulása az eltérő sütési módok hatására	108. o.
23. ábra	A lenolaj-kiegészítésben részesült (2. kísérleti) csoportból származó csirkecomb linolsav és α -linolénsav-arányának alakulása az eltérő sütési módok hatására.	109. o.
24. ábra	A KLS-kiegészítésben részesült csoportokból származó csirkecomb c9,t11-C18:2-arányának alakulása az eltérő sütési módok hatására	110. o.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani Dr. Schmidt János Professzor Úrnak, aki témavezetőként a kutatómunkához szükséges feltételeket biztosította, és szakmai iránymutatásával segítette munkámat.

Köszönettel és hálával tartozom a Takarmányozástani Tanszék valamennyi munkatársának (Dr. Tóth Tamás, tanszékvezető, egyetemi docens; Dr. Zsédely Eszter, intézeti mérnök; Viszket Erna, PhD hallgató; Németh Valéria laborvezető; Tóthné Erdős Gyöngyi tanszéki technikus; Meszlényi Lászlóné, Tölts Sándorné, Vedrődi Istvánné, és Winkler Károlyné laboránsok) azért a segítségért, amit a kísérletek lebonyolításához, a laboratóriumi vizsgálatok elvégzéséhez és az adatok értékeléséhez nyújtottak. Köszönöm a Kar Állattenyésztési és Takarmányozási Kísérleti Telepén dolgozó munkatársaknak a vizsgálatokban és a takarmányok előállításában kifejtett lelkiismeretes munkáját.

Külön köszönöm Dr. Perédi József Professzor Úrnak (Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Gabona és Iparnövény Technológiai Tanszék) a KLS-készítmény előállítása során nyújtott értékes szakmai segítségét.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutató Intézetnek (Herceghalom), hogy a rendelkezésemre bocsátották a takarmányok E-vitamin tartalmának vizsgálati eredményeit.

FELHASZNÁLT IRODALOM

44/2003. (IV. 26) FVM rendelet: Nyerszsír meghatározás

Ackmann, R.G., Eaton, C.A., Sipos, J.C., Crewe, N.F. (1981): Origin of cis-9,trans-11- and trans-11-octadecadienoic 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.

Aletor, V.A., Eder, K., Becker, K., Paulicks, B.R., Roth, F.X., Roth-Maier, D.A. (2003): The effects of conjugated linoleic acids or an alpha-glucosidase inhibitor on tissue lipid concentrations and fatty acid composition of broiler chicks fed a low-protein diet. *Poultry Sci.* 82, 796-804.

Alvarez, C., Cachaldora, P., Mendez, J., Rebollar, G.P. (2004): Effect of conjugated linoleic acid addition on its deposition in eggs of laying hens, fed with no other fat source. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2(2), 203-209.

An, B.K., Banno, C., Xia, Z.S., Tanaka, K., Ohtani, S. (1997): Effects of dietary fat sources on lipid metabolism in growing chicks (*Gallus domesticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology. Part B, Biochemistry & Molecular Biology* 116, 119-126.

Atkinson, R.L. (1999): Conjugated linoleic acid for altering body composition and treating obesity. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. Eds. Yurawecz, M.P., Mossoba, M.M., Kramer, J.K.G., AOCS Press, Champaign, IL 1, 328-353.

- Aydin, R. (2005): The effects of conjugated linoleic acid (CLA) and canola oil on the fatty acid composition and quality of eggs from laying hens. *S. Afr. J. Anim.* 35(3), 172-179.
- Azain, M.J., Hausman, D.B., Sisk, M.B. (2000): Dietary conjugated linoleic acid reduces rat adipose tissue cell size rather than cell number. *J. Nutr.* 130, 1548-1554.
- Badinga, L., Selberg, K.T., Corner, C.W., Miles, R.D. (2001): Performans and lipid deposition in broilers fed conjugated linoleic acid. *J. Anim. Sci.* 1, 194.
- Badinga, L., Selberg, K.T., Dinges, A.C., Comer, C.W., Miles, R.D. (2003): Dietary conjugated linoleic acid alters hepatic lipid content and fatty acid composition in broiler chickens. *Poultry Sci.* 82, 111-116.
- Barna M. (2006): A zsírsavak szerepe a táplálkozásfüggő megbetegedések megelőzésében, különös tekintettel az elégtelen n-3 zsírsav-ellátottságra. *Metabolizmus* 4(4), 267-272.
- Bartos, Á., Pál, L., Bányai, A., Horváth, P., Wágner, L., Dublec, K. (2004): A halolaj és különböző növényi olajok hatása brojlercsirkék teljesítményére, a hús élvezeti értékére, valamint a szövetek zsírsav-összetételére. *Állattenyésztés és Takarmányozás* 53(1). 63-78.
- Bauman, D.E., Corl, B.A., Peterson, D.G. (2003): The biology of conjugated linoleic acid in ruminants. In: *Advances in Conjugated Linoleic Acid Research*. Eds. Sebedio, J., Christie, W.W., Adolf, R., AOCS Press, Champaign, IL 2, 146-173.
- Bee, G. (2000): Dietary conjugated linoleic acid consumption alter adipose tissue and milk lipids of pregnant and lactating sows. *J. Nutr.* 130, 2292-2298.

- Belury, M.A., Nickel, K.P., Bird, C.E., Wu, Y. (1996): Dietary conjugated linoleic acid modulation of phorbol ester skin tumor promotion. *Nutr. Cancer* 26, 149-157.
- Benjamin, H., Storrkson, 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. *Faseb. J.* 6, 1396.
- 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.
- Birch, E.E., Birch, D.G., Hoffman, D.R., Uauy, R., (1992): Dietary essential fatty acid supply and visual acuity development. *Invest. Ophth. Vis. Sci.* 33, 3242–3253.
- 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 Duality* 16(5), 383-391.
- Borosné Győri A. (2009): Egy funkcionális sertéstakarmány kifejlesztésének lehetősége. Doktori értekezés. Debreceni Egyetem, Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma, Mezőgazdaságtudományi Kar, Állattudományi Intézet, Debrecen
- Bölükbasi, S.C. (2006): Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on broiler performance, serum lipoprotein content, muscle fatty acid composition and meat quality during refrigerated storage. *Brit. Poultry Sci.* 47, 470-476.
- Bölükbasi, S.C., Erhan, M.K. (2005a): Effect of dietary conjugated linoleic acid on laying hen performance, egg yolk fatty acid composition and

- egg quality during refrigerated storage. *J. Anim. Feed Sci.* 14(4), 685-693.
- Bölükbasi, S.C., Erhan, M.K. (2005b): The effects of dietary conjugated linoleic acid (CLA), sunflower oil and soybean oil on fatty acid composition of yolk and egg quality in laying hen. *J. Food Technol.* 3(3), 427-429.
- Bölükbasi, S.C., Erhan, M.K. (2007a): Effects of semi replacement of dietary olive oil and corn oil with conjugated linoleic acid (CLA) on broiler performance, serum lipoprotein levels, fatty acid composition in muscles and meat quality during refrigerated storage. *J. Anim. Vet. Adv.* 6, 262-266.
- Bölükbasi, S.C., Erhan, M.K. (2007b): The effects of dietary oils on serum lipoprotein and egg quality of hens. *Indian Vet. J.* 84(3), 270-273.
- Britton, M., Fong, C., Wickens, D., Yudkin, J. (1992): Diet as a source of phospholipid esterified 9,11-octadecadienoic acid in humans. *Clin. Sci.* 83, 97-101.
- Castellini, C., Dal Bosco, A., Bernardini, M. (1999): Effect of dietary vitamin E supplementation on the characteristics of refrigerated and frozen rabbit meat. *Ital. J. Food Sci.* 11, 151-159.
- Castellini, C., Dal Bosco, A., Bernardini, M., Cyril, H.W. (1998): Effect of dietary vitamin E on the oxidative stability of raw and cooked rabbit meat. *Meat Sci.* 50(2), 153-161.
- Cesano, A., Visonneau, S., Scimeca, J.A., Kritchevsky, D., Santoli, D. (1998): Opposite effects of linoleic acid and conjugated linoleic acid on human prostatic cancer in SCID mice. *Anticancer Res.* 18, 1429-1434.

- Chamruspollert, M., Sell, J.L. (1999): Transfer of dietary conjugated linoleic acid to egg yolks of chickens. *Poultry Sci.* 78(8), 1138-1150.
- Chan, J.K., Bruce, V.M., McDonald, B.E. (1991): Dietary α -linolenic acid is as effective as oleic acid and linoleic acid in lowering blood cholesterol in normolipidemic man. *Am. J. Clin. Nutr.* 53, 1230-1234.
- Chanmugam, P., Boudreau, M., Boutte, T., Park, R.S., Herbert, J., Berrio, L., Hwang, D.H. (1992): Incorporation of different types of n-3 fatty acids into tissue lipids of poultry. *Poultry Sci.* 78, 356-365.
- Cherian, G., Gonzalez, D., Ryu, K.S., Goeger, M.P. (2007): Long-term feeding of conjugated linoleic acid and fish oil to laying hens: effects on hepatic histopathology, egg quality, and lipid components. *J. Appl. Poultry Res.* 16(3), 420-428.
- Chin, S.F., Liu, W., Storkson, J.M., Ha, Y.L., Pariza, M.W. (1992): Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J. Food Comp. Anal.* 5, 185-197.
- Chin, S.F., Storkson, J.M., Pariza, M.W. (1993): Conjugated dienoic derivatives of linoleic acid: A new class of anticarcinogens. *Food Flavor and Safety*, 262-271.
- Christie, W.W., Dobson, G., Gunstone, F.D. (1997): Isomers in commercial samples of conjugated linoleic acid. *J. Nutr.* 124, 694-701.
- Conchillo, A., Ansorena, D., Astiasaran, I. (2004): The effect of cooking and storage on the fatty acid profile of chicken breast. *Eur. J. Lipid Sci. Tech.* 106(5), 301-306.

- Cordero, G., Isabel, B., Menoyo, D., Daza, A., Morales, J., Piñeiro, C., López-Bote, C.J. (2010): Dietary CLA alters intramuscular fat and fatty acid composition of pig skeletal muscle and subcutaneous adipose tissue. *Meat Sci.* 85, 235-239
- Corino, C., Mourot, J., Magni, S., Pastorelli, G., Rosi, F. (2002): Influence of dietary conjugated linoleic acid on growth, meat quality, lipogenesis, plasma leptin and physiological variables of lipid metabolism in rabbits. *J. Anim. Sci.* 80, 1020–1028.
- Cristina, P.M.A., Susana, P.A., Susana, I.V.M., Ana, S.H.C., Carlos, M.G.A.F., José P.C.L., Rui, J.B.B., José, A.M.P. (2009): Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. *Food Chem.* 114, 939-946.
- Czauderna, M., Kowalczyk, J., Pisulewski, P.M., Korniluk, K. (2005): Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on the fatty acid content and CLA profile of egg yolks in laying hens. *J. Anim. Feed Sci.* 14(1), 435-438.
- Csapó J., Vargáné Visi, É., Csapóné Kiss, Zs., Szakály S. (2001): Tej és tejtermékek konjugált linolsav-tartalma I.-III. Irodalmi összefoglaló. *Acta Agraria Kaposváriensis* 4, 1-38.
- Dal Bosco, A., Castellini, C., Bianchi, L., Mugnai, C. (2004): Effect of dietary α -linolenic acid and vitamin E on the fatty acid composition, storage stability and sensory traits of rabbit meat. *Meat Sci.* 66, 407-413.

- DeLany, J.P., Blohm, F., Truett, A.A. (1999): Conjugated linoleic acid rapidly reduces body fat content in mice without affecting energy intake. *Am. J. Physiol.* 276, 1172-1179.
- DeLany, J.P., West, D.B. (2000): Changes in body composition with conjugated linoleic acid. *J. Am. Coll. Nutr.* 19, 487-493.
- Denbow, D.M. (2000): Gastrointestinal Anatomy and Physiology. In: *Sturkie's Avian Physiology*. Ed. Whittow, G.C., Academic Press, 299-325.
- Denli, M., Okan, F., Doran, F. (2004): Effect of conjugated linoleic acid (CLA) on the performance and serum variables of broiler chickens intoxicated with aflatoxin B-1. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 34, 97-103.
- Dormandy, T.L., Wickens, D.G. (1987): The experimental and clinical pathway of diene conjugation. *Chem. Phys. Lipids* 45, 353-364.
- Du, M., Ahn, D.U. (2003): Dietary CLA affects lipid metabolism in broiler chicks. *Lipids* 38, 505-511.
- 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. *Can. J. Anim. Sci.* 77, 723-725.
- Durgam, V.R., Fernandes, G. (1997): The growth inhibitory effect of conjugated linoleic acid on MCF-7 cells is related to estrogen response system. *Cancer Lett.* 116, 121-130.
- Field, C.J., Schley, P.D. (2004): Evidence for potential mechanisms for the effect of conjugated linoleic acid on tumor metabolism and immune function: lessons from n-3 fatty acids. *Am. J. Clin. Nutr.* 79(6), 1190-1198.

- Fritsche, J., Steinhart, H. (1998): Amounts of conjugated linoleic acid (CLA) in German foods and evaluation of daily intake. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 206, 77–82.
- Furka Á. (1998): *Szerves kémia*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 164.
- Garcia, H.S., Keough, K.J., Arcos, J.A, Jr. Hill, G.C. (2000): Interesterification (acidolysis) of butterfat with conjugated linoleic acid in batch reactor. *J. Dairy Sci.* 83, 371-377.
- Gasztonyi K., Lásztity R. (1992): *Élelmiszer-kémia 1. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.*
- Gava, A.J. (1984): *Princípios de tecnologia de alimentos*. São Paulo: Nobel.
- Griinari, J.M., Bauman, D.E. (1999): Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. *Advances in conjugated linoleic acid research* 1, 180-200.
- Gurr, M.I. (1996): Fats. In: *Human Nutrition and Dietetics*. Eds. Garrow, J.S., James, W.P.T., 9th edition, Churchill Livingstone, Longman Group, London.
- Gurr, M.I., Harwood, J.L. (1991): *Lipid Biochemistry, An Introduction*, Chapman & Hall, London.
- Ha, Y.L., Grimm, N.K., Pariza, M.W. (1987): Anticarcinogens from fried ground beef: heat-altered derivatives of linoleic acid. *Carcinogenesis* 8, 1881-1887.
- Ha, Y.L., Grimm, N.K., Pariza, M.W. (1989): Newly recognized anticarcinogenic fatty acids: identification and quantification in natural and processed cheeses. *J. Agr. Food Chem.* 37, 75-81.

- Ha, Y.L., Storckson, 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.
- Haemmal, J., Tik, V., Tikk, H., Viigimaa, M., Kuusik, S. (2001): On increasing omega-3 fatty acid content in poultry products. *Agroarteadus* 12, 14-50.
- Hargis, P.S., Van Elswik, M.E. (1993): Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. *World Poultry Sci. J.* 49, 251-264.
- Harris, W.S. (1997): n-3 fatty acids and serum lipoproteins: human studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 65(5), 1645-1654.
- 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. Elsevier, Amsterdam, Netherlands*, 110(3), 221-229.
- Husvéth F. (2000): A gazdasági állatok élettana az anatómia alapjaival. *Mezőgazda Kiadó, Budapest*, 407-445.
- Husvéth F., Kovács G., Wágner L., Pál L. (2005): Effect of dietary conjugated linoleic acid on the fatty acid composition of egg yolk, liver and adipose tissue in laying hens. *Arch. Geflügelkd.* 69, 213-218.
- Husvéth F., Manilla, H.A., Gaál T., Vajdovich P., Balogh N., Wágner L., Loth L., Németh K. (2000): Effects of saturated and unsaturated fats with vitamin E supplementation on the antioxidant status of broiler chicken tissues. *Acta Vet. Hung.* 48(1), 69-79.

- Hwangbo, J., Chang, J.S., Chung, I.B., Lee, B.S., Kim, D.U., Cho, S.B., Kim, H.D., Bae, H.D., Son, J.H., Hong, U.C., Choi, N.J. (2005): Effect of dietary supplementation of CLA-containing oil (Clazen 80Reg.) on fatty acid composition of egg yolk in laying hens. *Korean J. Poultry Sci.* 32(1), 35-41.
- Igarashi, M., Miyazawa, T. (2001): The growth inhibitory effect of conjugated linoleic acid on a human hepatoma cell line, HepG2, is induced by a change in fatty acid metabolism, but not the facilitation of lipid peroxidation in the cells. *Biochim. Biophys. Acta* 1530, 162-171.
- Ip, C., Briggs, S.P., Haegele, A.D. (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.
- 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.
- Ip, C., Scimeca, J.A. (1997): Conjugated linoleic acid and linoleic acid are distinctive modulators of mammary carcinogenesis. *Nutr. Cancer* 27, 131-135.
- Ip, C., Singh, M., Thompson, H.J., Scimeca, J.A. (1994): Conjugated linoleic acid suppresses mammary carcinogenesis and proliferative activity of the mammary gland in the rat. *Cancer Res.* 54, 1212-1215.
- Javadi, M., Geelen, M.J.H., Everts, H., Hovenier, R., Javadi, S., Kappert, H., Beynen, A.C. (2007): Effect of dietary conjugated linoleic acid

- on body composition and energy balance in broiler chickens. *Brit. J. Nutr.* 98, 1152-1158.
- Jensen, C., Lauridsen, C., Bertelsen, G. (1998): Dietary vitamin E: Quality and storage stability of pork and poultry. *Trends Food Sci. Tech.* 9, 62-72.
- Jensen, R.G. (2002): The composition of bovine milk lipid: January 1995 to December 2000. *J. Dairy Sci.* 85, 295-350.
- Jiang, J., Brook, L., Fonden, R. (1998): Production of conjugated linoleic acid by dairy starter cultures. *J. Appl. Microbiol.* 138, 997-1002.
- Jones, S., Ma, D.W.L., Robinson, F.E., Field, C.J., Clandinin, M.T. (2000): Isomers of conjugated linoleic acid (CLA) are incorporated into egg yolk lipids by CLA-fed laying hens. *J. Nutr.* 130(8), 2002-2005.
- Joo, S.T., Lee, J.I., Ha, Y.L., Park, G.B. (2002): Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. *J. Anim. Sci.* 80, 108-112.
- Kahraman, R., Ozpinar, H., Abas, I., Kutay, H.C., Eseceli, H., Grashorn, M.A. (2004): Effects of different dietary oil sources on fatty acid composition and malondialdehyde levels of thigh meat in broiler chicken. *Arch. Geflügelkd.* 68(2), 77-86.
- Kayahan, M., Tekin, A. (1994): *Gida*, 19, 147-153.
- Kim, J.H., Hwangbo, J., Choi, N.J., Park, H.G., Yoon, D.H., Park, E.W., Lee, S.H., Park, B.K., Kim, Y.J. (2007): Effect of dietary supplementation with conjugated linoleic acid, with oleic, linoleic, or linolenic acid, on egg quality characteristics and fat accumulation in the egg yolk. *Poultry Sci.* 86(6), 1180-1186.

- Kim, Y.J., Kim, B.K., Yoon, Y.B. (2008): Effect of dietary conjugated linoleic acid on growth performance, carcass characteristics and muscular fatty acid composition in broiler. *Korean J. Food Sci. An.* 28(4), 451-456.
- Ko, Y.H., Yang, H.Y., Jang, I.S. (2004): Effect of conjugated linoleic acid on intestinal and hepatic antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in broiler chickens. *Asian Austral. J. Anim. Sci.* 17, 1162-1167.
- Ko, Y.H., Yang, H.Y., Kang, S.Y., Jang, I.S. (2005): Influence of dietary conjugated linoleic acid on growth performance and body fat metabolism in broiler chickens. *J. Anim. Sci. Technol.* 47, 195-204.
- Kovács Á. (1999): Az élelmiszertudomány alapjai II. – Élelmiszerkémia. Jegyzet. POTE Egészségügyi Főiskolai Kar, Pécs.
- Kris-Etherton, P.M., Yu, S. (1997): Individual fatty acids on plasma lipids and lipoproteins: human studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 65(5), 1628-1644.
- Kritchevsky, D. (2000): Antimutagenic and some other effects of conjugated linoleic acid. *Brit. J. Nutr.* 83, 459-465.
- Lee, K.N., Kritchevsky, D., Pariza, M.W. (1994): Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *Atherosclerosis* 108, 19-25.
- Lee, K.N., Pariza, M.W., Ntambi, J.M. (1998): Conjugated linoleic acid decreases hepatic stearyl-CoA desaturase mRNA expression. *Biochem. Bioph. Res. Co.* 248, 817-821.
- Lin, C.F., Gray, J.I., Asghar, A., Buckley, D.J., Booren, A.M., Flegal, C.J. (1989): Effect of dietary oils and α -tocopherol supplementation on

- lipid composition and stability of broiler meat. *J. Food Sci.* 54, 1457-1460.
- López-Ferrez, S., Baucells, M.D., Barroeta, A.C., Galobart, J., Grashorn, M.A. (2001): n-3 Enrichment of chicken meat 2. Use of precursors of long-chain polyunsaturated fatty acids: linseed oil. *Poultry Sci.* 80, 753-761.
- Lorgeril, de M., Serge, R. (1994): Mediterranean alpha-linolenic acid-rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. *Lancet* 343, 1454-1459.
- MacDonald, H.B. (2000): Conjugated linoleic acid and disease prevention: a review of current knowledge. *J. Am. Coll. Nutr.* 19, 111-118.
- Magyar Szabvány EN ISO 6865:2001: Nyersrost meghatározás
- Magyar Szabvány 6830-4:1981: Nyersfehérje meghatározás
- Magyar Szabvány EN IS 6867: E-vitamin meghatározás
- Magyar Szabvány ISO 5984:1992: Nyershamu meghatározás
- Magyar Szabvány ISO 6490-2:1992: Kalcium meghatározás
- Magyar Szabvány ISO 6496:2001: Szárazanyag meghatározás
- Magyar Takarmánykódex (1990): Foszfor meghatározás
- Manilla, H.A., Husvéth F. (1999): N-3 fatty acid enrichment and oxidative stability of broiler chicken. - (A review). *Acta Aliment. Hung.* 28, 235-249.
- Marco, A., Manuel, M.J., Nigel, B., Przemyslaw, D., Wasilewski, B.L., Sung-Sil, M., Declan, J.T., Anne, M.M. (2009): Enriching breakfast sausages by feeding pigs with CLA supplemented diets. *Food Chem.* 114, 984-988.

- Mazalli, M.R., Faria, D.E., Salvador, D., Ito, D.T. (2004): A comparison of the feeding value of different sources of fat for laying hens: 2. lipid, cholesterol, and vitamin E profiles of egg yolk. *J. Appl. Poultry Res.* 13, 280-290.
- Mézes M. (2001): A hús- és zsírtermelés élettani és biokémiai alapjai. Tantárgyi tájékoztató Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Takarmányozástani Tanszék.
- Mézes M., Erdélyi M. (2003): Prooxidánsok és antioxidánsok a baromfi-takarmányozásban. *Takarmányozás* 6(3), 11-14.
- Mézes M., Erdélyi M., Orosz Sz., Weber M. (2006): A takarmányok zsírkiegészítésének kedvezőtlen hatásai a monogasztrikus állatok takarmányozásában. *Állattenyésztés és Takarmányozás* 55(4), 355-366.
- Michal, J.J., Chew, B.P., Schultz, T.D., Wong, T.S. (1992): Interaction of conjugated dienoic derivatives of linoleic acid with β -carotene on cellular host defense. *Faseb J.* 6, 1102.
- Monahan, F.J., Buckley, D.J., Morrissey, P.A., Lynch, P.B., Gray, J.I. (1992): Influence of dietary fat and α -tocopherol supplementation on lipid oxidation in pork. *Meat Sci.* 31, 229-241.
- Morrissey, P.A., Sheehy, P.A.J., Galvin, K., Kerry, J.P., Buckley, D.J. (1998): Lipid stability in meat and meat products. *Meat Sci.* 49, 73-86.
- Nichols, P.L., Jr. Herb, S.F., Riemenschneider, R.W. (1951): Isomers of conjugated fatty acids. I. Alkali-isomerized linoleic acid. Contribution from the eastern regional res. lab. USA. *J. Am. Chem. Soc.* 73, 247-252.

- Nicolosi, R.J., Rogers, E.J., Kritchevsky, D., Scimeca, J.A., Huth, P.J. (1997): Dietary conjugated linoleic acid reduces plasma lipoproteins and early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters. *Artery* 22, 266-277.
- Padley, F.B., Gunstone, F.D., Harwood, J.L. (1994): Occurrence and characteristic of oils and fats. In: *The lipid Handbook*. Eds. Gunston, F.D., Harwood, J.L., Padley, F.B., Chapman and Hall, London, 51.
- Pálfy T., Hermán Istvánné, Lugasi A., Vadáné Kovács M., Erdélyi I., Gundel J. (2007): Emelt alfa-linolénsav tartalmú tápok hatása a brojler csirke húsminőségére. *Agrártudományi Közlemények* 26, 29-33.
- Pariza, M.W., Hargraves, W.A. (1985): A beef-derived mutagenesis modulator inhibits initiation of mouse epidermal tumors by 7,12-dimethylbenz[a]anthracene. *Carcinogenesis* 6, 591-593.
- Pariza, M.W., Park, Y., Cook, M.E. (2000): Mechanisms of action of conjugated linoleic acid: evidence and speculation. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 223, 8-13.
- Park, G.B., Lee, J.I., Park, T.S., Kim, J.H., Shin, T.S., Kang, S.J., Ha, Y.L., Joo, S.T. (1999): Effects of dietary conjugated linoleic acid (CLA) on cholesterol and CLA content of egg yolks. *Korean J. Anim. Sci.* 41(1), 65-74.
- Park, Y., Albright, K.J., Liu, W., Storkson, J.M., Cook, M.E., Pariza, M.W. (1997): Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids* 32, 853-858.

- Park, Y., Storkson, J.M., Albright, K.J. (1999): Evidence that the trans-10, cis-12 isomer of conjugated linoleic acid induces body composition changes in mice. *Lipids* 34, 235-241.
- Parodi, P.W. (1977): Conjugated octadecadienoic acids of milk fat. *J. Dairy Sci.* 60, 1550-1553.
- Parodi, P.W. (1994): Conjugated linoleic acid: An anticarcinogenic fatty acid present in milk fat. *J. Dairy Tech.* 49, 93-97.
- 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.
- Raes, K., Huyghebaert, G., De Smet, S., Nollet, L., Arnouts, S., Demeyer, D. (2002): The deposition of conjugated linoleic acid in eggs of laying hens fed diets varying in fat level and fatty acid profile. *J. Nutr.* 132, 182-189.
- Ramanathan, L., Das, N. (1992): Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural products. *J. Agr. Food Chem.* 40, 17-21.
- Rebollar, G.P., Cachaldora, P., Alvarez, C., De Blas, C., Méndez, J. (2008): Effect of the combined supplementation of diets with increasing levels of fish and linseed oils on yolk fat composition and sensorial quality of eggs in laying hens. *Anim. Feed Sci. Tech.* 140, 337-348.
- Riserus, U., Smedman, A., Basu, S., Vessby, B. (2003): CLA and body weight regulation in humans. *Lipids* 38, 133-137.
- Ryu, M.S., Kim, E.S., Choi, H.S., Jung, M.Y., Ryu, K.S. (2002): A comparison of dietary supplemental conjugated linoleic acid and

- various oil on performance and fatty acid composition of broiler chicks. *Korean J. Poultry Sci.* 29, 125-133.
- Schaefer, E.J. (2002): Lipoproteins, nutrition, and heart disease. *The Am. J. Clin. Nutr.* 75, 191-212.
- 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., Jávora A. 2008). ISBN 978-963-9732-36-0 Debrecen, 11-48.
- Schonberg, S., Krokan, H.E. (1995): The inhibitory effect of conjugated dienoic derivatives (CLA) of linoleic acid on the growth of human tumor cell lines is in part due to increased lipid peroxidation. *Anticancer Res.* 15, 1241-1246.
- Schultz, T.D., Chew, B.P., Seaman, W.R. (1992a): Differential stimulatory and inhibitory responses of human MCF-7 breast cancer cells to linoleic acid and conjugated linoleic acid in culture. *Anticancer Res.* 12, 2143-2145.
- Schultz, T.D., Chew, B.P., Seaman, W.R., Luedecke, L.O. (1992b): 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.
- Scimeca, J.A. (1998): Toxicological evaluation of dietary conjugated linoleic acid in male Fischer 344 rats. *Food Chem. Toxicol.* 36, 391-395.
- Sebedio, J.L., Angioni, E., Chardigny, J.M., Gregoire, S., Juaneda, P., Berdeaux, O. (2001): The effect of conjugated linoleic acid isomers on fatty acid profiles of liver and adipose tissues and their

- conversion to isomers of 16:2 and 18:3 conjugated fatty acids in rats. *Lipids* 36, 575-582.
- Shang, X.G., Wang, F.L., Li, D.F., Yin, J.D., Li, J.Y. (2004): Effects of dietary conjugated linoleic acid on the productivity of laying hens and egg quality during refrigerated storage. *Poultry Sci.* 83(10), 1688-1695.
- Shang, X.G., Wang, F.L., Li, D.F., Yin, J.D., Li, X.J., Yi, G.F. (2005): Effect of dietary conjugated linoleic acid on the fatty acid composition of egg yolk, plasma and liver as well as hepatic stearyl-coenzyme A desaturase activity and gene expression in laying hens. *Poultry Sci.* 84(12), 1886-1892.
- Shantha, N.C., Crum, A.D., Decker, E.A. (1994): Evaluation of conjugated linoleic acid concentrations in cooked beef. *J. Agric. Food Chem.* 42, 1757-1760.
- Shorland, F.B., Weenink, R.O., Johns, A.T. (1955): Effect of the rumen on the dietary fat. *Nature* 175, 1129.
- Sirri, F., Tallarico, N., Meluzzi, A., Franchini, A. (2003): Fatty acid composition and productive traits of broiler fed diets containing conjugated linoleic acid. *Poultry Sci.* 82, 1356-1361.
- Skrivanová, V., Skrivan, M., Tumová, E., Sevciková, S. (2004): Influence of dietary vitamin E and copper on fatty acid profile and cholesterol content of raw and cooked broiler meat. *Czech J. Anim. Sci.* 49(2), 71-79.
- Stangl, G.I., Muller, H., Kirchgessner, M. (1999): Conjugated linoleic acid effects on circulating hormones, metabolites and lipoproteins, and its

- proportion in fasting serum and erythrocyte membranes of swine. *Eur. J. Nutr.* 38, 271-277.
- Stryer, L. (1988): *Biochemistry*. In: Fatty acid metabolism. 3rd edition. Freeman, W.H. and Company, New York, 469-496.
- Suksombat, W., Boonmee, T., Lounglawan, P. (2007): Effects of various levels of conjugated linoleic acid supplementation on fatty acid content and carcass composition of broilers. *Poultry Sci.* 86, 318-324.
- Suksombat, W., Samitayotin, S., Lounglawan, P. (2006): Effects of conjugated linoleic acid supplementation in layer diet on fatty acid compositions of egg yolk and layer performances. *Poultry Sci.* 85(9), 1603-1609.
- Szakály Z. (2006): A táplálkozásmarketing új irányai. *Élelmiszer, Táplálkozás, és Marketing* 1(3), 3-12.
- Szymczyk, B., Pisulewski, P., Szczurek, W., Hanczakowski, P. (2001): Effects of conjugated linoleic acid on growth performance, feed conversion efficiency, and subsequent carcass quality in broiler chickens. *Brit. J. Nutr.* 85, 465-473.
- Szymczyk, B., Pisulewski, P.M. (2003): Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition and cholesterol content of hen egg yolks. *Brit. J. Nutr.* 90(1), 93-99.
- Szymczyk, B., Pisulewski, P.M. (2005): Effects of dietary conjugated linoleic acid isomers and vitamin E on fatty acid composition and cholesterol content of hen egg yolks. *J. Anim. Feed Sci.* 14(1), 109-123.

- Szymczyk, B., Szczurek, W., Pisulewski, P.M., Hanczakowski, P. (2000): Effect on conjugated linoleic acid (CLA) on lipid profile of muscle tissue and fat in broiler chickens. *Roczniki-Naukowe-Zootechniki*, 225-228.
- Takahashi, K., Akiba, Y., Iwata, T., Kasai, M. (2003): Effect of a mixture of conjugated linoleic acid isomers on growth performance and antibody production in broiler chicks. *Brit. J. Nutr.* 89, 691-694.
- Takahashi, K., Kawamata, K., Akiba, Y., Iwata, T., Kasai, M. (2002): Influence of dietary conjugated linoleic acid isomers on early inflammatory responses in male broiler chickens. *Brit. Poultry Sci.* 43(1), 47-53
- Temme, E.H.M., Mensink, R.P., Hornsta, G. (1996): Comparison of the effects of diets enriched in lauric, palmitic, or oleic acids on serum lipids and lipoproteins in healthy women and men. *Am. J. Clin. Nutr.* 63, 897-903.
- Thompson, H., Zhu, Z., Banni, S., Darcy, K., Loftus, T., Ip, C. (1997): Morphological and biochemical status of the mammary gland as influenced by conjugated linoleic acid: implication for a reduction in mammary cancer risk. *Cancer Res.* 57, 5067-5072.
- Tsuboyama-Kasaoka, N., Takahashi, M., Tanemura, K. (2000): Conjugated linoleic acid supplementation reduces adipose tissue by apoptosis and develops lipodystrophy in mice. *Diabetes* 49, 1534-1542.
- Uauy, R., Birch, E., Birch, D. (1992): Visual and brain function measurements in studies of n-3 fatty acid requirements of infants. *J. Pediatr.* 120, 168-180.

- Wahrburg, U. (2004): What are the health effects of fat? *Eur. J. Nutr.* 43(1), 6-11.
- West, D.B., Blohm, F.Y., Truett, A.A., DeLany, J.P. (2000): Conjugated linoleic acid persistently increases total energy expenditure in AKR/J mice without increasing uncoupling protein gene expression. *J. Nutr.* 130, 2471-2477.
- Wong, M.W., Chew, B.P., Wong, T.S., Hosick, H.L., Boylston, T.D., Shultz, T.D. (1997): Effects of dietary conjugated linoleic acid on lymphocyte function and growth of mammary tumors in mice. *Anticancer Res.* 17, 987-993.
- Yang, L., Huang, Y., James, A.E., Lam, L.W., Chen, Z.Y. (2002): Differential incorporation of conjugated linoleic acid isomers into egg yolk lipids. *J. Agr. Food Chem.* 50, 4941-4946.
- Yurawecz, M.P., Roach, J.A.G., Sehat, N., Mossoba, M.M., Kramer, J.K.G., Fritsche, J., Steinhart, H., Ku, Y. (1998): A new conjugated linoleic acid isomer, 7 trans, 9 c/s-octadecadienoic acid, in cow milk, cheese, beef, and human milk and adipose tissue. *Lipids* 33, 803-809.
- Zanini, S.F., Colnago, G.L., Pessotti, B.M.S., Bastos, M.R., Casagrande, F.P., Lima, V.R. (2006): Body fat of broiler chickens fed diets with two fat sources and conjugated linoleic acid. *Int. J. Poultry Sci.* 5, 241-246.
- Zhang, H.J., Guo, Y.M., Yuan, J.M. (2005): Conjugated linoleic acid enhanced the immune function in broiler chicks. *Brit. J. Nutr.* 94, 746-752.

- Zhang, H.J., Tian, Y.D., Guo, Y.M., Yuan, J.M. (2008): Dietary conjugated linoleic acid improves antioxidant capacity in broiler chicks. *Brit. Poultry Sci.* 49, 213-221.
- Zsédely E. (2008): Állati eredetű élelmiszerek n-3 zsírsavtartalmának növelése, oxidációs stabilitásának javítása takarmányozással. Doktori értekezés. Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár
- Zsinka Á. (1997): Zsírsavak a szervezetben - zsírsavak a táplálékban. *Táplálkozás Anyagcsere-Diéta* 2(1), 10-15.