

**DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS**

**ZSÉDELY ESZTER**

**MOSONMAGYARÓVÁR  
2008**

**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  
NY. EGYETEMI TANÁR, AZ MTA RENDES TAGJA**

**ÁLLATI EREDETŰ ÉLELMISZEREK N-3  
ZSÍRSAVTARTALMÁNAK NÖVELÉSE, OXIDÁCIÓS  
STABILITÁSÁNAK JAVÍTÁSA TAKARMÁNYOZÁSSAL**

**KÉSZÍTETTE:  
ZSÉDELY ESZTER**

**MOSONMAGYARÓVÁR  
2008**

**ÁLLATI EREDTŰ ÉLELMISZEREK N-3 ZSÍRSAVTARTALMÁNAK NÖVELÉSE,  
OXIDÁCIÓS STABILITÁSÁNAK JAVÍTÁSA TAKARMÁNYOZÁSSAL**

Írta:  
**ZSÉDELY ESZTER**

**Készült a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság és Élelmiszertudományi  
Kar Ujhelyi 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**

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>1. BEVEZETÉS</b> .....	<b>4</b>
<b>2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS</b> .....	<b>7</b>
2.1. A ZSÍROK JELENTŐSÉGE A HUMÁN TÁPLÁLKOZÁSBAN.....	7
2.1.1. <i>A zsírsavak felosztása és jellemzése</i> .....	8
2.1.2. <i>Zsírbeviteli ajánlások</i> .....	15
2.2. LEHETŐSÉGEK A HAZAI TÁPLÁLKOZÁS ZSÍRSAVÖSSZETÉTELÉNEK JAVÍTÁSÁRA .....	18
2.3. A ZSÍRSAVÖSSZETÉTEL MÓDOSÍTÁSÁNAK ÉLETTANI ALAPJAI .....	24
2.4. A ZSÍRSAVÖSSZETÉTEL VÁLTOZTATÁSÁNAK HATÁSA AZ OXIDÁCIÓS STABILITÁSRA .....	26
2.5. AZ ÁLLATI EREDETŰ ÉLELMISZEREK ZSÍRSAVÖSSZETÉTELÉNEK MÓDOSÍTÁSA CÉLJÁBÓL EDDIG ELVÉGZETT KÍSÉRLETEK EREDMÉNYEINEK ÁTTEKINTÉSE .....	33
2.5.1. <i>Zsírsavösszetétel módosítás lehetőségei</i> .....	33
2.5.2. <i>Az oxidációs stabilitás javításának lehetőségei</i> .....	48
2.5.3. <i>A zsírsavösszetétel megváltoztatásának hatása a hízalási teljesítményre</i> .....	53
<b>3. SAJÁT VIZSGÁLATOK</b> .....	<b>57</b>
3.1. A KÍSÉRLETEK CÉLKITŰZÉSE .....	57
3.2. ANYAG ÉS MÓDSZER .....	60
3.2.1. <i>Libákkal végzett kísérletek</i> .....	60
3.2.2. <i>Brojlersírkékkel végzett kísérlet</i> .....	66
3.2.3. <i>Nyulakkal elvégzett kísérletek</i> .....	67
3.2.4. <i>Organoleptikus vizsgálatok</i> .....	69
3.2.5. <i>Konyhatechnikai műveletek hatásának vizsgálata</i> .....	71
3.2.6. <i>A kémiai vizsgálatok módszerei</i> .....	71

3.2.7. <i>A kísérleti eredmények statisztikai értékelése</i> .....	72
3.3. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE .....	73
3.3.1. <i>A lenolajkiegészítésnek a hízalási teljesítményre gyakorolt hatása</i> .....	73
3.3.2. <i>Az olajkiegészítések hatása a zsírsavösszetételre</i> .....	90
3.3.2.1. <i>Ludakkal végzett kísérletek</i> .....	90
3.3.2.2. <i>Brojlercsirkékkel végzett kísérlet</i> .....	115
3.3.2.3. <i>Nyulakkal végzett kísérletek</i> .....	116
3.3.3. <i>Az olajkiegészítések és a különböző forrású illetve dózisú E-vitamin kiegészítések hatása a hús oxidációs stabilitására és E-vitamin tartalmára</i> .....	130
3.3.4. <i>A különböző olajkiegészítések hatása a készételek érzékszervi tulajdonságaira</i> .....	147
3.3.5. <i>A készételek zsírsavösszetételének elemzése</i> .....	155
<b>4. ÖSSZEFOGLALÁS</b> .....	<b>163</b>
<b>5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK</b> .....	<b>167</b>
<b>TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE</b> .....	<b>169</b>
<b>KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS</b> .....	<b>172</b>
<b>FELHASZNÁLT IRODALOM</b> .....	<b>173</b>
<b>FÜGGELÉK</b> .....	<b>186</b>

**„ÁLLATI EREDETŰ ÉLELMISZEREK N-3  
ZSÍRSAVTARTALMÁNAK NÖVELÉSE, OXIDÁCIÓS  
STABILITÁSÁNAK JAVÍTÁSA TAKARMÁNYOZÁSSAL”**

**Kivonat**

Világszerte széles körben folynak kutatások, hogy funkcionális élelmiszereket állítsanak elő. PhD dolgozatom legfontosabb célkitűzése az volt, hogy olyan funkcionális élelmiszer alapanyagokat állítsunk elő, amelyek segíthetnek a helyes arányú zsírsav fogyasztás megvalósításában, és ezáltal közvetve a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésében.

A libákkal, nyulakkal és brojlercsirkékkel elvégzett kísérletek eredményei alapján megállapítható, hogy a takarmány 2% lenolajjal történő kiegészítésével a brojler-, liba-, illetve nyúlhús zsírsavösszetétele is előnyösen módosítható, a humán igényekhez közelíthető. E vitaminnal - lehetőleg természetes eredetű D- $\alpha$ -tokoferollal - kiegészítve a takarmányt a hús oxidációs stabilitása megfelelő szinten tartható. A 2% lenolajjal történő kiegészítés nem rontja érdemben az ilyen liba-, illetve nyúlhúsból készített ételek érzékszervi tulajdonságait.

**„INCREASING OF N-3 FATTY ACID CONTENT AND  
OXIDATIVE STABILITY OF ANIMAL ORIGIN FOODS  
BY DIETARY MANIPULATION”**

**Abstract**

In the past years several research works aimed to meet human demands on components of animal origin food. Our research field is to increase the n-3 fatty acid concentration in the foods by dietary manipulations. The results of our trials suggest that 2 % linseed oil supplementation improves the nutritional value of geese, rabbit and broiler meat without impairing the organoleptic properties. Dietary vitamin E supplementation seems to be an effective way to increase shelf-life of these meats with high PUFA content.

## 1. BEVEZETÉS

A takarmányozás igen sokoldalú hatást gyakorol az állati eredetű élelmiszerek összetételére és ezáltal táplálkozási értékére. Így befolyásolhatja a takarmányozás az állati eredetű termékek zsírtartalmát, ezzel energiatartalmát, zsírsavösszetételét, fehérjetartalmát, vitamintartalmát, ásványianyag-összetételét, színét, íz- és zamatanyag tartalmát, sőt hatással lehet a takarmányozás az állati eredetű nyersanyagok (pl.: a hús, a tej) ipari feldolgozhatóságára is. Az említett hatások megismerése módot nyújthat arra, hogy az állati eredetű élelmiszerek összetételét célirányos takarmányozással a humán igényekhez közelítsük. Ismerve a különböző táplálóanyagoknak az egyes anyagcserefolyamatokban betöltött szerepét, lehetőség nyílik ún. funkcionális élelmiszerek előállítására. Ezek közé azokat az élelmiszereket soroljuk, amelyek speciális táplálóanyag tartalmuknak köszönhetően, rendszeres, tartós fogyasztásuk esetén késleltetik, vagy akár elkerülhetővé teszik egyes betegségek kialakulását.

A táplálóanyagok közül az utóbbi másfél évtizedben a zsírok kerültek az érdeklődés előterébe. Ez a sokoldalú szereppel áll összefüggésben, amelyet az egyes zsírsavak a szervezetben betöltenek. Különösen érvényes ez a többszörösen telítetlen zsírsavakra (PUFA), közülük is elsősorban az n-6 és n-3 zsírsavakra. Az n-6 zsírsavak közül a linolsav ( $C_{18:2}$ ), az n-3 zsírsavak közül pedig az  $\alpha$ -linolénsav ( $C_{18:3}$ ) fordul elő legnagyobb mennyiségben az élelmiszerekben, illetve a takarmányokban. Mindkét említett zsírsav esszenciális, amelyekhez az



élelmiszerekkel, valamint a takarmányokkal kell mind az embernek, mind a gazdasági állatoknak hozzájutni. A szervezetben mindkét zsírsav deszaturációval és elongációval további, ugyancsak fontos, többszörösen telítetlen zsírsavvá alakulhatnak át. Így a linolsavból arachidonsav ( $C_{20:4}$ ), az  $\alpha$ -linolénsavból pedig eikozapentaénsav ( $C_{20:5}$ , EPA), valamint dokozahexaénsav ( $C_{22:6}$ , DHA) keletkezhet (*Simopoulos, 1991*). Valamennyi említett zsírsav élettani hatásai sokoldalúak.

A humán zsírsavszükségletre vonatkozó ajánlás (*Zajkás, 2004*) akkor tekinti a zsírsavellátást jónak, ha az n-6 zsírsavak a teljes zsírsav felvételnek 10-15 %-át, az n-3 zsírsavak pedig 2-3 %-át teszik ki. Az említett ajánlás a PUFA zsírsavak közül az élelmiszerekben legnagyobb mennyiségben előforduló linolsav és  $\alpha$ -linolénsav arányát akkor tekinti optimálisnak, ha az a 3-5:1 között van.

Ugyanakkor a napraforgóolajra és sertészsírra alapozott magyar konyhára visszavezethetően a hazai lakosság zsírsavellátottsága több tekintetben nem felel meg az említett ajánlásban foglaltaknak. Mindenek előtt az n-3 ellátottság marad el a javasolt szinttől, aminek eredményeként az n-6/n-3 arány hazánkban lényegesen tágabb az optimálisnál, gyakran 28-30:1 feletti érték (*Rodler, 2005*).

A hazai zsírsavellátottság javítására több lehetőség is kínálkozik. Az egyik, hogy növeljük táplálkozásunkban a napraforgóolajnál és a sertészsírnál lényegesen több  $\alpha$ -linolénsavat tartalmazó olajok (szójaolaj, repceolaj, lenolaj) részarányát.

Kedvezőbbé tehető az n-3 zsírsav ellátottságunk oly módon is, hogy az eddiginél több tengeri halat fogyasztunk.

További lehetőség zsírsav ellátottságunk javítására, hogy a gazdasági állatok takarmányának n-3 zsírsavakban gazdag olajokkal történő kiegészítésével növeljük az állati eredetű élelmiszerek n-3 zsírsavtartalmát. Erre étlettanilag van lehetőség. Ennek igazolására brojlercsirkékkel, ludakkal, valamint nyulakkal végeztünk kísérleteket.

## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. A zsírok jelentősége a humán táplálkozásban

A táplálóanyagok egyik fő csoportját a zsírok alkotják. A zsírok az utóbbi évtizedekben egyre inkább a kutatások középpontjába kerültek, köszönhetően annak, hogy a zsírfogyasztási szokások alakulását számos betegség kialakulásával hozták kapcsolatba. Ez utóbbiak között egyik legjelentősebb csoportot a szív- és érrendszeri betegségek alkotják, amelyek hazánkban is vezető helyen szerepelnek a halálozási okok között (2002-ben 51 % volt részarányuk), de világviszonylatban is eléri arányuk a 30 %-ot (WHO).

A táplálékkal felvett zsírok számos funkciót töltenek be az emberi szervezetben. Az egyik fontos szerepük az energiaszolgáltatás, mivel energiatartalmuk 39 kJ/g, kb. 2-2,5-szöröse a többi táplálóanyagoknak. Részt vesznek a szövetek, valamint egyes hormonok és az epesavak felépítésében, biztosítják a zsírolható vitaminok (A, D, E, K) felszívódásához és raktározásához szükséges közeget, valamint a sejtmembránok felépítéséhez nélkülözhetetlen anyagokat. A bőralatti kötőszövetben található zsírok a test hővédelmében, míg az egyes szerveket körülvevő zsírok (pl.: szív, vese) azok mechanikai védelmében játszanak fontos szerepet, de a jóllakottság érzetének kialakításában is fontosak (Kovács, 1999). Mindezek mellett nem utolsó sorban egyedül a zsírok fogyasztása során jut a szervezet az esszenciális zsírsavakhoz (linolsav,  $\alpha$ -linolénsav), amelyek számos speciális feladatot látnak el a szervezetben (Kelly, 2002).

### 2.1.1. A zsírsavak felosztása és jellemzése

Az említett sokféle funkciónak a betöltésére a zsírok változatos felépítése ad lehetőséget. A táplálékban levő zsír triglicerid formában van jelen, amely a glicerinnmolekula hidroxilcsoportjainak zsírsavakkal alkotott észtere. A zsírsavakat csoportosíthatjuk:

- a lánc hosszúsága,
- a kettős kötések száma (telített, egyszeresen telítetlen, többszörösen telítetlen),
- a kettős kötések helye,
- a kettős kötés konfigurációja (cisz vagy transz) szerint.

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

#### Telített zsírsavak

A *telített zsírsavakra* (SFA = Saturated Fatty Acids) az a jellemző, hogy a szénatomok a láncban egyszeres kötéssel kapcsolódnak egymáshoz, vagyis valamennyi kötés telített. A telített zsírsavak szabad formában csak kis mennyiségben található az élelmiszer-nyersanyagokban. (*Gasztonyi és Lásztity, 1992*).

A telített zsírsavakat a szénlánc hosszúsága alapján további csoportokra oszthatjuk, amelyek abban is eltérnek, hogy különböző hatást gyakorolnak a plazma lipid és lipoprotein szintjére (*Frank és mtsai, 2001*). A C<sub>4:0</sub> – C<sub>10:0</sub> csoportba sorolható zsírsavakat közepes lánchosszúságú

zsírsavaknak nevezzük (MCT), melyek a micellumok megkerülésével szívódnak fel és közvetlenül a portális keringésbe jutnak (*Kovács, 1999*), ezáltal nem befolyásolják a szérumban a koleszterinszintjét, és jó felszívódásuk miatt csecsemőtápszerekben és diétákban is alkalmazhatók (*Zsinka, 1997*).

A  $C_{12:0}$  –  $C_{17:0}$  lánc hosszúság esetében hosszú szénláncú zsírsavakról beszélünk (LSFA=Long Saturated Fatty Acids). Ide tartozik a laurinsav ( $C_{12:0}$ ), a mirisztinsav ( $C_{14:0}$ ) és a palmitinsav ( $C_{16:0}$ ). Ezen zsírsavak esetében a vizsgálatok egyértelműen megállapították, hogy szignifikánsan növelik az LDL-koleszterinszintet (*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 ( $C_{18:0}$ ) már a nagyon hosszú szénláncú zsírsavak (VLSFA=Very Long Saturated Fatty Acids) közé sorolják, amely zsírsav nem emeli a szérumban a koleszterin szintjét, de HDL csökkentő hatását is említik (*Wahrburg, 2004; Barna, 2006*). *Zsinka (1997)* szerint a sztearinsav az anyagcsere-folyamatokban átalakul egyszerűen telítetlen olajsavvá, és ezáltal koleszterinszint-csökkentő hatásúvá válik.

#### Egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFA= Monosaturated Fatty Acids)

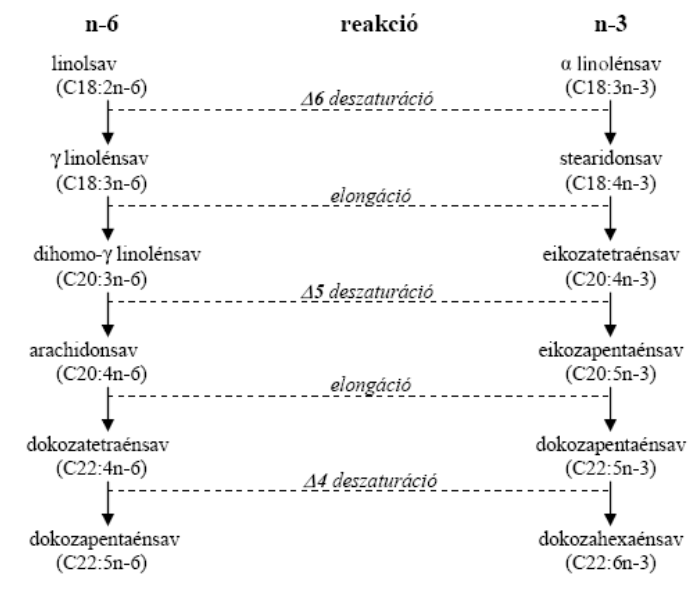
Az egy kettős kötést tartalmazó zsírsavak legjelentősebb képviselője a természetes zsíradékokban az olajsav ( $C_{18:1}$ ), és ebbe a csoportba tartozik a palmitoleinsav ( $C_{16:1}$ ) is. Több közlemény (*de Lorgeril és Serge, 1994; Wahrburg, 2004; Barna, 2006*) is hangsúlyozza, hogy a mediterrán országokban, ahol az elsődleges humán zsírforrás a MUFA-ban gazdag olívaolaj, kevesebb a keringési betegségek okozta halálozás.

Telített zsírsavakat egyszerűen telítetlen zsírsavakkal helyettesítve csökken a szérum összkoleszterin- és LDL koleszterinszintje, ezenkívül a kedvező - HDL - koleszterinszintet kisebb mértékben csökkenti, mint a többszörösen telítetlen zsírsavak (*Mata és mtasi, 1992*). Az utóbbi időben ismertté vált további kedvező hatása, hogy védi az LDL koleszterint az oxidációtól, amely egyik legfontosabb faktor az érlemezés kialakításában, ugyanis az oxidálódott LDL-t az LDL-receptor már nem tudja felvenni (*Wahrburg, 2004*).

#### Többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA=Polyunsaturated Fatty Acids)

A kettő vagy annál több kettős kötést tartalmazó zsírsavakat soroljuk ide. Ezeket annak alapján, hogy a láncvégi (metil-terminális) szénatomtól számítva hol található az első kettős kötés, két csoportra osztjuk (*Klenk és Mohrhauer, 1960*). Táplálkozásélettani szempontból mind az n-6 ( $\omega$ -6), mind az n-3 ( $\omega$ -3) csoport jelentős. Az n-6 csoport legjelentősebb képviselője a linolsav (C<sub>18:2</sub>), míg az n-3 csoport leggyakrabban előforduló tagja az  $\alpha$ -linolénsav (C<sub>18:3</sub>). Ez a két zsírsav esszenciális, amelyeket az emberi szervezet nem tud előállítani, ezért táplálék útján kell felvenni őket. Elégtelen bevitelük esetén hiánytünetek (pl.: bőrgyulladás, agy- és retinafejlődési zavarok, stb.) lépnek fel (*Antal és Gaál, 1998; Zsarnóczay, 2001*). Hatásuk a szervezetben sokrétű: közvetlenül befolyásolják a zsírsavanyagcserét, beépülnek a sejtmembránok foszfolipidjeibe és szerepük van azok funkciójának fenntartásában. Lényeges feladatuk, hogy a hormonszerű eikozanoidok prekursorai (*Mata és mtsai, 1992; Antal és Gaál, 1998; Barna 2006*).

Mindkét zsírsav metabolizmusa során deszaturációval és lánchosszabbítással, enzimatis úton, a deszaturáz enzimszisztéma és transzferázok révén több kettős kötést tartalmazó többszörösen telítetlen zsírsavak keletkeznek (Simopoulos, 1991; Huang és mtsai, 1995; Bordoni és mtsai, 1996; Innis és mtsai, 1999). A két zsírsav metabolizmusában közös enzimek vesznek részt (1. ábra), így kompetíció alakulhat ki a szubsztrátok között, ami meghatározza a belőlük képződő további zsírsavak mennyiségét is. Ezért a két zsírsavnak nemcsak a megfelelő mennyiségét, hanem a szükséges arányát is biztosítani kell a táplálkozás során.



**1. ábra: A linolsav és α-linolénsav metabolizmusának egyes lépései**  
(Forrás: Simopoulos, 1992)

A hosszú szénláncú telítetlen zsírsavak számos fontos funkciót töltenek be a szervezetben:

### n-6 zsírsavak

Két legfontosabb képviselője a linolsav (C18:2) és a belőle képződő arachidonsav (C20:4). A linolsavbevitel hatására csökken a szérumban a koleszterin- és LDL-szintje (*Chan és mtsai, 1991*), továbbá a trigliceridszintet is mérsékli, bár ez a hatás egyes kutatók szerint elhanyagolható (*Kris-Etherton és Yu, 1997*). A nagy linolsavbevitel növelheti a malignus daganatok előfordulását, sőt elősegítheti az LDL oxidációját fokozva ezáltal az érlemezés kialakulásának lehetőségét, ezenkívül növeli a koszorúerekben a trombózis veszélyét. A linolsavnak fontos szerepe van az epidermális vízáteresztő képesség szabályozásában is (*Antal és Gaál, 1998; Wahrburg, 2004*).

Az arachidonsav részt vesz a sejtmembránok foszfolipidjeinek felépítésében és funkciójának biztosításában, továbbá magzati és posztnatális korban az agy és a retina normális fejlődéséhez kell elegendő mennyiségben rendelkezésre állnia, mindezen kívül az arachidonsav az n-6-os eikozanoidok prekursora. Hiánya esetén a növekedés lassulása, bőrelváltozások, veseműködési és reprodukciós zavarok fordulhatnak elő (*Antal és Gaál, 1998*).

### n-3 zsírsavak

Az utóbbi néhány évtizedben egyre több kutatási területen foglalkoznak az n-3 zsírsavakkal, mivel sok tekintetben állapították meg kedvező hatásukat az egészség megőrzésében, illetve egyes betegségek kialakulásának megelőzésében. E hatások között említhetjük elsődlegesen a koronárisbetegségeket, továbbá az autoimmun megbetegedéseket, a Chron-betegséget, egyes rákos megbetegedéseket (emlő, prosztata, vastagbél), a magas vérnyomást, reumás betegségeket, a csontritkulást, és



csecsemőkorban a retina és az agy nem megfelelő fejlődését hiányos n-3 zsírsav ellátottság esetén (*Simopoulos, 1991; Connor, 2000; Schaefer, 2002; Wahrburg, 2004; Griel és mtsai 2007*).

Az n-3 zsírsavak különböző hatásokon keresztül vesznek részt a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésében. Ilyen hatásaik például az antiaritmiás, gyulladáscsökkentő, antitrombotikus, véralvadást csökkentő és szérum trigliceridszint csökkentő hatásuk (*Simopoulos, 1991; Ikeda és mtsai, 1994; Connor, 2000*). Mindezek mellett az utóbbi időben a depresszió, immunrendszeri betegségek és a cukorbetegség esetében is kedvező hatást állapítottak meg (*Révész, 2007*). A csoport legfontosabb képviselői az  $\alpha$ -linolénsav (C18:3), és a metabolizmusa során keletkező eikozapentaénsav (EPA - C20:5), valamint dokozahexaénsav (DHA - C22:6). Az  $\alpha$ -linolénsav csökkenti a szérum koleszterinszintet, az EPA pedig a trigliceridszintet mérsékli, továbbá belőle képződnek az eikozanoidok (*Chan és mtsai, 1991; Harris, 1997*). Az utóbbi évek vizsgálatai alapján kiderült, hogy a terhesség alatti megfelelő n-3 zsírsavbevitel hozzájárul a terhességi hypertónia és a koraszülések előfordulási gyakoriságának csökkenéséhez (*Olsen és mtsai, 1992; Connor és mtsai, 1992*). Az arachidonsav mellett a megfelelő DHA ellátottság is fontos magzati korban az agy és a retina normális fejlődéséhez, hiányos ellátás ugyanis a fényérzékelés zavara és csökkent látásélesség fordulhat elő (*Uauy és mtsai, 1992*).

A korábban már említett hormonszerű anyagok, az eikozanoidok, a többszörösen telítetlen zsírsavak oxigenált metabolitjai (*Antal és Gaál, 1998*). Az arachidonsav és az EPA foszfolipidmolekulákba épülnek be, ahol a zsírsavakat a foszfolipáz-A2 hasítja le, majd a ciklooxygenáz

szubsztrátjaként a thromboxánok, prosztaglandinok és prosztaciklinek, a lipoxigenáz szubsztrátjaiként pedig a leukotriének képzésében vesznek részt. A különböző zsírsavakból különböző sorozatú eikozanoidok keletkeznek (*Nair és mtsai, 1997; Antal és Gaál, 1998; Perédi 2002; Halmy és Halmy, 2003; Barna, 2006*). Az n-6 és n-3 zsírsavakból képződő eikozanoidok a hatás tekintetében eltérőek, amit az 1. táblázatban foglaltak is igazolnak. A különböző származású (n-6 vagy n-3 zsírsavakból képződő) eikozanoidok hatása lehet azonos irányú, de eltérő hatáserősségű, és lehet a hatás különböző irányú is.

**1. táblázat: Az n-6 és n-3 zsírsavakból képződő eikozanoidok fiziológiás hatása**

<b>n-6</b> (PGE2; PGI2; TXA2; LTB4)	<b>n-3</b> (PGE3; PGI3; TXA3; LTB5)
<b>FIZIOLÓGIÁS HATÁS</b>	
fokozott trombotikus	antitrombotikus
aggregációt növelő	aggregációt csökkentő
gyulladást fokozó	gyulladást gátló
vérviszkozitást növelő	vérviszkozitást csökkentő
vazospazmikus	antiaritmiás
hiperlipidémiás	hipolipidémiás
érszűkítő	értágító
véralvadást elősegítő	véralvadást gátló

(Forrás: Perédi, 2002)

Transz-zsírsavak

A transz konfigurációjú telítetlen zsírsavakat nevezzük transz-zsírsavaknak, melyek a telített zsírsavakhoz hasonlóan különböző mechanizmusokkal növelik a kardiovaszkuláris betegségek kialakulásának kockázatát (*Wahrburg, 2004*). Mindenekelőtt a transz-zsírsavak növelik az LDL, ugyanakkor csökkentik a HDL koleszterinszintet (*Mensink és Katan,*

1990; Judd és mtsai, 1994), továbbá növelik a szérum trigliceridszintjét is (Katan és Zock, 1995). Ezen kívül az eikozanoid metabolizmus enzimeinek gátlásával megzavarják a prosztaglandin egyensúlyt és így növelik a trombogenezis kockázatát (Hill és mtsai 1982). Az élelmiszerek közül a tej- és tejtermékekben, valamint a marha- és birkahúsban fordulnak elő természetes transz-zsírsavak (melyeket a kérődzők bendőbaktériumai állítanak elő). Korábban a margarinyártás (telítetlen zsírsavakat tartalmazó olajok mesterséges hidrogénezése) volt az egyik fő forrása a transz-zsírsavaknak, de azóta már a gyártástechnika fejlődésével ez változott. Napjainkban elsősorban a keményített zsírokat tartalmazó élelmiszerek (pl.: kekszek, sütemények, burgonyaszírom) útján jutnak transz-zsírsavak szervezetünkbe (Wahrburg, 2004).

Mindezek ismeretében a transz-zsírsavakból a lehető legkisebb mennyiség fogyasztása ajánlott.

### 2.1.2. Zsírbeviteli ajánlások

A szív- és érrendszeri betegségeken kívül számos más, táplálkozással összefüggő betegség van jelen hazánkban (elhízás, cukorbetegség, tápanyag-hiánybetegségek stb.), amelyek megelőzhetők, illetve kialakulásuk kockázata csökkenthető egészséges táplálkozással (Zajkás, 2004). Ha megvizsgáljuk, hogy az összes zsírbevitel hogyan alakul a világban, akkor azt állapíthatjuk meg, hogy az összes zsírfogyasztás Nyugat-Európában 31 és 43 energia % között változik, de Észak- és Dél-Európa között nincs éles választóvonal (Hulshof és mtsai, 1999; Sanders, 2000). A balti köztársaságokban magasabb, 42-44 % ez az érték (Pomerleau és mtsai, 2001). Az Egyesült Államokban Európához hasonló a helyzet

(*Kris-Etherton és mtsai, 2000*), míg Japánban a jelentős halfogyasztásnak, és a sok növényi olaj (elsősorban repce- és szójaolaj) felhasználásnak köszönhetően az összes energiabevitelnek csak 26 %-a származik zsírból, kedvező (4:1) az n-6/n-3 arány is (*Sugano és Hirahara, 2000*).

Hazánkban 1992-94 között elvégzett lakossági táplálkozási felmérés eredménye szerint az összes energia bevitel 38 %-a származik a zsírból mindkét nem esetében, ezen belül a telített zsírsavak 14-15 energia %-os arányt képviselnek (*Zajkás, 2004*).

Az ideális zsír- és zsírsavfogyasztásra vonatkozó korábbi hazai előírások *Antal és Gaál (1998)* szerint egybehangzóak voltak a nemzetközi ajánlásokkal. Az egyes zsírsavak táplálkozási értékéről szerzett újabb ismeretek azonban a korábbi ajánlások pontosítását, újabb paraméterek figyelembe vételét tették szükségessé. A korábbi, illetve az új ajánlásokat az alábbi adatok mutatják be:

## 2. táblázat: Táplálkozási ajánlások az egyes zsírsavak bevitelére

	<b>Antal és Gaál (1998)</b>	<b>Zajkás (2004)</b>
<i>napi energia bevitel zsírokból</i>	30 en %	15-30 en %
<i>telített zsírsavak (SFA)</i>	10 en %	<10 en %
<i>egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFA)</i>	12 en %	5-10 en %
<i>többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA)</i>	6-8 en %	6-10 en %
<i>linolsav (n-6 zsírsavak)</i>	1 en %	5-8 en %
<i>α-linolénsav (n-3 zsírsavak)</i>	0,2 en %	1-2 en %
<i>EPA és DHA bevitel</i>	-	1-2 en %
<i>transz-zsírsavak</i>	-	< 1 en %
<i>PUFA/SFA</i>	0,8	0,8

A két adatsort összehasonlítva megállapítható, hogy az ajánlások több tekintetben is változtak. Az új ajánlások csökkenteni javasolják a napi zsírfogyasztást, valamint a telített zsírsavak mennyiségét, ugyanakkor

növelni tartják szükségesnek a napi táplálékban a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyiségét, főleg az n-3 zsírsavfogyasztást. Új paraméterként jelenik meg az ajánlásban az EPA és DHA-szükséglet, valamint a transz-zsírsavak mennyisége.

Amennyiben az említett felmérés eredményeit az új ajánlásokkal összehasonlítjuk, megállapítható, hogy zsírfogyasztási szokásaink nem felelnek meg a táplálkozással összefüggő betegségek csökkentését elősegítő előírásoknak.

A bevitt zsírsavak mennyiségén túl, fontos szempont napjainkban már az egyes zsírsavak aránya is. A PUFA/SFA arány mellett lényeges az n-6/n-3 hányados is. Ez utóbbi aránynak azért nagy a jelentősége, mert egyrészt a linolsav és az  $\alpha$ -linolénsav metabolizmusa során kompetíció alakulhat ki a szubsztrátok között a közösen felhasznált enzimekért. Fontos ez az arány másrészt azért is, mert a linolsavból, valamint az  $\alpha$ -linolénsavból képződő metabolitok (arachidonsav, illetve EPA és DHA), továbbá az említett metabolitokból keletkező eikozanoidok igen különböző - az eikozanoidok esetében gyakran ellentétes - funkciókat töltenek be a szervezetben (lásd 1. táblázat). Ezért, ha ez az arány túlságosan eltolódik valamelyik irányba, az kedvezőtlenül befolyásolja az anyagcserefolyamatokat (*Hu és mtsai, 2001*). Az ideális n-6/n-3 zsírsav arányt 3-5:1 értékek között adják meg a közleményekben (*Antal és Gaál, 1998; Schaefer, 2002; Wahrburg, 2004*). Sajnos hazánkban ez az érték 28-30:1 (*Barna, 2006*), ami európai viszonylatban (pl: Németországba 10:1 - *Wahrburg, 2004*) is elég kedvezőtlen. Ez a rossz arány egyrészt a túl nagy n-6 (napraforgó olajra alapozott konyha) és az alacsony n-3 zsírsavbevitel együttes hatásából következik. A helytelen arány *Burdge (2004)* szerint a

megfelelő  $\alpha$ -linolénsav bevitel esetében sem eredményezi az EPA és DHA ellátás javulását, mert a nagy linolsavtartalom gátolja azt. Ezért szükséges az említett két metabolitot más módon is biztosítani.

Az eddig leírtakból az a következtetés vonható le, hogy az egészségesebb hazai táplálkozás érdekében sok tekintetben változtatni szükséges a zsírfogyasztási szokásainkon. Ehhez nem elegendő az abszolút zsírfogyasztás csökkentése, hanem ezen túlmenően változtatni, javítani szükséges az elfogyasztott zsír zsírsavösszetételét is.

## **2.2. Lehetőségek a hazai táplálkozás zsírsavösszetételének javítására**

Az előző fejezetben megállapításra került, hogy hazánkban a zsírfogyasztás nem felel meg a táplálkozástudósok által kidolgozott ajánlásoknak. Ezért a táplálkozással összefüggő betegségek előfordulásának csökkentése céljából fontos feladat a hazai lakosság zsírfogyasztási szokásainak javítása.

Az egyik ezzel kapcsolatos fontos teendő az n-6 ( $\omega$ -6) zsírsavak bevitelének csökkentése és az n-3 ( $\omega$ -3) zsírsavak részarányának növelése a táplálékkal felvett zsírokban, hogy ezáltal a kedvezőtlen n-6/n-3 arány javuljon. Erre többféle megoldási lehetőség is kínálkozik:

⇒ *A halfogyasztás növelése*

Hazánkban 2005-ben az éves halfogyasztás 1,8 kg/fő volt (1,4 kg hal + 0,4 kg halkonzerv), ami az összes fehérjefogyasztásnak mindössze 1 %-át adta (az EU-ban az átlagos halfogyasztás 22 kg/fő/év). Táplálkozás-élettani szempontból a heti egyszeri halfogyasztás (5-7 kg/fő/év) lenne kívánatos

(Lelovics, 2007). Elsősorban a tengeri halak (pl.: hekk, makréla, lazac, tonhal, tőkehal, szardínia) értékesek ebből a szempontból, mert jelentős természetes forrásai a hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen n-3 zsírsavaknak (EPA, DHA). A tengeri halak olajának EPA és DHA gazdagságát az magyarázza, hogy a vizekben élő planktonok  $\alpha$ -linolénsavból EPA-t és DHA-t tudnak szintetizálni, ami felhalmozódik a halak zsírjában (Antal és Gaál, 1998). A különböző halfajok zsírja eltérő mennyiségben tartalmaz n-3 zsírsavakat. Néhány halfaj zsírjának EPA+DHA tartalmáról a következő adatok tájékoztatnak:

<i>halfaj</i>	<i>EPA+DHA %</i>
fogas	26
busa	11
hekk	45
szardínia	30
makréla	15,5
lazac	24
tonhal	22
tőkehal	30

(Forrás: Bíró és Lindner, 1999; [www.medimex.hu/cikk.php?cid=8](http://www.medimex.hu/cikk.php?cid=8))

Némely szerzők a halfogyasztás ellenérveként említik, hogy a mélytengeri halak jelentős mennyiségben tartalmaznak nehézfém maradványokat és egészségre káros anyagokat (Andor, 2006), ami kedvezőtlen a fogyasztók számára. A másik fontos indok a túl nagy mértékű lehalászás, ami a tengerek élővilága számára kedvezőtlen. Ezekon túlmenően hazánkban kevés a fizetőképes kereslet a tengeri halak rendszeres fogyasztásához.

⇒ A napraforgóolajnál több  $\alpha$ -linolénsavat tartalmazó olajok jelenleginél nagyobb mennyiségben történő fogyasztása

A magyar konyhákban túlnyomórészt napraforgóolajat és sertézsírt használnak az ételek elkészítéséhez, ami hozzájárult a telített és az n-6 zsírsavak túlzott mértékű fogyasztásához. Ezért szükséges lenne, hogy más növényi olajok (pl.: olíva-, szója-, repce- vagy lenolaj) is nagyobb szerephez jussanak, és részben felváltsák a sertézsírt, valamint a napraforgóolajat. Az említett olajok a napraforgóolajnál nagyobb részarányban tartalmazzák  $\alpha$ -linolénsavat, ezért az n-6/n-3 arányuk is kedvezőbb:

### 3. táblázat: A sertézsír és néhány növényi olaj n-6 és n-3 zsírsav tartalmának alakulása

	<i>n-6 zsírsav tartalom</i>	<i>n-3 zsírsav tartalom</i>
	%	
sertézsír	3,0-16,0	<1,5
napraforgóolaj	48,3-74,0	max 0,2
nagy olajsav tartalmú napraforgóolaj	átlagosan 4,0	max 0,2
repceolaj	16,4-24,8	6,4-14,1
szójaolaj	49,8-57,1	5,5-9,5
<b>lenolaj</b>	<b>14 (LA)</b>	<b>60 (ALA)</b>

(Forrás: Perédi, 2002)

LA=linolsav    ALA= $\alpha$ -linolénsav

Antal és Gaál (1998) munkájuk során eredményes számításokat végeztek olyan olajkeverékek összeállítására, amelyek n-6/n-3 aránya megközelíti a táplálkozási ajánlásokat. Ez is megerősíti, hogy a szükséges mennyiségű n-3 zsírsavbevitel biztosításához célszerű többféle olajat is használni az ételek elkészítésekor.



⇒ *Táplálékkiegészítők*

További lehetőséget jelentenek a zsírsavellátás javítására a különböző táplálékkiegészítők, bár ezek használatának megítélése nem egyértelmű. Az amerikai táplálkozástudósok már 1987-ben megfogalmazták, hogy az egészséges emberek tápanyagszükségletét kiegyensúlyozott táplálkozással biztosítani lehet (Zsarnóczy, 2001; Lelovics és mtsai, 2006), ennek ellenére számtalan táplálékkiegészítő került forgalomba. Halmy (2006) 1993 óta folytatott vizsgálatai alapján arról számolt be, hogy a táplálék-kiegészítők nemcsak az egészség megőrzésében, de egyes betegségek kezelésében is alkalmazhatók. A szakértők azonban óvatosságra is intenek, hiszen ezek a termékek bármely élelmiszerboltban, drogériában, patikában megvásárolhatók, orvosi felügyelet nélkül akár élethossziglan fogyaszthatók (Lugasi, 2006). Zsarnóczy (2001) szerint szükséges lenne, hogy ezek a termékek csak az orvos vagy dietetikus ajánlására kerüljenek fogyasztásra, mivel a lakosság táplálkozási ismeretei rendkívül hiányosak. A jövőben várható, hogy szigorodnak az étrend-kiegészítők forgalmazására vonatkozó jogszabályok (Lugasi, 2006), de emellett fontos lenne az is, hogy a lakosság minél szélesebb körében elegendő információ álljon rendelkezésre a táplálékkiegészítők helyes megválasztásához (Lelovics és mtsai, 2006).

⇒ *Funkcionális élelmiszerek*

Az előző lehetőségeken túl a kutatók (Antal és Gaál, 1998; Antal, 2000; Perédi, 2002; Andor, 2006) az n-3 zsírsavbevitel növelésére a leghatékonyabb megoldásnak az ún. *funkcionális élelmiszerek* előállítását és elterjesztését tartanák. A kifejezést először Japánban használták az 1980-as

években (Foods for Specified Health Use = FOSHU). Azóta ez a kifejezés már az egész világon elterjedt és ismertté vált. Meghatározásukra számos definíció született. *Brock (1993)* megfogalmazása szerint a funkcionális élelmiszerek olyan termékek, amelyek egészségvédő funkciót töltenek be, vagyis a szokásos táplálóanyagokon túlmenően olyan fiziológiailag aktív komponenseket is tartalmaznak, amelyek a normális egészségi állapot megtartása mellett a betegség megelőzésére vagy gyógyítására is alkalmasak. *Perédi (2002)* meghatározása tovább pontosítja: „olyan termékek, amelyek összetételét a korszerű táplálkozástudományi ismeretek alapján alakítják ki egészségmegőrző és egészségjavító célzattal:

- megjelenési formáik a szokásos élelmiszerekhez hasonlóak
- felhasználásuk módszerei sem térnek el azoktól, de
- előnyös fiziológiai hatásaik kimutathatóak, és
- nutritív funkcióik csökkentik bizonyos betegségek kialakulásának rizikóját. „

Mindkét definícióból hiányzik azonban egy nagyon fontos kritérium, nevezetesen az, hogy kedvező hatásukat csak tartós fogyasztásuk esetén lehet elérni.

Fontos követelmény, hogy az élelmiszerekre vonatkozó szabályok és törvények a funkcionális élelmiszerek gyártása esetén is érvényesüljenek. Ma már világszerte foglalkoznak ilyen élelmiszerek előállításával, és a fogyasztásuk is növekvő tendenciát mutat, pl.: az Egyesült Államokban 1,80, Japánban 2,13 és Európában 1,79 milliárd USD értékű volt a funkcionális élelmiszerek forgalma 1999-ben (*Hilliam, 2000*).

A funkcionális élelmiszerek aszerint, hogy milyen, az egészségre jótékony hatást gyakorló komponenst tartalmaznak, a következőképpen csoportosíthatók (*Mihályiné, 1993*):

- tejsavbaktériumokat tartalmazó
- oligoszacharidokat tartalmazó
- vitaminokat tartalmazó
- ásványi anyagokat tartalmazó
- rostot tartalmazó
- fehérjéket, peptideket tartalmazó
- többszörösen telítetlen zsírsavakat tartalmazó termékek.

Míthogy dolgozatom témája az állati eredetű élelmiszerek zsírsavösszetételének kedvező irányú módosítása, a különböző összetételű funkcionális élelmiszerek közül csak a speciális zsírsavösszetételű élelmiszerek előállításának lehetőségeit kívánom röviden összefoglalni.

Speciális zsírsavösszetételű élelmiszerek előállítására az alábbi két lehetőség áll rendelkezésünkre:

- Az egyik, hogy egyes élelmiszerek készítésekor a felhasznált alapanyagokhoz különböző növényi olajokat, vagy növényi olajok keverékét adagoljuk. A módszer különböző sütő-, édes-, vagy tejipari készítmények, illetve húsipari termékek előállításakor, vagy a háztartásokban a főzés során is megvalósítható. A készítmények esetében fontos, hogy az olajjal végzett kiegészítés ne rontsa a tárolhatóságot, továbbá a termék érzékszervi megítélését.
- További lehetőség, hogy speciális takarmányozással, növényi olajokkal kiegészített takarmányok, vagy full-fat olajos magvak etetésével olyan mértékben módosítsuk az állati eredetű élelmiszerek zsírsavösszetételét, hogy azok kielégítsék a funkcionális

élelmiszerekkel szemben támasztott igényeket. Az irodalomban számos olyan kísérleti eredmény ismert, amelyek azt igazolják, hogy erre van lehetőség *(lásd 2.5. fejezet)*.

### **2.3. A zsírsavösszetétel módosításának élettani alapjai**

Monogasztrikus állatok esetében a takarmánnyal a szervezetbe jutó zsírok emésztése a vékonybélben zajlik le. Ennek során a hasnyálmirigyben képződő és a hasnyállal a duodenumba jutó lipáz az epesavak által emulgeált triglicerideket, azok 1. és 3. szénatomjukhoz észterkötéssel kapcsolódó zsírsavak lehasításával bontja. Ennek eredményeként 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 micellát alkotó monogliceridek és zsírsavak a jejunumból felszívódnak és membránok által körülzárt cseppek formájában a bélepithelsejt belsejébe kerülnek; az epesavas sók pedig a terminális ileumból felszívódva a portális keringéssel visszajutnak a májba, ahol ismét kiválasztódnak az epébe.

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. Ezzel ellentétben a hosszú szénláncú zsírsavak KoA-tiolészterekké alakulnak és a monoglicerideket trigliceridekké alakítják (triglicerid szintézis), amelyek fehérjékkel, foszfolipidekkel és koleszterinészterekkel kilomikronokat hoznak létre. A kilomikronok a nyirokkeringésen keresztül szállítódnak és az elülső üres vénán át a vénás keringésbe jutnak. Az állat tápláltsági állapotától függ,

hogy a kilomikronok mekkora hányada kerül a májba, illetve jut el a perifériás szövetekhez (izom- és zsírszövet). Állatkísérletek útján megállapították, hogy energiaegyensúly esetén a máj a kilomikronoknak csak mintegy 20-40 %-át veszi fel. A májban a trigliceridek glicerinre és zsírsavakra hidrolizálnak. A zsírsavak a májsejt szabad zsírsavkészletébe kerülnek, ahol keverednek a szénhidrátból in situ szintetizálódott, vagy a zsírszövetekből mobilizálódott szabad zsírsavakkal (FFA). Az itt tárolt zsírsavak egy részéből nagyon kis sűrűségű lipoprotein (*VLDL=very low density lipoprotein*) képződik, amely trigliceridekben gazdag részecske, és a takarmányból, valamint az endogén úton szintetizálódott triglicerideket együtt szállítja a zsírszövet, illetve az izmok felé. Ha az energiafelvétel fedezi az állat szükségletét, akkor a májat megkerülő kilomikronok és a májba keletkező VLDL-ek a zsírraktárakba kerülnek, ellenkező esetben a váz- és szívizom használja fel őket energianyerés céljából. Fontos tényező az is, hogy a kilomikronok milyen arányban tudnak átjutni a zsírszövet, vagy az izomszövet kapillárisain. Ezt egy, a *lipoproteinlipáz* által katalizált mechanizmus végzi. Az említett enzim a kapillárisok falához közel a triglicerideket glicerinre és zsírsavakra hidrolizálja, így gyorsabb a lipoproteinek átjutása a kapilláris falán. Az enzim mind a zsírszövetben, mind az izomszövetben termelődik. Az állat tápláltsági állapota (a takarmányfelvétel fokozza), a takarmányok összetétele, zsírtartalma (az emelkedése fokozza) 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, vagyis ilyenkor fokozódik a zsírsavak bejutása és raktározása a zsírszövetben (*Husvéth, 2000; Mézes, 2001*).

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

#### **2.4. A zsírsavösszetétel változtatásának hatása az oxidációs stabilitásra**

A húsok telítetlen zsírsavtartalmának növelése - a telítetlen zsírsavak oxidációval szembeni nagyfokú érzékenyséjük miatt - az oxidációs stabilitás csökkenéséhez vezethet, aminek hatására káros változások következnek be az ilyen élelmiszerekben a tárolás és feldolgozás során. Az oxidatív reakciók hatására fokozódik az avasodás, kellemetlen íz- és szaganyagok keletkeznek, csökken a táplálóanyag tartalom és toxikus metabolitok (peroxidok, aldehidek) termelődhetnek (*Nam és mtsai, 1997; Morrissey, 1998*). Az emberi és az állati szervezetben természetes körülmények között, például az energiatermelő folyamatokban is keletkeznek erőteljes oxidatív tulajdonsággal rendelkező vegyületek. Ezeket a vegyületeket összefoglalóan *reaktív oxigén gyököknek* (ROS) nevezzük, amelyek élettani szempontból a következő fontos funkciókat töltik be a szervezetben (*Mézes, 2000; Bíró, 2003*):

- bizonyos mennyiségben szükségesek a normális sejtműködés szabályozásához,
- a sejtben belüli jelzések továbbításához,
- a sejtek szaporodásához,
- a védekezést szolgáló gyulladási folyamatokhoz, továbbá
- a peroxidok nélkülözhetetlenek egyes hormonok bioszintéziséhez.

A feleslegben keletkező reaktív oxigén gyökök azonban folyamatos támadást jelentenek a fiziológiai rendszerre, és károsítják a tápanyagokat (zsírokat, szénhidrátokat, fehérjéket, aminosavakat, vitaminokat stb.) és a

színanyagokat, valamint a sejtek és szövetek felépítésében résztvevő egyéb anyagokat (pl.: szerves savak, foszfolipidek) is. Az oxidációs folyamatok során bekövetkező membránkárosodások genetikai elváltozásokhoz, mutációhoz is vezethetnek, ha ez a DNS-ben levő örökítőanyag megváltozásával jár. A fehérjék károsítása megváltoztatja az iontranszportot és az enzimaktivitást. A telítetlen zsírsavak károsodása következtében megváltozik a sejtthártya szerkezete, összetétele és a sejtthártyához kötött enzimek működése (*van der Varst, 2001; Bíró, 2003*).

Az anyagcsere-folyamatok során sokféle ROS keletkezik. Egyik csoportjukat a nem gyökös alakok alkotják (*Langseth, 1995; Arouma, 1999; van der Varst, 2001*):

- ♦ hidrogén peroxid  $H_2O_2$  (sejtek metabolizmusa során képződik) - stabil
- ♦ szinglet oxigén  $^1O_2$  (normál élettani viszonyok között is keletkezik)
- ♦ hipoklórsav HOCl (gyulladásos folyamatok során keletkezik)
- ♦ ózon  $O_3$  (UV sugárzás hatására keletkezik)
- ♦ szerves hidroperoxid ROOH

Másik csoportjukhoz a szabad gyökök tartoznak, amelyekhez olyan atomokat, molekulákat, illetve molekularészleteket sorolunk, amelyek elektronpályáján párosítatlan elektron található. Keletkezhetnek enzimatis és nem enzimatis úton (*Bíró, 2003; Mézes és Erdélyi, 2003; Németh és mtsai, 2006*;). Ide tartozik a

- szuperoxidgyök  $O_2^{-\bullet}$  (elsősorban az állati sejtek mitokondriumaiban keletkezik, ha az oxigén vízzé történő redukciója bármely ok miatt nem következik be)
- hidroxilgyök  $OH^{\bullet}$  ( $Fe^{2+}$  és  $H_2O_2$  jelenlétében keletkezik a Fenton reakció során:  $Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + \bullet OH + OH^-$ )
- nitrogénoxid-gyök  $\bullet NO$  (a nitrogén oxidjai)
- alkoxilgyök  $RO^{\bullet}$
- peroxilgyök  $ROO^{\bullet}$
- lipidperoxil-gyök  $LOO^{\bullet}$  (lipid peroxidáció során keletkezik)

Lipid peroxidáció (autooxidáció) biológiailag aktív molekulák oxigén eredetű molekulákkal és gyökökkel létrejövő reakcióját értjük (Mézes és Erdélyi, 2003). Az autooxidatív folyamatoknak három típusát különböztetjük meg:

- *dehidrogénezés* (hidrogén hasad le a szerves molekuláról, de oxigén nem lép a helyébe, hanem a molekuláris oxigén a hidrogénnel hidrogén-peroxidot képez)
- *peroxid képződés* (az oxigén beépül a molekulába és peroxid képződik)
- *oxidáció* (az oxigén beépül a molekulába, de nem peroxid, hanem egyéb kötés, pl. epoxidgyűrű formájában)

Az autooxidáció elsősorban a nagy szénatomszámú, több kettős kötést tartalmazó telítetlen zsiradékok esetében jelentős, aminek hatására az élelmiszerekben nem kívánatos változások állnak elő, sőt egyes oxidációs termékek élelmiszer-egészségügyi szempontból is károsak lehetnek (Kovács, 1999). A lipid peroxidáció három fő folyamatból áll (Burton és Traber, 1990; Kovács, 1999; Wéber és Mézes, 2001; Mézes és Erdélyi, 2003):

a. INICIÁCIÓ - gyökképződés folyamata

Az első szakasz során olyan gyökök képződnek, melyek a későbbi reakciók kiindulási alapját képezik. Ennek során a többszörösen telítetlen zsírsavak kettős kötéseiben telítődnek, részben dién-addíciós átalakuláson mennek keresztül és ennek során alkil-, alkil-peroxil- és alkil-hidroperoxil gyökök keletkeznek, melyek elsődleges oxidációs termékek és jelenlétükben újabb zsírsav-gyökök alakulhatnak ki. A szabad gyökök élő szervezetben elsősorban enzimatis úton, míg az élelmiszerekben (nem élő szervezetbe) nem-enzimatis folyamatok során képződnek.



#### b. PROPAGÁCIÓ - láncreakció kialakulása

A második szakaszban láncreakciószerűen történik a gyökképződés. A peroxil-gyök H-t von el más lipid molekuláktól, különösen vas vagy réz jelenlétében. Amennyiben a peroxil-gyök reakcióba lép a H-nel, akkor zsírsav-peroxidgyök, majd zsírsav-hidroperoxid keletkezik újabb, a láncreakció folytatását biztosító zsírsavgyök kialakulásával.

#### c. TERMINÁCIÓ

A peroxidáció befejező szakaszában a láncreakció leállítása történik meg, amelynek során már inaktív gyökök keletkeznek, amelyek már stabil termékek.

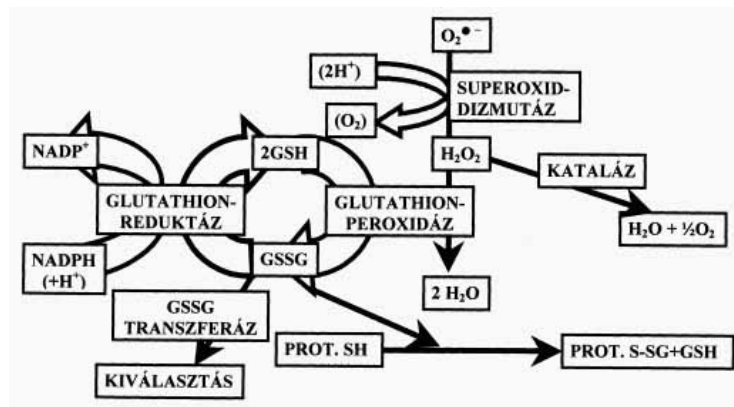
Szigorúan szabályozott védekező mechanizmusok biztosítják azt, hogy a szabadgyökös folyamatok meghatározott keretek között, a sejtstruktúrák károsodása nélkül menjenek végbe. Amikor azonban a reaktív oxigén gyökök olyan mértékben felszaporodnak, hogy már kiszabadulnak a kontrollmechanizmusok alól, oxidatív stresszről beszélünk.

A szervezetben azonban többszintű védekező rendszer alakult ki az oxidációs folyamatok károsító hatásának megakadályozására. Az antioxidáns védelmet alkotó enzimes mechanizmusok akkor tudnak hatékonyan működni, ha a képződésükhöz szükséges természetes ko-faktorok rendelkezésre állnak.

A reaktív oxigén gyökök elleni védelem *első* szintjén működő enzimek a *szuperoxiD-dizmutázok* (SOD), amelyek a citoszolban és a mitokondriumban találhatóak. Központi részüket a citoszólos formában a réz és a cink, míg a mitokondriumban a mangán alkotja. Feladatuk, hogy a keletkező szuperoxid gyököket hidrogén-peroxiddá alakítsák, amelyet a

*kataláz* (aktív centrumában vas található) enzim bont vízre és oxigénre, megakadályozva ezzel a további káros reakciókat.

Ha ez az első védelmi vonal nem tudja megfékezni a gyökképződést és a lipidperoxidációt, akkor lép be a *második* védelmi vonal. Ide tartozik a *glutathion-peroxidáz* (GSH-P<sub>x</sub>) enzimsalád, amelynek központi fémionja a szerves szeleno-cisztein formába levő szelén (kimutatták, hogy létezik Se-t nem tartalmazó GSH-P<sub>x</sub> is). A GSH szelénje a reaktív oxigént egy szabad szulfhidril csoportot tartalmazó tripeptidre, a glutationra viszi át, és annak hidrogénjével oxisavvá vagy vízzé alakítja. Ezenkívül a glutation redukttal együttműködve a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> vízzé alakításában is szerepe van. Mindezek a rendszerek egymás működését segítve tudják kialakítani a védelmet, amelyet a 2. ábra szemléltet.



2. ábra: A ROS elleni védekezés mechanizmusa (forrás: Bíró, 2003)

A lipidperoxidáció megfékezésébe a második védelmi vonalban a nem enzimatis védelemhez tartozó antioxidánsok is bekapcsolódnak. Az antioxidánsok azok a szervezetben megtalálható, illetve a szervezetbe bejuttatható molekulák, amelyek az oxidatív stressztől védnek (Németh és mtsai, 2006). Ebből a csoportból a legfontosabbak, amelyek a

takarmányozás szempontjából is fontosak, az E-, A- és C-vitamin. Az oxidatív gyökök elleni védelemben a leghatékonyabb az E-vitamin ( $\alpha$ -tokoferol), amely zsíroldékony vegyület. A növényekben többféle tokoferol is szintetizálódik, melyek antioxidáns hatása eltérő: leghatékonyabb az  $\alpha$ -tokoferol (100 %), ezt követi a  $\beta$ -tokoferol (22 %), legcsekélyebb hatása a  $\gamma$ -, és  $\delta$ -tokoferolnak van (1 %) (*Mézes és Erdélyi, 2003*). Az E-vitamin legfontosabb feladata, hogy védi a lipideket a peroxidációs károsodásuktól, azaz a gyökök által megtámadott zsírsavakat regenerálja. Az E-vitamin a 6. szénatomján elhelyezkedő OH-csoport képes ugyanis H-t leadni (reverzibilis H-donor), ha a szomszédos kettős kötések felbomlanak (*Jensen és mtsai, 1995; Morrissey és mtsai, 1998; Mézes, 2000; van der Varst, 2001; Weber és Mézes, 2001; Bíró, 2003; Whitehead, 2003; Gyenis és Tóth, 2004; Németh és mtsai, 2006*). Emellett az E-vitamin az életfolyamatokban nélkülözhetetlen biológiai membránokba közvetlenül beépülve védi annak foszfolipidjeit, ezáltal membránstabilizáló szerepe is van (*Burton és Traber, 1990*). További kedvező tulajdonsága, hogy ha a vágást megelőzően a szükségletnél nagyobb mennyiségben adagolják, javítja a húsok oxidatív stabilitását azáltal, hogy az izom hússá alakulása során befolyásolja az oxidációs folyamatok intenzitását, ezzel a hús eltarthatóságát, megjelenési formáját is (*Gray és mtsai, 1996*). Mindezek alapján fontos megállapítani, hogy az E vitamin antioxidáns hatása az állat levágása után is megmarad, és ez a védelem annál hatékonyabb lehet, minél több E-vitamin raktározódik a sejtmembránokba (*van der Varst, 2001*). A szervezet E-vitamin igényét számos tényező befolyásolja, köztük a takarmány zsírsavösszetétele is. *Mézes és Erdélyi (2003)* írták le, hogy a takarmány linolsav tartalmának 1 %-al történő növelése 5 mg E-vitamin többletet igényel.

A C-vitamin (aszkorbinsav) önmagában is antioxidáns, de fontos szerepe, hogy az  $\alpha$ -tokoferoxylt (oxidálódott  $\alpha$ -tokoferol) redukálja, amely így újra aktívvá válik (*Morrissey és mtsai, 1998; Bíró, 2003 Mézes és Erdélyi, 2003*). A C-vitamin esetében azonban meg kell említeni, hogy az a takarmány Fe-tartalmával reakcióba léphet, és reaktív gyökképződéshez vezető folyamatokat indukálhat, vagyis az antioxidáns hatás helyett prooxidánssá válik (*Morrissey és mtsai, 1998*).

Bár az A-vitamint is az antioxidánsok közé sorolják, hatása jóval gyengébb, mint az E-vitaminé. Emellett kedvezőtlen tulajdonsága, hogy az A- és E-vitamin között antagonizmus áll fenn, egyrészt a bélcsatornából történő felszívódás, másrészt pedig a májban történő tárolás során is. A nagy dózisú A-vitamin gátló hatása kb. 10-szer nagyobb, mint a nagy adagú E-vitaminé (*Mézes, 2000; Whitehead, 2003*).

Előfordulhat azonban, hogy a lipid peroxidáció elleni védelemben az enzimek és vitaminok alkotta második védelmi vonal sem elég eredményes. Ekkor a *harmadik vonalat* alkotó speciális enzimek (pl: lipáz, proteáz) lépnek működésbe, amelyek eltávolítják a károsodott molekulákat.

Összefoglalóan megállapítható, hogy a szervezet számos molekula, vegyület, és enzim együttműködéséből kialakuló bonyolult, és több lépcsős mechanizmus segítségével igyekszik védekezni a lipid peroxidáció káros hatásai ellen. Mivel a többszörösen telítetlen zsírsavak fokozottan érzékenyek az oxidációra, nagyobb n-3 zsírsavtartalmú állati termék előállításakor az oxidációs stabilitás megőrzésére külön figyelmet kell fordítani.

## **2.5. Az állati eredetű élelmiszerek zsírsavösszetételének módosítása céljából eddig elvégzett kísérletek eredményeinek áttekintése**

### 2.5.1. Zsírsavösszetétel módosítás lehetőségei

Az egyes zsírsavak szervezetben betöltött funkcióiról, hatásairól, metabolizmusukról az utóbbi két évtizedben nagyszámú tudományos eredmény látott napvilágot. Ezek alapján a táplálkozással foglalkozó szakemberek is egyre részletesebb ajánlásokat, elveket dolgoztak ki, amelyek alapján az egészség megőrzését elősegítő zsírfogyasztási szokások kialakíthatók.

Mindezekon túl annak a ténynek a felismerése, hogy a hús zsírsavösszetétele takarmányozás útján változtatható - azaz, hogy a takarmány zsírjának zsírsav profiljától függően változik a hús zsírsavösszetétele -, világszerte széles körben indította el azokat a kutatásokat, amelyek a különböző állatfajok húsának zsírsavösszetételét kívánták kedvezőbbé tenni a humán táplálkozás számára.

Kísérleteink során 3 állatfaj, a brojlercsirke, a liba és a nyúl esetében vizsgáltuk a zsírsavösszetétel módosításának lehetőségét, ezért az irodalomban fellelhető kísérletek eredményeit is e három állatfaj tekintetében szeretném bemutatni.

A nemcsak hazánkban, hanem világviszonylatban is jelentős baromfihús-fogyasztás is hozzájárulhatott ahhoz, hogy brojlercsirkékkel végezték a legtöbb vizsgálatot az említett célból.

A kísérletekben elsősorban növényi olajokat, de esetenként állati eredetű zsírforrást is felhasználtak kiegészítés céljára.

**4. táblázat: A humán ételmezésben és a takarmányozásban leggyakrabban felhasznált olajok és zsírok fontosabb zsírsavcsoportjai**

	len- olaj	napra- forgó- olaj	nagy olajsav tartalmú napraf.olaj	repce- olaj	szója- olaj	olíva- olaj	kuko- ricaolaj	halolaj	barom- fiszír	sertés- zsír	marha- faggyú
<b><i>n-3 (%)</i></b>	57	0	0	10	5	1	1	75	min.	0	0
<b><i>n-6 (%)</i></b>	16	69	11	24	56	12	59	0	20	12	5
<b><i>n-9 (%)</i></b>	18	19	81	54	29	72	27	-	49	48	40
<b><i>SFA (%)</i></b>	9	12	8	12	15	15	13	25	31	40	55
<b><i>n-6/n-3</i></b>	0,3:1	69:1	6,5:1	24:1	11:1	12:1	59:1	-	20:1	12:1	5:1

(Forrás: [http:// www.diabetesincontrol.com/results.php?storyarticle=2385](http://www.diabetesincontrol.com/results.php?storyarticle=2385))

Több olyan kísérletet is végeztek, amelyekben az állati és a növényi eredetű zsírkiegészítés együtt szerepeltek. *Zollitsch és mtsai (1997)* a szója-, illetve repceolajjal végzett kiegészítés mellett kereskedelmi forgalomban kapható, növényi és állati eredetű zsiradékot vegyesen tartalmazó zsírkeveréket, illetve feldolgozott zsírterméket is felhasználtak egy-egy csoport takarmányában. Valamennyi csoport takarmánya 3,5%-os mennyiségben tartalmazta a felsorolt zsírforrásokat a hízalás teljes ideje alatt (43 nap). Az állatok kevert ürülékének vizsgálata alapján megállapították, hogy a fiatal állatok a hosszú szénláncú telített zsírsavakat tartalmazó zsírokat nem tudják jó eredménnyel megemészteni. Ez megerősíti *Blanch és mtsainak (1995)* azt az eredményét, amely szerint a kiegészítésként adott szójaolajat és lenolajat a kéthetes csirkék sokkal jobban tudják hasznosítani, mint a marhafaggyút vagy a pálmazsírt.

A nagy SFA tartalmú marhafaggyú etetésekor jellemzően magasabb volt a csirkehúsban a telített zsírsavak hányada, mint a növényi olajokat fogyasztó csirkék húzában (*Balevi és Coskun, 2000*).

Nemcsak brojlerekkel, hanem nyulak esetében is vizsgálták az állati eredetű zsírkiegészítés hatását. *Fernandez és Fraga (1996)* nyulaknál nem találtak különbséget a 3%-os mennyiségben etetett marhafaggyú és a szójaolaj hasznosítása között, de ebben az esetben is a telített zsírsavak arányának növekedése volt jellemző, amikor a kiegészítést a marhafaggyúval végezték. *Cobos és mtsai (1993)* kísérletében a marhafaggyú kiegészítés a mirisztinsav (C<sub>14:0</sub>) és a palmitinsav (C<sub>16:0</sub>) növekedését eredményezte, míg *Oliver és mtsai (1997)* az olajsav (C<sub>18:0</sub>) részarányát találták nagyobbak állati zsír esetén a növényi olaj kiegészítésekkel szemben.

A kísérleti eredményekből kitűnik, hogy a marhafaggyú, illetve a különböző állati eredetű zsírkeverékek etetése növeli a húsban a telített zsírsavtartalmat, ami a humán táplálkozás szempontjából kedvezőtlen, hiszen hazánkban egyébként is nagy az SFA fogyasztás (*Zajkás, 2004*).

Az állati eredetű zsírforrások között különleges helyet foglal el a halolaj, illetve a halliszt. A halolaj rendkívül magas többszörösen telítetlen zsírsav tartalmát nagyrészt az n-3 zsírsavakhoz tartozó EPA és DHA alkotja, ezért a zsírsavösszetétel változtatására irányuló kísérletekben is vizsgálták a hatását.

*Chanmugam és mtsai (1992)* 1, 2,5 és 5%-os csukamájolaj kiegészítés esetén az eikozapentaénsav tartalom szignifikáns növekedését tapasztalták a kukoricaolajat fogyasztó kontroll csoporthoz képest brojlercsirkékkel végzett kísérletekben. További kedvező hatása volt a csukamájolaj kiegészítésnek, hogy a telített zsírsavak mennyisége csökkent, az n-6/n-3 arány pedig szűkült a brojleres zsírjában. Ezeket az eredményeket más kutatók vizsgálatai is megerősítették (*Bimbo és Crowther, 1992; Manilla és mtsai, 1999; Balevi és Coskun, 2000; Rymer és Givens, 2005; Villaverde és mtsai, 2006*).

*Koreleski és Swiatkiewicz (2005)* szintén brojlerekkel vizsgálták a halolaj-kiegészítés hatását, de ők csak 5 g/kg vagy annál nagyobb dózis etetése esetén tapasztalták az EPA és DHA növekedését, igaz, hogy nem a teljes hizlalási idő alatt, hanem csak 22-42 napos kor között kapták az állatok a halolaj-kiegészítést. A 2006-ban végzett további vizsgálataikban a kontroll csoport takarmányában található 50 g repceolaj helyett a kísérleti csoportokban 3, 5, illetve 8 g halolajjal együtt adott repceolaj alkotta a takarmány 50 g-os olajtartalmát. A hús zsírsavösszetételét 6 hónapos, -20



<sup>0</sup>C-os mélyhűtőben végzett tárolást követően vizsgálták. Az eddigi tapasztalatokkal ellentétben a vizsgálatok azt a meglepő eredményt adták, hogy a 8 g halolaj kiegészítés esetén csökkent a zsírban a telítetlen zsírsavak - azokon belül a linolénsav, és az n-6 zsírsavak részaránya. Ugyanakkor nőtt a telített zsírsavak mennyisége, ezáltal szűkült a PUFA:SFA arány.

A halolajjal végzett kísérletek során hamar kiderült, hogy a zsírsavösszetételre gyakorolt kedvező hatások mellett kellemetlen íz-, és szaghatás (halíz, halszag) fordul elő a húsoknál, amely a fogyasztók számára nem kívánatos változás. Ezeket a negatív tapasztalatokat több kutató eredményei is megerősítik (*Chanmugam és mtsai, 1992; Manilla és Husvéth, 1999; López-Ferrer és mtsai, 1999a,b; Dobrzanski és mtsai, 2003; Rymer és Givens, 2005*).

*Dobrzanski és mtsai (2003)* azt javasolják az érzékszervi tulajdonságok romlásának kiküszöbölésére, hogy a 42 napos hízalás alatt maximum 5% halliszt kiegészítést tartalmazzon a csirkék takarmánya és a vágást megelőző 7 napban már ne legyen halliszt a takarmányban. *López-Ferrer és mtsai (1999a)* is azt tapasztalták, hogy az 5 hetes hízalási szakaszban adagolt 8,2% halolaj-kiegészítés elfogadhatatlanná teszi a vágott áru érzékszervi tulajdonságait. Ezt oly módon igyekeztek javítani, hogy a vágás előtti 1 illetve 2 hétben növényi olajjal (len-, illetve repceolaj) helyettesítették a halolajat. Ez a zsírsavösszetételt illetően kisebb telített, és nagyobb n-6 zsírsavarányt eredményezett. A növényi olajok felhasználásával sikerült jelentősen javítani a vágott áru érzékszervi tulajdonságait. *López-Ferrer és mtsai, (2001a)* egy később végzett kísérletükben 0, 2 és 4% halolajat marhafaggyúval egészítették ki 8%-os zsírtartalomig. További két kezelésben a 4% halolaj + 4% faggyú helyett a

vágást megelőző 1 illetve 2 hétben 1 % halolaj + 3 % lenolaj + 4 % faggyú keverékkel egészítették ki a takarmányt. Ez utóbbi 2 csoport esetében a nagyobb linolénsav- és linolsav-tartalomnak köszönhetően nőtt a vágott áruban mind az n-3, mind az n-6 csoport zsírsavainak az aránya, azokhoz az állatokhoz képest, amelyek végig halolajat kaptak. A több zsírforrásból álló keveréknek az organoleptikus tulajdonságokra gyakorolt kedvező hatását igazolja, hogy ezeknek az állatoknak a húsa az olajkiegészítésben nem részesült állatok húásával azonos megítélést kapott.

A későbbi kísérletekben az állati eredetű zsírforrásokkal szemben egyre inkább előtérbe kerültek a nagy PUFA tartalmú növényi olajok, melyek közül leggyakrabban az olíva-, repce-, szója-, napraforgó- és a lenolajat használták zsírforrásként. A növényi olajokat fő zsírsav komponensük alapján a következő csoportokba sorolhatjuk (*Kiss, 1988; Ensminger és mtsai, 1994*):

- ⇒ MCT (kis- és közepes szénatomszámú telített zsírsavak) típusú zsírok:  
pl. kókuszszír
- ⇒ Palmitinsav típusú zsírok: pl. pálmazsír
- ⇒ Olajsav típusú olajok: pl. olívaolaj, földimogyoró-olaj
- ⇒ Linolsav típusú olajok: pl. napraforgó-, repce-, szója- és kukoricaolaj
- ⇒ Linolénsav típusú olajok: pl. lenmagolaj

A zsírkiegészítés céljára felhasznált kilencféle zsír egyike az olajsav típusú olajokhoz sorolt olívaolaj (70% feletti olajsavtartalom) szolgált kiegészítésként *Balevi és Coskun (2000)* brojlerekkel végzett 49 napos kísérletében. A kísérleti csoport takarmányához adagolt 5% olívaolaj megnövelte a hasúri zsírban az olajsav mennyiségét, és az olívaolaj alacsony n-6 zsírsav tartalmának köszönhetően jelentősen szűkült a zsírban az n-6/n-3 zsírsav arány. Hasonló eredményre jutottak *Crespo és Esteve-Garcia (2001,*

2002b) is kísérleteikben. Ők 6 és 10% mennyiségben adagolták az olívaolajat a csibék nevelőtápjához. A kiegészítés a teljes test, a mell- és a combhús, valamint a hasúri zsír esetében az egyszeresen telítetlen zsírsavak arányának növekedését, valamint az SFA csoport zsírsavainak csökkenését idézte elő. Hazánkban *Bartos és mtsai (2004)* végeztek hasonló kísérletet, amelyben a nevelőtáphoz 6, a befejezőtáphoz pedig 3% mennyiségben adagoltak különböző növényi olajokat, köztük olívaolajat is. Az eddigi eredményekkel megegyezően, az olívaolaj hatására jelentősen megnövekedett a comb és a mellizom, valamint a hasúri zsír egyszeresen telítetlen zsírsav tartalma.

Az olívaolaj mellett a repceolajat is nagy MUFA-tartalom jellemzi, az olajsav részaránya az összes zsírsav 54%-a, és emellett n-6 zsírsavakban is gazdag (24% körül). Több kísérletben vizsgálták a full-fat repcemagdara, illetve repceolaj zsírforrásként való felhasználását is. *Baraszkiewicz és Osek (1996)* brojlerekkel végzett kísérletükben a kontroll csoport mellett 3 kísérleti csoportot alakítottak ki. Közülük az egyik csoport 10% repcedarát kapott az indító és a nevelőtáphoz is. A második kísérleti csoport indító- és nevelőtápjába 5, illetve 10% repcepogácsát tartalmazott. A harmadik kísérleti csoport mindkét kiegészítést kapta, 5-5%-ban az indító-, és 10-10%-ban a nevelőtáphoz. Megállapították, hogy a kiegészítés forrása és dózisa a hasúri zsírban eltérő zsírsavösszetételt eredményezett. *Zollitsch és mtsai (1997)* a teljes hizlalási idő alatt etettek 3,5 % repceolajat, amely kiegészítés a várakozásoknak megfelelően az olajsav és a linolsav mennyiségét növelte meg a hasúri zsírban. *Lopez-Ferrer és mtsai (1999b)* kísérletükben 8,2 % halolaj-kiegészítést repceolajjal helyettesítettek a vágás előtt 1, illetve 2 héttel. Eredményeik alapján megállapítható, hogy a halolaj kiegészítéshez

képest a telített és a többszörösen telítetlen zsírsavak csökkenése mellett már 1 hét repceolaj etetés is szignifikánsan növelte a MUFA arányát (33,25%-ról 39,28%-ra) a mellhúsban, ami ebben az esetben is elsősorban az olajsav növekedésének volt köszönhető. Kedvezőtlen ugyanakkor, hogy az n-6 csoport zsírsavainak növekedésével párhuzamosan az n-3 zsírsavak aránya csökken a mellhúsban, és így az n-6/n-3 hányados a halolaj etetésekor mért 0,77-es értékéhez képest 2,25-re tágul. Ezzel szemben *Pietras és mtsai (2000)* 15% repcemag, illetve 6% repceolaj etetésekor az n-3 zsírsavak növekedéséről, azon belül is elsősorban az  $\alpha$ -linolénsav mennyiségének emelkedéséről számolnak be, ami által a lenolajhoz hasonló hatást értek el. *Hammal és mtsainak (2001)* vizsgálatai is alátámasztják ezeket az eredményeket. Ők mind a tojássárgája, mind a brojlerhús esetében az n-3 zsírsavtartalom jelentős növekedését tapasztalták repceolaj kiegészítés esetében. Ezek az eredmények valószínűleg a repceolaj relatíve nagy (10% körüli) n-3 zsírsav tartalmával magyarázhatók. *Mieczkowska és mtsai (2001)*, valamint *Barteczko és Borowiec (2001)* brojlerekkel végzett vizsgálataiban azonos dózis esetén a repceolaj a lenolajnál kisebb mértékben szűkítette az n-6/n-3 arányt.

*Dänicke és mtsai (2004)* nyulakkal végzett kísérletében növekvő dózisban (5, 10, 15 és 20%) kaptak az állatok repcemagot. A kísérletben azt vizsgálták hogy milyen hatást gyakorol a kiegészítés a húsminőségre. A linolsav részaránya a repcemag kiegészítés növelésével, köszönhetően a repcemag nagy olajsav tartalmának, egyre inkább csökkent a zsírban. Hasonló eredményre jutottak *Kirchgessner és mtsai (1997)*, ha különböző gabonaalapú (kukorica, árpa, búza és zab) libatakarmányokat szója-, valamint repcemaggal-, és zöldliszttel egészítették ki, ugyanis a libák

zsírjára - függetlenül az etetett abrak összetételétől - a telített és egyszeresen telítetlen zsírsavak nagy arányával párhuzamosan a többszörösen telítetlen zsírsavak viszonylag kis mennyisége volt jellemző.

Az olívaolajon és a repceolajon kívül a nagy MUFA tartalmú zsírforrásokhoz tartozik a nagy olajsav-tartalmú napraforgóolaj is. *Rebole és mtsai (2006)* brojlerekkel végzett kísérletükben 3-6 hetes kor között 50 g/kg mennyiségről fokozatosan 200 g/kg értékre növelték a takarmány nagy olajsavtartalmú napraforgó hányadát, miközben a napraforgó olajtartalmával arányosan csökkentették a takarmányban a pálmazsír mennyiségét. Ennek eredményeként fokozatosan nőtt a különböző csoportok takarmányának MUFA tartalma, aminek köszönhetően a fehér és a vörös csirkehúsban egyaránt megnőtt ezen zsírsavak aránya. *Ozpinar és mtsai (2003)* csirkékkel végzett kísérletében a napraforgóolajat más olajokkal együtt etették az állatokkal. Abban az esetben, amikor a 6% halolaj kiegészítésben részesült állatok vágott árujának zsírsavösszetételét hasonlították a 2% halolaj + 2% napraforgóolaj + 2% lenolaj tartalmú takarmányt fogyasztó csoport zsírsav vizsgálati eredményeihez, a csak halolajjal végzett kiegészítés esetén találtak nagyobb MUFA tartalmat. Ez azért meglepő eredmény, mert a halolajban szinte nincs is egyszeresen telítetlen zsírsav, míg a normál napraforgóolaj és a lenolaj is közel 20%-ot tartalmaz ezekből a zsírsavakból (4. táblázat).

Amikor a takarmányba alacsony olajsavtartalmú (normál) napraforgóolajat keverték, amely napraforgót hazánkban is nagy területen termesztik, akkor a csirkék zsírjában a többszörösen telítetlen zsírsavak kerülnek túlsúlyba a napraforgóolaj közel 70%-os linolsavtartalmának köszönhetően. Ezt igazolja *Manilla és mtsai (1999)* kísérlete, amelyben a

brojlerek takarmányának 4% napraforgóolajjal történő kiegészítéskor a zsír PUFA tartalma 40%-ra növekedett. A zsírsavösszetétel tekintetében eredményeik megegyeznek a *Crespo és Esteve-Garcia (2001)* által publikált adatokkal. Ez utóbbi szerzők kísérletében ugyanis 6 és 10%-os napraforgóolaj-kiegészítés esetén a csirkék mell és combizomzatában 45% körül, de még a hasúri zsírban is 36% körül alakult a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya. Ezek legnagyobb hányadát a linolsav adja, mennyisége az összes zsírsav több mint 30%-át alkotta mind a 3 vizsgált szövetben. Ez a növekmény azonban az alacsony n-3 zsírsav tartalommal párosulva rendkívül tág n-6/n-3 zsírsavarányt eredményez (43,3:1 és 30:1 a comb- és a mellhúsban, valamint 62,1:1 a hasúri zsírban). Ez a humán fogyasztás számára nagyon kedvezőtlen változás.

Különböző mennyiségű napraforgóolaj-kiegészítést libák takarmányához is keverték, hogy növeljék az esszenciális zsírsavtartalmat a húsban. *Utlu és Kaya (2002)* azt figyelték meg, hogy a dózis növelésével a bőralatti és a hasúri zsírban is nagy linolsav és linolénsav tartalom érhető el, míg az arachidonsav aránya csak 6%-os kiegészítés esetén változott a kontrollhoz képest. Későbbi publikációjukban (2004) arról is beszámolnak, hogy amíg a telített zsírsavak (mirisztinsav, palmitinsav, sztearinsav) mennyisége nem változott, a palmitoleinsav és az olajsav aránya szignifikánsan csökkent.

A madaraknál megfigyelt eredmények egyes szerzők szerint a nyulak esetében is helytállóak. *Lopez-Bote és mtsai (1997b)* kísérletükben 21 napos kortól adtak 30 g/kg takarmány mennyiségű olíva-, illetve napraforgóolaj-kiegészítést nyulak takarmányába, ami az olajsav, illetve a linolsav növekedését eredményezte a testzsírban, csakúgy, mint a

brojlereknél. Az utóbbi szerzők 2004-ben publikált eredményei azt is igazolják, hogy nagyobb mennyiségű (8 %-os) napraforgóolaj etetése során a nyúlhúsban is a palmitinsav, az olajsav és a linolsav adja a zsírsavak döntő részét, valamint, hogy a napraforgóolaj-kiegészítés tág  $n-6/n-3$  arányt eredményez.

A napraforgóolaj mellett a másik linolsav típusú olaj a szójaolaj, amelynek  $n-6$  zsírsav tartalma kb. 56%. *Zollitsch és mtsai (1992)* 3 kísérletben vizsgálták a különböző módon kezelt (tosztolt, extrudált) full-fat szója hatását. A 20 és 33,7%-os dózisban adott hőkezelt full-fat szója-kiegészítés esetén a telített és az egyszeresen telítetlen zsírsavak csökkenését, míg a linolsav és linolénsav arányának növekedését tapasztalták. Hasonló eredményeket adtak azok a későbbi vizsgálatok, amelyekben a szójaolajat önállóan vagy marhafaggyúval együtt adagolták a csirkék takarmányába zsírforrásként (*Blanch és mtsai, 2000; Balevi és Coskun, 2000; Mieczkowska és mtsai, 2001; Barteczko és Borowiec, 2001*). *Jiang-WenChuan és mtsai (1996)* ludak hizlalása során vizsgálták a kókuszolaj- és sertészsír-kiegészítéshez viszonyítva a szójaolaj hatását a hasúri zsír, valamint a mell-és combizom zsírsavprofiljára. Az 5%-os szójaolaj-kiegészítés esetén azt tapasztalták, hogy a brojlerekhez hasonlóan a kiegészítés a ludak esetében is megnövelte a PUFA tartalmat, miközben a kókuszolaj a telített, a sertészsír pedig az egyszeresen telítetlen zsírsavak arányát emelte. Ezen eredmények alapján úgy tűnik, libák esetében is igaz, hogy a takarmány zsírsavprofilja befolyásolja a hús és a hasúri zsír zsírsavarányait.

*Cobos és mtsai (2002)* nyulakkal végzett kísérletükben megállapították, hogy szójaolaj, vagy full-fat szója etetésével növelhető a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya a húsban.

A növényi zsírforrások közül a *lenolaj* az, amely a legnagyobb mennyiségben tartalmaz  $\alpha$ -linolénsavat, amelyből a szervezetben fontos funkciókat betöltő EPA és DHA is képződnek. *Olomu és Baracos (1991)* kísérletükben különböző dózisban (0, 1,5, 3 és 4.5%) adagoltak lenolajat a csirkék takarmányához, amelyet még marhafaggyúval is kiegészítettek, hogy elérjék a 6% zsírtartalmat a takarmányban. Az 1. kísérletben 1 hetes korig, a 2.-ban 3 hetes korig vizsgálták a kiegészítés hatását. Azt tapasztalták, hogy a lenolaj-kiegészítés hatására nőtt az n-3 zsírsavak mennyisége az izomlipidekben, és a növekedés mértéke nagyobb volt, ha az állatok hosszabb ideig kapták a kiegészítést. Ezt megerősítik *Blanch és mtsai (1995)* eredményei is, amelyek szerint a kéthetes csirkék jól tudják hasznosítani a takarmányhoz adagolt 4% lenolajat. Ezek alapján megállapítható, hogy már az indítótápra érdemes n-3 zsírsavforrásként lenolajat keverni.

*Chanmugam és mtsai (1992)* 1, 2,5 és 5% lenolaj-kiegészítés esetén azt tapasztalták, hogy nagyobb mennyiségű n-3 zsírsav halmozódik fel a vágott áruban és szűkebb n-6/n-3 arány érhető el, mint halolaj-kiegészítéssel. Hasonló kísérletben *Manilla és mtsai (1999)* 4%-ban adagolták az említett két olajat. Mind a mellizom, mind a hasúri zsír esetében szignifikánsan több PUFA-t találtak lenolaj etetésekor, azonban az n-3 zsírsavak mennyisége csak a hasúri zsírban volt szignifikánsan több (17,6% szemben a halolajnál kapott 4,9%-kal). A telített és egyszeresen telítetlen zsírsavak mennyisége a mellizom zsírjában nem volt több, míg a



hasúri zsírban mindkét zsírsav-csoport szignifikánsan alacsonyabb volt a lenolaj etetésekor. Nagyobb dózisú (8,2%) kiegészítés esetén *López-Ferrer és mtsai (1999b)* kísérletében, szignifikánsan nőtt a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége amikor vágás előtt egy héttel a halolaj helyett lenolajat etettek, míg a MUFA aránya nem változott számottevően, ha az adatokat a teljes kísérlet alatt halolajat fogyasztó állatok eredményeihez hasonlítjuk. Későbbi kísérletükben (2001b) 0, 2, és 4 % lenolajat faggyúval egészítettek ki 8%-ra. A combminták zsírjában a lenolaj dózisének emelésével a telített és egyszeresen telítetlen zsírsavak szignifikáns csökkenése és a PUFA csoport ugyancsak szignifikáns növekedése volt megfigyelhető. Az n-6 és n-3 zsírsavak aránya is változott, nevezetesen az n-6/n-3 arány 6,11-ről 1,14-re szűkült, ami kedvező a humán táplálkozás számára.

A lenolaj-kiegészítés kedvező hatásait későbbi kísérletek eredményei is alátámasztják (*Balevi és Coskun, 2000; Hammal és mtsai, 2001; Mieczkowska és mtsai, 2001; Crespo és Esteve-Garcia, 2002b; Bartos és mtsai, 2004*). *López-Ferrer és mtsai (2001b)* kutatásai során azonban az is kiderült, hogy a 4% lenolaj-kiegészítésben részesülő állatok húsában csak egy adott szintig növekedett az n-3 zsírsavak mennyisége. Ezt az a vizsgálatuk igazolta, amelyben azonos módon takarmányozott állatokat különböző korban: 24, 38, illetve 52 naposan vágtak le. Az n-3 zsírsavak aránya 17,16, 15,02 és 15,40% volt a három csoportban 4% lenolaj-kiegészítés esetén.

*Crespo és Esteve-Garcia (2001; 2002)* több kísérletet is végeztek, amelyben különböző zsírforrásokat (faggyú, olívaolaj, napraforgóolaj és lenolaj) hasonlítottak össze, 6 és 10%-os dózisban etetve őket a csirkék

nevelő- és befejezőtápjában. Zsírsvösszetétel tekintetében a különböző típusú zsírkiegészítések közül hasonlóan más kutatók eredményeihez a lenolaj eredményezte a legkedvezőbb változást.

A lenolaj-kiegészítés esetén azonban felmerül a kérdés, hogy az  $\alpha$ -linolénsav-tartalom növelésén túl, hogyan alakul metabolizmusa során a szervezetben képződő hosszú szénláncú zsírsavak (EPA, DPA, DHA) mennyisége. *Olomu és Baracos (1991)* kísérleti eredményeik alapján azt írták le, hogy a lenolaj-kiegészítéssel nemcsak az  $\alpha$ -linolénsav, de a belőle képződő további n-3 zsírsavak mennyisége is növekedik a csirkék zsírjában. *Chanmugam és mtsai (1992)* is szignifikánsnak találták az EPA tartalom emelkedését 2,5 és 5% lenolaj-kiegészítés esetén, míg *Manilla és mtsai (1999)* 4%-os dózisonál a mellizomban találtak jelentősebb EPA-t, de a DHA-tartalom nem változott a zsírkiegészítés nélküli kontrollhoz képest. A hasúri zsír viszont egyik metabolitot sem tartalmazta. A fenti eredményekhez hasonlóan *López-Ferrer és mtsai (2001a)* vizsgálatai során a 4% lenolaj-kiegészítés a combhús esetében mind az EPA, mind a DHA mennyiségét szignifikánsan növelte.

A hivatkozott szerzőkkel ellentétben *Rymer és Givens (2005)* azt állapították meg, hogy a takarmány  $\alpha$ -linolénsavval történő kiegészítése nem eredményezi az EPA érdemleges növekedését a szövetekben. 2006-ban brojlerekkel és pulykákkal végzett vizsgálataik eredményei megerősítették, hogy ha a madarak át is tudják alakítani a linolénsavat, a képződött zsírsavak nem rakódnak le az izomszövetekben. Tojóttyúkokkal végzett kísérletünkben (*Schmidt és mtsai, 2008*) mi is úgy találtuk, hogy az EPA és DHA mennyisége akkor nőtt érdemlegesen a tojásban, ha a tojóttyúkokkal etett takarmányban a lenolaj mellett halolaj is szerepelt a zsírkiegészítésben.

Valószínűleg a brojlerekkel végzett eredményes kísérletek ösztönözték a kutatókat arra, hogy húsnyalak esetében is vizsgálják a lenmag-kiegészítés hatását. *Dal Bosco és mtsai (2004)* 8% lenmagot etettek a kísérleti állatokkal, míg a kontroll csoport ugyanilyen dózisú napraforgót kapott. A hízalás végén levágott állatok húsát 1, illetve 8 napos 4 °C-on történő tárolás után vizsgálták. A brojlerekhez hasonlóan a lenolaj-kiegészítés az SFA és MUFA zsírsavak csökkenését, valamint a nagy  $\alpha$ -linolénsav tartalomnak köszönhetően az n-3 csoport zsírsavainak növekedését eredményezte. Az n-6 zsírsavak aránya közel azonos volt a két csoportban, ami az n-6/n-3 arány csökkenésével járt. Az  $\alpha$ -linolénsav tartalom növekedésén túlmenően az EPA és DHA mennyisége is közel megduplázódott. *Colin és mtsai (2005)* 8% extrudált lenmag etetése esetén hasonló eredményeket kaptak. *Bianchi és mtsai (2006)* zöld lucernával együtt etettek nyulakkal ugyanilyen %-ban lenmagot, de csak 64 napos kortól a vágásig (87. nap). Ebben az esetben is jelentős PUFA növekedést és n-6/n-3 arány szűkülést állapítottak meg. Ezeknél a vizsgálatoknál a zöldlucerna nagy telítetlen zsírsav tartalma is hozzájárult a kapott eredményekhez.

*Hammal és mtsai (2001)* brojlerekkel lenmagpogácsát etettek kísérletükben, ami szintén az n-3 zsírsavak 6-8-szoros növekedését eredményezte. *Barteczko és Borowiec (2001)* a barna magvú Opal, és a sárga magvú Linola, full-fat lenmagot etették 34 g/kg mennyiségben brojlerekkel. A kétféle mag közül csak a sok (72,8%)  $\alpha$ -linolénsavat tartalmazó Opal-t ítélték alkalmasnak a zsírsavösszetétel kedvező változtatására, mivel a Linola (51,5% linolsav és 1,8%  $\alpha$ -linolénsav) a

kontrollnál is kedvezőtlenebb változást hozott a mellizom és a hasúri zsír n-6/n-3 arányában.

### 2.5.2. Az oxidációs stabilitás javításának lehetőségei

Az n-3 zsírsavakban gazdag húsok és az ezekből készült feldolgozott termékek esetében a megnövelt tápláléérték mellett azt a tényt is figyelembe kell venni, hogy a hosszú szénláncú telítetlen zsírsavak a kettős kötések számától és elhelyezkedésétől függően csökkentik a lipidek stabilitását és ezáltal a hús minőségét és eltarthatóságát is rontják. *Klose és mtsai* már 1953-ban megállapították, hogy halolajjal és lenolajjal etetett pulykák húsában pozitív korreláció áll fenn a karkasz oxidációs aktivitása és a takarmány PUFA-tartalma között. Azóta számos kísérletet végeztek (pl.: *Sanz és mtsai, 1999; Hsieh és mtsai, 2002; Ozpinar és mtsai, 2003*) ahol ugyanezt az eredményt kapták. *O'Keefe és mtsai (1995)* brojlereknek növekvő mennyiségű (0, 4, 8, 12%) halolaj kiegészítést adtak a takarmányhoz, és a két legnagyobb dózis esetében volt a legnagyobb a zsír peroxid értéke. *Kahraman és mtsai (2004)* len-, napraforgó- és szójaolaj 2, 4 és 8%-os adagolása esetén megállapította, hogy az oxidációs stabilitást jellemző MDA (malon-dialdehid) értéket jobban befolyásolja a zsírforrás, mint a dózis.

A lipid peroxidáció csökkentésének egyik lehetősége az antioxidánsok használata. A funkcionális élelmiszerek előállításának gyors fejlődése során számos kutatóhelyen végeztek brojler csirkékkel kísérletet, amelyekben azt vizsgálták, hogy a különböző olajkiegészítések esetén milyen antioxidáns kiegészítéssel mérsékelhető, vagy kerülhető el az

oxidációs stabilitás romlása. Az állatkísérletekben a leggyakrabban alkalmazott antioxidáns az E-vitamin (tokoferolok) volt. *Lea és mtsai (1960)* len- és halolaj kiegészítés esetén vizsgálta a különböző tokoferolok antioxidáns kapacitását, és az  $\alpha$ -tokoferolt találta leghatékonyabbnak, a  $\gamma$  és a  $\delta$  forma volt a legkevésbé hatásos.

A kísérletekben többnyire  $\alpha$ -tokoferolt, illetve  $\alpha$ -tokoferol-acetátot használtak. *Asghar és mtsai (1989)*, *Sheehy és mtsai (1993)* oxidált olajokkal kiegészített takarmányhoz adagoltak  $\alpha$ -tokoferolt, amellyel sikerült mérsékelni az olajok lipidstabilitást csökkentő hatását. A takarmánnyal elfogyasztott E-vitamin mind a mell-, mind a combhúsban növelte az  $\alpha$ -tokoferol-koncentrációt. *Lauridsen és mtsai (1997)* kísérletükben a telített zsírsavakban gazdag marhafaggyú és a nagy MUFA-tartalmú olívaolaj-kiegészítés, valamint 20, illetve 200 mg/kg takarmány E-vitamin dózis hatását vizsgálták. Az E-vitamin beépülés mértéke, a mellizom mitokondriumát kivéve, független volt a zsírforrásoktól, és a 200 mg-os kiegészítés esetében volt nagyobb. Természetesen ebben a kísérletben is érvényesült az E-vitamin oxidációs stabilitást növelő hatása. Hasonló eredményt kaptak *Nam és mtsai (1997)* amikor 10% lenolajat és kg-onként 100 NE E-vitamin, illetve *Gaál és mtsai (2000)* amikor marhafaggyú és halolaj, valamint takarmány kg-onként ugyancsak 100 NE E-vitamin-kiegészítés hatását vizsgálták. A várakozásoknak megfelelően a halolaj növelte nagyobb mértékben a lipid peroxidációt (a májban is magasabb volt a TBARS - thiobarbituric acid reactive substances - érték). Az E-vitamin kiegészítés esetén, függetlenül a zsírkiegészítéstől, nagyobb volt a máj  $\alpha$ -tokoferol tartalma, és javult az antioxidáns státusz is (*Hsieh és mtsai, 2002; Mlodkowski és mtsai, 2003*).

*Jensen és mtsai (1997)* kísérletükben a takarmányhoz friss vagy oxidált olajat adagoltak (9% repceolaj + 2% szójaolaj) és azt vizsgálták, hogy a tokoferol-acetát kiegészítés milyen hatást gyakorol a nyers, illetve az előfőzött hús esetében a 4 °C-on hűtve, illetve -12 °C-on mélyhűtve tárolt húsminták oxidációs stabilitásának alakulására. A combhús a kiegészítésektől függetlenül érzékenyebb volt a lipid peroxidációra, pedig nagyobb volt az  $\alpha$ -tokoferol tartalma. A mélyhűtőben végzett tárolás első 6 hónapjában csak kis különbség alakult ki a TBARS értékekben a friss és oxidált olajat fogyasztó csoport között, de a 9. hónaptól már nagy mértékben csökkent a lipidstabilitás az oxidált olaj adagolásakor. A 4 °C-os tárolás esetében már kezdettől fogva jelentős különbség állt fenn a két csoport között, csakúgy, mint az előfőzött és a nyers hús összehasonlításakor, mely esetben a hőkezelt húsnak volt nagyobb a TBARS értéke.

Több, az utóbbi években elvégzett kísérletben is vizsgálták mind a nyers, mind a előfőzött (hőkezelt) és -20 °C-on mélyhűtött hús esetén az E-vitamin lipid peroxidációra gyakorolt hatását, de ezekben a kísérletekben már 300 mg-ig növelték a kiegészítés mértékét (*Eder és mtsai, 2005; Koreleski és Swiatkiewicz, 2005, 2006; Rebole és mtsai, 2006*). Azt is sikerült megállapítani, hogy a zsírsavakon kívül a koleszterin oxidációját is mérsékli az E-vitamin (*Grau és mtsai, 2001a,b; Eder és mtsai, 2005*), ami kedvező hatás az érlemeszesedés kialakulásának megelőzésében. *Guo és mtsai (2001)* és *Mlodkowski és mtsai (2003)* brojler csirkék esetében, *Heffels-Redman és mtsai (2003)* pedig pulykáknál állapították meg, hogy már az indító tápban etetett E-vitamint is jól hasznosítják az állatok, a kiegészítés egyes esetekben a hízlalási paramétereket is javította.

Nemcsak brojlernél, hanem a nyulakkal végzett kísérletekben is elsődlegesen használt antioxidáns az E-vitamin. *Lopez-Bote és mtsai (1997a)*, valamint *Rey és mtsai (1997)* 3% olíva-, illetve napraforgóolaj-kiegészítés esetén 10 és 200 mg/kg takarmány mennyiségű  $\alpha$ -tokoferol-acetátot adagoltak nyulaknak. A zsírkiegészítés nélküli kontroll csoport érzékenyebb volt az oxidációra, mint a kísérleti csoportok, feltehetően a nagyobb n-3 zsírsav tartalomnak köszönhetően (ismert ugyanis az a tény, hogy a nyúltápok jelentős mennyiségben tartalmaznak lucernalisztet rostforrásként, amely takarmánynak jelentős az n-3 tartalma is. A nyúlhús esetében is növeli az E-vitamin kiegészítés az  $\alpha$ -tokoferol tartalmat, ami egyben az oxidációs stabilitás javulásával jár. *Corino és mtsai (1999)* kísérletükben a 60 mg-os E-vitamin kiegészítést a vágás előtt 15 nappal 100 mg-ra növelték, ami az eddigi kedvező hatások mellett a hús színének javulását is eredményezte.

*Oriani és mtsai (2001)* az NRC által nyúltakarmányokba javasolt 60 mg-os E-vitamin kiegészítés hatását 150 és 375 mg-os dózissal hasonlították össze. Az eredmények azt mutatták, hogy a 60 mg-os kiegészítés nem tudta megfékezni a reaktív oxigén metabolitok (ROM) képződését. Igazán hatásosnak a legnagyobb dózis bizonyult mind a ROM-ok képződése ellen, mind a lipidstabilitás növelésében. Ezek alapján a nyúltápokba 375 mg-os kiegészítést javasolnak. *Castellini és mtsai (1998)* nyers és főtt hús esetében az  $\alpha$ -tokoferol tartalom növekedését írták le 200 mg  $\alpha$ -tokoferol-acetát adagolásakor. Kísérletükben a kiegészítés a hízlalási paramétereket nem befolyásolta. Ugyanez a dózis 8% lenolaj-kiegészítés esetén is javította az oxidációs stabilitást és egyben az érzékszervi tulajdonságok kedvezőtlen változását is gátolta.

Arra vonatkozóan is végeztek vizsgálatokat, hogy hogyan alakul a húsok minősége, ha többféle antioxidánst együtt alkalmaznak. *Ajuyah és mtsai (1993)* a tokoferolkeverék mellé kantaxantint is adtak full-fat lenmag-tartalmú takarmányt fogyasztó csirkéknek. A természetes antioxidánsokkal sikerül csökkenteni a hús MDA-koncentrációját, különösen a kétféle antioxidáns együttes alkalmazásakor. Vagyis ebben az esetben érvényesült a szinergens hatás. A  $\beta$ -karotin esetében már nem ilyen egyértelmű a helyzet: alacsony szöveti E-vitamin tartalom mellett prooxidánsként, míg nagyobb  $\alpha$ -tokoferol-tartalomnál antioxidánsként viselkedett *Esteve-Garcia és mtsai (1999)* kísérletében. További kísérletekkel célszerű megvizsgálni, hogy mely kombinációban érhető el a két antioxidáns szinergens hatása, mert nem megfelelő adagolással akár a lipid peroxidáció fokozódása következhet be.

A C-vitamin esetében is különböző tapasztalatokat írtak le. *Grau és mtsai (2001 a,b)* brojlerekkel etettek 225 mg/kg takarmány  $\alpha$ -tokoferolt és 110 mg/kg aszkorbinsavat. Az  $\alpha$ -tokoferol hatékonyan védte a friss és a vákuum-csomagolt nyers, illetve főtt húst mind a zsírsavak, mind a koleszterol oxidációjától 0, 3, 5, 7 hónapos,  $-20^{\circ}\text{C}$ -on történő tárolás alatt. Az aszkorbinsav önmagában nem nyújtott védelmet a lipideknek, és az  $\alpha$ -tokoferollal együtt alkalmazva se mutatott szinergens hatást. Ezzel ellentétben *Dal Bosco és mtsai (2004)* nyulakkal végzett kísérletében más eredményre jutottak amikor 40, 300 és 500 mg E-vitamin mellett 500 mg/kg C-vitamint is keverték a takarmányba. Az 500 mg E-vitamin kiegészítés esetén duplájára nőtt az izmok  $\alpha$ -tokoferol tartalma és a TBARS érték is jelentősen csökkent. Ugyanakkor az 500 mg C-vitamin is hatékonyan bizonyult a lipidstabilitás növelésben ha 40 mg/kg E-vitaminnal együtt



alkalmazták. Ebben a kísérletben tehát tapasztaltak szinergens hatást a két vitamin között.

A széleskörű vizsgálatok eredményei alapján összefoglalásként megállapítható, hogy az E-vitamin hatékonyan alkalmazható a megnövelt n-3 zsírsavtartalmú húsok, funkcionális élelmiszerek minőségének megőrzésére és eltarthatóságának növelésére. Más antioxidánsokkal együtt alkalmazva a kívánt hatás érdekében nagyobb körültekintést igényel a helyes dózisok megválasztása.

### 2.5.3. A zsírsavösszetétel megváltoztatásának hatása a hízlalási teljesítményre

A funkcionális élelmiszer előállítás során felmerül az a kérdés is, hogy a hús tápláléértékének növelése mellett hogyan alakulnak a hízlalási paraméterek. A brojlerekkel elvégzett vizsgálatok ebben a tekintetben különböző eredményeket adtak. *Lee és mtsai* (1991) 10% full-fat lenmag, illetve 10% lenmag + 10% lenolaj etetése esetén alacsonyabb testsúlyt mértek az ugyanilyen mértékű repceolaj-kiegészítéshez képest. *Zollitsch és mtsai* (1997) szintén szignifikáns különbséget találtak a hízlalási végsúlyban különböző olajkeverékekkel, és szója-, illetve repceolajjal végzett kiegészítés esetén. Más kísérletben a halolajjal érték el a legkisebb hízlalási végsúlyt, és a kukoricaolaj-kiegészítés adta a legjobb eredményt (2197 g), de a len-, és szójaolaj-kiegészítés is viszonylag jó (2070-2080 g körüli végsúly) eredményt adott (*Balevi és Coskun*, 2000). Más szerzők szerint (*Manilla és mtsai*, 1999; *López-Ferrer és mtsai*, 1999a, 2001a,b; *Crespo és Estve-Garcia* 2001, 2002 a,b; *Bartos és mtsai*, 2004) a nagy telítetlen

zsírsavtartalmú növényi olaj kiegészítések kedvezően befolyásolják a testsúly alakulását.

A hízlalás jellemzésére szolgáló további paraméterek (napi tömeggyarapodás, a takarmány felvétel és a takarmány hasznosítás) tekintetében is eltérő eredményeket adtak az elvégzett kísérletek. Egyes szerzők szerint a különböző olajkiegészítések nem befolyásolják a brojlerek napi súlygyarapodását (*Olomu és Baracos, 1991; López-Ferrer és mtsai, 1999*), és a takarmányfelvételt (*Olomu és Baracos, 1991; Manilla és mtsai, 1999; López-Ferrer és mtsai, 2001a; Abas és mtsai, 2004*). Ezzel szemben *Dobrzanski és mtsai (2003)* a hízlalási paraméterek javulását tapasztalták 5 és 8% módosított halolaj csirkékkel történő etetésekor. *Abas és mtsai (2004)* többféle olajforrás etetése alapján állapították meg, hogy mind a zsírkiegészítés forrása, mind a dózisa befolyásolja a súlygyarapodás alakulását. *Olomu és Baracos (1991), Crespo és Esteve-Garcia (2002a); Bartos és mtsai (2004)* a különböző lenolajdózisok kedvezőtlen hatását figyelték meg, ugyanakkor *Manilla és mtsai (1999), Crespo és Esteve-Garcia (2001)* a legjobb súlyt és a legkedvezőbb takarmányhasznosítást ezzel az olajjal érték el. *Kirkpinar és mtsai (1999)* kísérletükben a szójaolaj kedvezőbb eredményt adott a marhafaggyúhoz képest.

A karkasz kihozatal tekintetében a növényi olajokkal történő kiegészítés nem hozott javulást. Némely szerző szerint (*Zollitsch és mtsai, 1997; Crespo és Esteve-Garcia, 2001*) sem brojlerek, sem pedig nyulak esetében nem befolyásolta a karkasz kihozatalt a zsírkiegészítés. Libáknál a repce-, szója- és zöldliszt együttes adagolása viszont a karkasz súlyának és a mellhús arányának javulását hozta (*Kirchgessner és mtsai, 1997*). *Banaszkiewicz és Osek (1996)* brojlercsirkékben a repceolaj kiegészítéssel

kisebb izomtömeget értek el, mint amikor repcemagot etettek. *López-Ferrer és mtsai* (2001b) a növekvő mértékű lenolajkiegészítés esetén gyengébb eredményt tapasztaltak a faggyúhoz képest.

Nyulakkal is végeztek vizsgálatokat arra vonatkozóan, hogy a hízlalási eredményeket hogyan befolyásolják a különböző zsírkiegészítések. A lenolaj és az extrudált lenmag használatakor gyengébb súlyt értek el az állatok (*Colin és mtsai, 2005; Verdelhan és mtsai, 2005*), de *Dal-Bosco és mtsai* (2004) kísérletében 8%-os dózis esetében a napraforgó- és a lenolaj testsúlyra gyakorolt hatása azonos volt, és a napi súlygyarapodás, valamint a takarmányfelvétel tekintetében sem volt különbség a kétféle olajkiegészítés hatása között. *Fru-Nji és Ekpenyong* (2003) pálmaolajjal végzett vizsgálatok során szintén azt tapasztalták, hogy a pálmaolaj kiegészítés nem befolyásolta a súlygyarapodást, illetve a takarmányfelvételt.

A növényi olajok adagolása a nyulak takarmányához *Dänicke és mtsai* (2004), valamint *Pla* (2004) eredményei szerint nem javította a karkasz kihozatalát.

*Jiang-WenChuan és mtsai* (1996) libákkal végzett kísérletükben megállapították, hogy 5% zsírkiegészítés (kókuszolaj, disznózsír, vagy szójaolaj) a takarmányfelvételt nem befolyásolta. A vágási tulajdonságok tekintetében viszont a repce-, szójaolaj és a zöldliszt együttes etetése növelte a karkasz súlyát és a mellhús arányát.

A hús kémiai összetevői közül a zsírtartalmat módosították leginkább a különböző zsírkiegészítések. A nyulakkal végzett kísérletek során a kutatók (*Fernandez és Fraga, 1996; Oliver és mtsai, 1997; Fru-Nji és Ekpenyong, 2003; Pla, 2004*) egyértelműen megállapították, hogy a zsírkiegészítés növeli a szövetek zsírtartalmát és a zsírlerakódás mértékét

is, elsősorban a vállövi és a vese körüli zsírdepókban. A brojlerek esetében azonban több szerző is (*Sanz és mtsai, 2000a,b; Balevi és Coskun, 2000; Crespo és Esteve-Garcia, 2001a,b, 2002a*) a zsírtartalom és a hasúri zsírlerakódás csökkenését tapasztalták a nagy telítetlen zsírsavtartalmú olajok etetésekor a faggyúhoz képest. *López-Ferrer és mtsai (2001b)*, valamint *Bartos és mtsai (2004)* a lenolaj, valamint a halolaj kiegészítés esetében több hasúri zsírt találtak.

*Crespo és Esteve-Garcia (2002b,c)* több kísérletük eredményei alapján azt állapították meg, hogy a PUFA-ban gazdag zsírkiegészítés azért eredményez kevesebb hasúri zsírt és kisebb testzsír tartalmát az SFA-hoz és a MUFA-hoz képest, mert különböző a lipid peroxidáció mértéke, és nagyobb az in vivo lipogenezis, ami növeli az energiafelhasználást.

### 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 n-3 zsírsavtartalmának takarmányozás útján történő növelésére. Ezekbe a kísérletekbe kapcsolódhattam be diplomamunkám készítésekor.

Témaválasztásomat egyrészt az indokolta, hogy a tanszéken ebben a témakörben sok tapasztalat áll rendelkezésre és megfelelőek a munkához az állatkísérleti és laboratóriumi feltételek is. Másrészt, egyes állatfajok (pl.: liba, nyúl) vonatkozásában a nemzetközi irodalomban is csak kevés adat áll rendelkezésre, a hazai irodalomban pedig egyáltalán nem található adatok azzal kapcsolatban, hogy milyen mértékben növelhető az említett állatfajok termékeinek n-3 zsírsavtartalma takarmányozással, ezért a dolgozatom tárgyát képező kísérleteket a brojlerszirke mellett a lúdra és a nyúlra is kiterjesztettük.

A zsírsavtartalom növelésekor az oxidációs stabilitás alakulása is fontos szempont. A kísérletekben ezért azt is vizsgáltuk, hogy milyen módon lehetséges az oxidációs stabilitást a növekvő n-3 zsírsavtartalom ellenére megőrizni, vagy legalábbis romlását érdemben mérsékelni. Irodalmi adatok szerint az E-vitamin az egyik leghatékonyabb antioxidáns, E-vitamin kiegészítéssel az állati termékek oxidációs stabilitása megőrizhető. Kísérleteink során ezért azt is vizsgáltuk, hogy milyen mértékű E-vitamin-kiegészítés szükséges ehhez, illetve, hogy van-e a hatékonyság tekintetében

eltérés a természetes forrásokban előforduló D- $\alpha$ -tokoferol, valamint az ipari úton előállított DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát között.

Kísérleteink során a fogyasztók szempontjából lényeges kérdésekre is kitértünk, nevezetesen azt is vizsgáltuk, hogy a megnövelt n-3 zsírtartalom nem károsodik-e a konyhatechnikai műveletek (sütés, főzés) során, illetve, hogy a zsírsavösszetétel változása nem befolyásolja-e kedvezőtlenül az ilyen termékekből készített ételek organoleptikus tulajdonságait.

A fent írottak értelmében kísérleteink során a következőket kívántuk megállapítani:

- Növelhető-e takarmányozás útján a libatermékek (hús, máj, libazsír) n-3 zsírsavtartalma?
  - Lehetséges-e zöldtakarmány-ettelésével érdemben növelni a libatermékek n-3 zsírsavtartalmát?
  - Milyen hatással van az abraktakarmány egy részének zöldtakarmánnyal történő helyettesítése a húslibanevelés eredményeire (tömeg-gyarapodás, takarmány-, energia- és fehérjehasználtság)?
  - Milyen eredménnyel növelhető a libatermékek n-3 zsírsavtartalma zöldtakarmány-ettelés és lenolajjal történő kiegészítés kombinálásával?
  - Van-e eltérés az egyes testrészek (mell, comb), illetve a máj zsírjának, valamint a hasúri és a bőralatti zsír zsírjának zsírsavösszetételében?
  - Milyen mértékben növelhető a libatermékek n-3 zsírsavtartalma a nevelés utolsó heteiben végzett lenolaj-kiegészítéssel?

- Növelhető-e a nyúl vágott áru n-3 zsírsavtartalma takarmányozással?
  - Milyen hatással van a növekvő mértékű lenolaj-kiegészítés a pecsenyenyulak testtömeg-gyarapodására, takarmány-, energia- és fehérjehasznosítására?
  - Milyen eredménnyel növelhető a nyulak vágott árujának n-3 zsírsav tartalma lenolaj-kiegészítéssel?
- Milyen hatást gyakorol a vágott áru n-3 zsírsavtartalmának növelése a liba-, illetve nyúlhúsból készült ételek organoleptikus tulajdonságaira (íz, illat, szín, állag, stb.)?
- Hogyan változik a megnövelt n-3 zsírsavtartalmú zsír oxidációs stabilitása csirke-, liba- illetve nyúlhús esetében?
  - A tárolási időtartam hatásának megállapítása.
- Az E-vitamin kiegészítés oxidációs stabilitásra gyakorolt hatásának vizsgálata (csirke-liba-, illetve nyúlhúsban):
  - Az oxidatív stabilitás romlásának mérsékléséhez szükséges E-vitamin mennyiségének megállapítása.
  - A természetes forrásból származó D- $\alpha$ -tokoferol, valamint az ipari úton előállított DL- $\alpha$ -tokoferol hatékonyságának vizsgálata.
- A konyhatechnikai eljárások hatása a csirke-, valamint nyúlhúsból készített ételek n-3 zsírsavtartalmának változására :
  - A hőkezelés (sütés, főzés) hatása a zsírsavösszetétel változására.
  - A sütéshez használt zsírforrás (sertészsír, napraforgóolaj) hatása a húsok zsírsavösszetételére.

## 3.2. Anyag és módszer

### 3.2.1. Libákkal végzett kísérletek

Vegyes ivarú libákkal 4 kísérletet végeztünk a Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdasági- és Élelmiszertudományi Karának Állattenyésztési Kísérleti Telepén. Az 1. kísérlet 2005-ben 100 db Lipitsch-iXL húshibrid libával, míg a második 132 db Gourmaud Si-14 májluddal folyt. 2006-ban is két kísérletre került sor, ugyanezekkel a fajtákkal, kísérletenként 154 db állattal.

Az állatok elhelyezése valamennyi libákkal végzett kísérletben azonos volt: a napos libákat faforgáccsal almozott, fűthető nevelő istállóban helyeztük el. A hőmérséklet a műanya alatt az első 5 napban 32 °C, az 5 és 10 nap között 28 °C volt, amit a nevelés 21. napjáig fokozatosan 20 °C-ra csökkentettünk. A teremhőmérséklet ugyanezen időszakokban 26 °C, 24 °C illetve 18 °C volt. Ezt követően a fűtést megszüntettük, a 18 °C-os teremhő ugyanis fűtés nélkül is biztosítható volt. A nevelő istállóban a telepítési sűrűség 4 állat/m<sup>2</sup> volt. Ezt követően 5 hetes korban a libákat 25 állat elhelyezésére alkalmas fülkékre osztott, fülkénként 11 m<sup>2</sup> -es kifutóval rendelkező utónevelő istállóba helyeztük át, ahol szecskezett szalmával almoztunk és 3 libát helyeztünk el 1m<sup>2</sup>-en. Az etetés és itatás mindkét nevelőben önetetővel, illetve önitatóval történt.

Az 1. kísérletsorozatban, 2005-ben, a húslibákkal végzett kísérletben a takarmányozás az első 5 hétben valamennyi állatnál azonos volt: az első 3 hétben egységesen liba indítótápot, majd a 4-5. héten liba nevelőtápot kaptak. Az utónevelő istállóba történő áthelyezést követően, a 6. héttől, 4 (egy kontroll és 3 kísérleti) csoportot alakítottunk ki, amelyek takarmányozása a következő volt:



### Takarmányozás 6- 11. hétig

<b>1. csoport</b>	liba hízlalótáp
<b>2. csoport</b>	a liba hízlalótáp 30 %-a helyett ad libitum zöldtakarmány
<b>3. csoport</b>	4 % lenolajjal kiegészített liba hízlalótáp
<b>4. csoport</b>	4 % lenolajjal kiegészített liba hízlalótáp 30%-a helyett ad libitum zöldtakarmány

A 11. hetet követően csoportonként 4 libát levágtunk és megállapítottuk az egyes testrészek (mell, comb), valamint a hasúri-, a bőralatti zsír és a máj zsírsavösszetételét is.

A megmaradó állatok takarmányozását egységesítettük, valamennyi csoport 4% lenolajtartalmú abrakkeveréket (F2. táblázat) kapott 250 g/nap mennyiségben, és mellette ad libitum zöldtakarmányt. A kísérlet ilyen módon történő folytatásával az volt a célunk, hogy megvizsgáljuk, képesek-e az állatok kompenzálni a korábbi abrakkorlátozásból következő testsúlybeli lemaradásukat, továbbá, hogy megállapítsuk miként befolyásolja a libatermékek zsírsavösszetételét, ha az állatok csak a hízlalás utolsó szakaszában kapnak lenolajkiegészítést.

A 17. héten, a kísérlet befejezésekor csoportonként 4 levágott állat mintái alapján vizsgáltuk a zsírsavösszetételt, a 11. héti vágás alkalmával leírtakkal azonos módon.

A libatermékek n-3 zsírsavtartalmának növelésére lenolajat és zöldtakarmányt ettünk az állatokkal. A lenolajat azért választottuk, mivel a takarmányozás számára rendelkezésre álló növényi olajok közül ennek legnagyobb (53-56%) az  $\alpha$ -linolénsav-tartalma. A zöldtakarmányokat ugyancsak alkalmasnak véltük a libatermékek n-3 zsírsavtartalmának növelésére, mert egyrészt nyerszsírjuk sok (33-46%)  $\alpha$ -linolénsavat tartalmaz, másrészt, mert zöldtakarmányokat széles körben etetnek ludakkal.

A kísérlet során háromféle zöldtakarmányt: bükkönyös búzát, zöldlucernát, és pázsitfűvekből álló gyepnövényt etettünk. Az állatok által visszahagyott zöldtakarmány mennyiségét naponta visszamértük, így pontos képet tudunk alkotni a zöldtakarmány fogyasztásról és az egyes zöldtakarmányok kedveltségéről.

Ahhoz, hogy az állatok tömeggyarapodását és takarmányhasznosítását meg tudjuk állapítani, az állatokat a 3., az 5., a 11. és a 17. héten egyedileg lemértük, valamint valamennyi takarmány esetében naponta feljegyeztük az egyes csoportok takarmányfogyasztását.

2005-ben Gourmaud Si-14 májhibridekkel is végeztünk kísérletet, amelyben a célunk ugyancsak a lenolaj-kiegészítés és a zöldtakarmány-  
etetés libatermékek n-3 zsírsav tartalmára gyakorolt hatásának vizsgálata volt. Az első 5 hétben az 1. kísérletnél leírtakkal azonos volt a takarmányozás. A 6. héttől, az utónevelőbe történő áttelepítést követően 6, (egy kontroll és 5 kísérleti) csoportot alakítottunk ki. A befejezőtáp összetétele is azonos volt az 1. kísérletben etetett befejezőtáppal. A májlibákkal végzett kísérletben már 30, illetve 50% abrak zöldtakarmánnyal történő helyettesítésének hatásait vizsgáltuk. A takarmányozás a 2. kísérletben a következőképpen alakult:

#### Takarmányozás 6- 11. hétig

<b>1. csoport</b>	liba hízlalótáp
<b>2. csoport</b>	a liba hízlalótáp 30 %-a helyett ad libitum zöldtakarmány
<b>3. csoport</b>	a liba hízlalótáp 50 %-a helyett ad libitum zöldtakarmány
<b>4. csoport</b>	4 % lenolajjal kiegészített liba hízlalótáp 30%-a helyett ad libitum zöldtakarmány
<b>5. csoport</b>	4 % lenolajjal kiegészített liba hízlalótáp 50%-a helyett ad libitum zöldtakarmány
<b>6. csoport</b>	4 % lenolajjal kiegészített liba hízlalótáp

A 12. és 15. hét között az egyes takarmányozási csoportok azonosak maradtak a 6 hetes korban kialakított kezelésekkel, csupán annyiban változott a libák takarmányozása, hogy abrakként növendék libatápot, illetve 4% lenolajjal kiegészített növendék libatápot fogyasztottak az állatok. Az állatok zöldtakarmányként a kísérlet teljes időtartama alatt apróra szecskázott kukoricacsalamádét fogyasztottak.

A 15. hetet követően az állatok nagyobb részét levágtuk és csoportonként 3-3 állat mintáit vizsgáltuk az 1. kísérletben leírtakkal azonos módon. A kísérleti állatok visszamaradó részét (30 db libát) tömésre fogtuk. A tömőkeverék 50% tömőtápból, 15% szemes kukoricából és 35% kukoricalisztból állt. A tömési kísérlet során két 15 libából álló tömőcsoportot alakítottunk ki: az egyiket az első 3 csoportból kiválasztott állatok alkották, míg a másik csoport állatai a 4-6. csoportokból kerültek ki, amelyek lenolajat is fogyasztottak, ezért ennek a csoportnak a tömőtápjába is kevertünk 4% lenolajat. A tömést géppel végeztük. Az állatokat naponta négyszer (7, 9, 15 és 17 órákor) tömtük. A tömési időszak 17 napig tartott. A reggeli, a délelőtti és a két délutáni adag egymáshoz viszonyított aránya 20:30:20:30% volt. A napi takarmányadag a tömés kezdetén 600 g volt, a 17 napos tömési szakasz végére 1960 g-ra növekedett.

A 2. kísérletsorozatban, 2006-ban, a libákkal végzett kísérletek ugyanazokkal a hibridekkel (Lipitsch-iXL, Gourmaud Si-14) folytak, mint az előző évben. Ezekben a kísérletekben célunk elsősorban a libatermékek oxidációs stabilitásának a vizsgálata, valamint annak takarmányozás útján történő javítása volt. Ennek megfelelően a kísérleti állatok takarmánya lenolaj és E-vitamin kiegészítést is tartalmazott. Szintetikus E-vitamin forrásként DL- $\alpha$ -tokoferol-acetátot ettünk, a természetes E-vitamin-kiegészítést pedig a növényolajipar egy melléktermékének, a

zsírsavpárlatnak az adagolásával végeztük, amely melléktermék kg-onként 15-20 ezer mg D- $\alpha$ -tokoferolt tartalmaz.

A két hibriddel párhuzamosan végeztük a kísérletet, ezért a húslibák és a májlibák esetében azonos kezeléseket alakítottunk ki a hízalás teljes időszaka alatt. Az első 5 hétben, az előző évi kísérletekhez hasonlóan azonos volt az állatok takarmányozása. A libák áthelyezése az utónevelő istállóba ebben a kísérletben is az 5. héten történt, ahol a 6. héttől a következő 7-7 kezelést alakítottunk ki:

#### **Takarmányozás 6- 10. hétig**

<b>1. csoport</b>	liba hízalótáp
<b>2. csoport</b>	liba hízalótáp 20 %-a helyett ad libitum zöldtakarmány
<b>3. csoport</b>	2 % lenolajjal kiegészített liba hízalótáp 20%-a helyett ad libitum zöldtakarmány
<b>4. csoport</b>	2 % lenolajjal kiegészített liba hízalótáp 20%-a helyett ad libitum zöldtakarmány + 150 mg DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát / kg táp
<b>5. csoport</b>	2 % lenolajjal kiegészített liba hízalótáp 20%-a helyett ad libitum zöldtakarmány + 250 mg DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát /kg táp
<b>6. csoport</b>	2 % lenolajjal kiegészített liba hízalótáp 20%-a helyett ad libitum zöldtakarmány + 150 mg D- $\alpha$ -tokoferolt tartalmazó zsírsavpárlat / kg táp
<b>7. csoport</b>	2 % lenolajjal kiegészített liba hízalótáp 20%-a helyett ad libitum zöldtakarmány + 250 mg D- $\alpha$ -tokoferolt tartalmazó zsírsavpárlat / kg táp

A 11 - 14. hét között áttértünk a növendék libatápra (F2. táblázat), de a lenolaj- és E vitamin kiegészítés, valamint a zöldtetés változatlanok maradtak a különböző kezelésekből.

A lenolajkiegészítés és az abrakkorlátozás mértékét az előző évben elvégzett kísérletek eredményeinek figyelembe vételével alakítottuk ki. A

zöldtakarmány a máj- és húslibák esetében is apróra szecskázott vegyes botanikai összetételű fű volt a kísérlet teljes időtartama alatt.

A tömeg-gyarapodás és a takarmányhasznosítás megállapításához mértük az egyes csoportok takarmányfogyasztását és a 3., 6., 10. és 14. héten az állatokat egyedileg lemértük. A kísérlet befejezésekor, a 14. héten a húslibákat, valamint a májlibák egy részét levágtuk, és csoportonként 3-3 állatból mintákat vettünk a kémiai analízis céljára. Májlibák esetében a tömést követően is végeztünk próbavágást, ugyancsak 3 állattal csoportonként.

A májlibák egy részét (40 db májliba), az előző évhez hasonlóan, tömésre fogtuk. Ezeket a kísérlet 14. hetéig vizsgált 7 csoport közül 4 csoportból, nevezetesen a kontroll csoport (1. csoport), a lenolajos abrakot és zöldtakarmányt fogyasztó 3. csoport, továbbá a kg-onként 250 mg DL- $\alpha$ -tokoferol-acetátot tartalmazó lenolajos abrakot és zöldtakarmányt fogyasztó 5. csoport, valamint 250 mg D- $\alpha$ -tokoferol tartalmú zsírsavpárlatot és lenolajat tartalmazó tápot illetve zöldtakarmányt fogyasztó 7. csoport állatai közül választottuk ki. A tömőkeverék összetétele megegyezett az 1. kísérletben is etetett keverék összetételével. A tömőtáp a 2., 3. és 4. tömőcsoportban 2% lenolajat, továbbá az előzőekben taglalt tokoferol-kiegészítéseket tartalmazta. A tömési technológia (gépi tömés, tömési idők, napi takarmányadag) megegyezett az 1. kísérlet során ismertett technológiával.

A kísérletek célkitűzéseinek megfelelően sor került a húsminták oxidációs stabilitásának vizsgálatára is, amelyhez a TBARS értéket a kísérlet befejezésekor, a 14. héten levágott állatok közül csoportonként 3-3 állat mell- és combhúsából határoztuk meg. A mintákat a vizsgálatot megelőzően 1, illetve 2 hónapig - 16 °C-on mélyhűtőben tároltuk.

A májlibák esetében csoportonként 3-3 tömött állat mell- és combhúsából is elvégeztük a TBARS érték meghatározását a húslibáknál leírtak szerint.

### 3.2.2. Brojlercsirkékkel végzett kísérlet

A 2. kísérletsorozatba, 2006-ban, brojlercsirkéket is bevontunk. A brojlerekkel végzett kísérleti munka során figyelembe vettük a Kar Takarmányozástani Tanszékén elvégzett korábbi kísérletek eredményeit, amelyekben lenolaj adagolásával sikerült jelentősen növelni az n-3 zsírsavak mennyiségét. Jelen kísérletünkben azért döntöttünk a 2% mértékű lenolaj-kiegészítés mellett, mivel a korábbi vizsgálatokban az érzékszervi megítélést is figyelembe véve ez bizonyult a legjobb koncentrációnak. Kísérletünkben a 2% lenolaj-kiegészítésnek az oxidációs stabilitásra gyakorolt hatását, továbbá azt kívántuk vizsgálni, hogy E-vitamin adagolásával javítható-e a lenolaj-kiegészítésnek ez a nem kívánt hatása.

A kísérletet 200 db Ross húshibrid csirkével végeztük, a hizlalás 42 napos korig tartott. A csibék 21 napos korig indító, 22-35 napos kor között nevelő, majd a kísérlet végéig befejezőtápot fogyasztottak (F3. táblázat). A különböző csoportok tápjai azonos energia- és fehérjetartalmúak voltak a kísérlet során. Egy kontroll és 3 kísérleti csoportot alakítottunk ki, így egy kezelésbe 50 állat tartozott. A lenolaj-, és E vitamin kiegészítést az alábbiak szerint alakítottuk ki az egyes csoportokban:

	<b>Indítótáp</b>	<b>Nevelő- és befejezőtáp</b>
<b>1. csoport</b>	2% napraforgóolaj (NFO)	4% NFO
<b>2. csoport</b>	2% lenolaj (LO)	2% NFO + 2% LO
<b>3. csoport</b>	2% LO+250 mg SE/kg tak.	2%NFO+2% LO+250 mg SE/kg tak.
<b>4. csoport</b>	2% LO+250 mg TE/kg tak.	2%NFO+2% LO+250 mg TE/kg tak.

*SE=DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát TE= D- $\alpha$ -tokoferol a zsírsavpárlatból*

Ebben a kísérletben is feljegyeztük az egyes csoportok takarmányfelvételét, valamint 21 és 42 napos korban egyedileg lemértük az állatokat. A kísérlet befejezésekor az állatokat levágtuk, és csoportonként 3-3 állat mintáit használtuk fel a kémiai vizsgálatokhoz. A mintavételhez a kizsigerelt testeket kicsontoztuk, majd minden állat esetében a bőrnélküli combot és mellet együtt ledaráltuk, homogenizáltuk, majd ezt követően vettünk ki mintát a zsírsavösszetétel, az E-vitamin tartalom és a TBARS érték meghatározásához. Az oxidációs stabilitást friss húsból, valamint 1 és 2 hónapig - 16 °C-on történő tárolást követően vizsgáltuk a TBARS érték meghatározásával.

### 3.2.3. Nyulakkal elvégzett kísérletek

A baromfifajok mellett nyulakkal is végeztünk kísérleteket. 200-ben, az 1. kísérletsorozat keretében ugyanúgy az n-3 zsírsav-tartalom növelése volt a cél. A nyulak esetében a hizlalási kísérletet az ÁTK gödöllői kísérleti telepén, az ÁTK munkatársaival együtt végeztük

Az n-3 zsírsavtartalom növelésre ebben a kísérletben is lenolajat használtunk. Az első kísérlet 250 db Pannon fehér nyullal folyt, amelyeket a választást követően egyedi ketrecekbe helyeztünk el. A kísérletben 5 kezelési csoportot alakítottunk ki:

<b>1. csoport</b>	negatív kontroll (olajkiegészítés nélküli táp)
<b>2. csoport</b>	pozitív kontroll (4% napraforgóolaj-kiegészítés)
<b>3. csoport</b>	1% lenolaj + 3% napraforgóolaj-kiegészítés
<b>4. csoport</b>	2% lenolaj + 2% napraforgóolaj-kiegészítés
<b>5. csoport</b>	4% lenolaj-kiegészítés

A kísérleti és a kontroll állatok 35-56 napos kor között kokcidiosztatikumot és antibiotikumokat tartalmazó (robenidin: 50 mg/kg tak., oxitetraciklin: 500 mg/kg tak., tiamulin: 50 mg/kg tak.) hízótápot (F4.

táblázat), 56 napos kortól vágásig pedig gyógyszermentes befejező nyúltápot (F5. táblázat) fogyasztottak. A kísérletben szereplő valamennyi nyúltakarmány táplálóanyag tartalmának megállapításakor *Lebas* (2004) ajánlását vettük figyelembe. Az 1. csoport (negatív kontroll) tápjának energiatartalma 10,6 MJ DE/kg takarmány volt a hizlalás teljes ideje alatt, míg a 2.-5. csoport egyedei egységesen 11,30 MJ DE/kg takarmány tartalmú tápokot fogyasztottak. Ez utóbbi 4 kezelés tápjai között a lenolaj és napraforgóolaj-kiegészítésen kívül más különbség nem volt, így az eredményekben megfigyelhető különbségek kizárólag az olaj-kiegészítéseknek voltak köszönhetőek.

A hizlalás befejezésével, 84 napos korban, az állatokat levágták az Olívia Kft., lajosmizsei vágóhídján. Csoportonként 10-10 állat karkaszából megvizsgáltuk a comb, a gerinchús és a máj zsírsavösszetételét.

Az állatok tömeg-gyarapodásának és takarmányértékesítésének megállapításához egyedileg mértük az állatok takarmányfelvételét, valamint a kísérlet 35., 49., 56., 77. és 84. napján egyedi testtömegmérést is végeztünk.

A 2. hizlalási kísérletben, 2006-ban, már a nyúlhús oxidatív stabilitásának vizsgálata volt a cél. A hizlalási kísérlet 300 Új-zélandi fehér nyúlal folytat, az első kísérletben legjobb eredményt nyújtó olajkiegészítéssel. Ebben a kísérletben a csoportok tápjait eltérő mennyiségű szintetikus és természetes eredetű tokoferollal (zsírsavpárlat) egészítettük ki az oxidációs stabilitás javítása céljából.



A lenolaj- és napraforgóolaj-kiegészítés, illetve a tápok E-vitamin tartalma a csoportokban a következő volt:

	<b>Lenolaj (%)</b>	<b>Napraforgóolaj (%)</b>	<b>Szintetikus E-vitamin (DL-<math>\alpha</math>-tokoferol-acetát) (mg/kg)</b>	<b>Természetes E-vitamin (D-<math>\alpha</math>-tokoferol) (mg/kg)</b>
<i>1. csoport</i>	-	-	60	-
<i>2. csoport</i>	2	2	60	-
<i>3. csoport</i>	2	2	150	-
<i>4. csoport</i>	2	2	300	-
<i>5. csoport</i>	2	2	60	90
<i>6. csoport</i>	2	2	60	240

A negatív kontroll (1. csoport) tápjai ebben a kísérletben is alacsonyabb energiatartalmúak voltak (10,6 MJ/kg). Természetes E-vitamin forrásként ez alkalommal is zsírsavpárlatot alkalmaztunk. Az 5. és 6. csoport esetében a takarmány 60 mg/kg alap DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát tartalmát egészítettük ki természetes E-vitaminnal, hogy a 3. és 4. csoporthoz hasonlóan 150, illetve 300 mg/kg legyen az összes E-vitamin tartalom.

A kísérlet befejezésekor (84 napos korban) az állatokat levágtuk az 1 kísérletben ismertetett módon. Csoportonként 10 állat mintájából vizsgáltuk a zsírsavösszetételt, az E-vitamin-tartalmat és az oxidációs stabilitást (TBARS érték) 1 és 2 hónapos, - 16<sup>0</sup>C-os mélyhűtőben végzett tárolást követően.

#### 3.2.4. Organoleptikus vizsgálatok

A libákkal, illetve nyulakkal végzett kísérletekben kóstolópróbát is végeztünk annak megállapítására, hogy a zsírsavösszetétel milyen hatással van az ilyen vágott áruból készült ételek organoleptikus tulajdonságaira.

A kóstolópróbákat minden esetben azonos módon végeztem. A bírálók természetesen nem ismerték az egyes minták eredetét. A 20 tagú bíráló bizottság a következő 5 tulajdonságot értékelte: állag, illat, szín, íz és összbenyomás. A bírálók 1-5-ig terjedő pontszámmal értékelték külön-külön az egyes tulajdonságokat. A bírálók által az egyes tulajdonságokra adott pontokat átlagoltuk, és ez alapján állapítottuk meg a különböző kezelések állataiból készült ételek megítélését.

A hús- és májlibák esetében saját zsírban sült libahúsok kerültek érzékszervi vizsgálatra. A májlibák esetén 4 kezelést vizsgáltunk két alkalommal. Egyrészt a hízalás végén, a 17. héten levágott állatok húsát, valamint a tömést követően a tömött libák húsát és máját is organoleptikus vizsgálatnak vetettük alá. A négyféle kezelés a következő volt (2005-ben végzett kísérlet):

- abrakot fogyasztó libák (1. csoport)
- 50% abrakot és ad libitum zöldtakarmányt fogyasztó libák (3. csoport)
- 4% lenolajjal kiegészített abrak 50%-a helyett ad libitum zöldtakarmányt fogyasztó libák (5. csoport)
- 4% lenolajjal kiegészített abrakot fogyasztó libák (6. csoport)

A húslibák esetén 3 kezelést hasonlítottunk össze (2006-ban végzett kísérlet):

- kontroll állatok (olajkiegészítés nélküli abrakot fogyasztó libák – 1. csoport)
- olajkiegészítés nélküli abrakot és zöldtakarmányt fogyasztó libák – 2. csoport
- 2% lenolajjal kiegészített abrakot és zöldtakarmányt fogyasztó libák – 3. csoport

A nyúlhús esetében a különböző olajkiegészítésben részesült állatok (1. kísérlet) húsból pörköltet és szalonnával tűzdelt, hagymával és paprikával ízesített sült húst készítettünk.

Valamennyi étel elkészítésekor törekedtünk arra, hogy azonos legyen az elkészítési mód az egyes kezelések esetében.

### 3.2.5. Konyhatechnikai műveletek hatásának vizsgálata

A 2. kísérletsorozatban azt is vizsgáltuk, hogy a főzés alkalmával a húst ért hőhatás, valamint a húsok sütésekor felhasznált zsiradék (növényi olaj, sertészsír) milyen hatással vannak a húsok eredeti zsírsavösszetételére. A fentiek megállapítására a következőminták zsírsavösszetételét vizsgáltuk:

- ⇒ fazékban 2 órán át főzött brojlercsirke-, illetve nyúlhús
- ⇒ kuktában 20 percig főzött brojlercsirke-, illetve nyúlhús
- ⇒ zsiradék adagolása nélkül sült brojlercsirke-, illetve nyúlhús
- ⇒ napraforgóolajban sült rántott brojlercsirkehús
- ⇒ sertészsírban sült rántott brojlercsirkehús

Az így elkészített húsok zsírsavösszetételét a nyers hússal azonos módon határoztuk meg.

### 3.2.6. A kémiai vizsgálatok módszerei

Az állatokkal etetett takarmányok kémiai összetételét (szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost-, nyersshamu-, Ca és P tartalmát) a Magyar Takarmánykódex (1990) 2. kötetében ajánlott módszerekkel (5.1., 6.1., 7.1., 8.1., 9.1., 11.3., 11.6. fejezetek) állapítottuk meg. Az etetett takarmányok, illetve a vágott áru zsírjának zsírsavösszetételét Agilent Technologies 6890N Network típusú gázkromatográfjal (*Agilent Technologies, Inc. Headquarters, Santa Clara, USA*) vizsgáltuk. Az elválasztó oszlop típusa: Supelco SpTM 2560 Fused Silica kapilláris oszlop

(100m x 0,25mm x 0,2 $\mu$ m). Vivőgáz: H<sub>2</sub>, nyomás 176,8 kPa. Detektor: FID. Áramlás: 35 ml/min hidrogén, 30 ml/min nitrogén, 300 ml/min levegő. Splitarány: 10:1. Hőmérséklet: mintabevitel (injektor) 240°C, termosztát 170-215°C (2 percig 170 °C-on tartja, 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 250°C. Minta mennyiség: 1  $\mu$ l. A zsír elszappanosítása metanolban oldott 1N NaOH-dal, az észterezés 10%-os metanolban oldott bórt trifluoriddal, a minta felvitele pedig hexánnal történt.

A vizsgált húsminták zsírájának  $\alpha$ -tokoferol tartalmát a 44/2003 (IV.26.) FVM rendelet 10. mellékletében leírtak szerint állapítottuk meg.

A TBARS értéket *Ramanathan és Das* (1992) módszerével állapítottuk meg. 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 használunk.

### 3.2.7. A kísérleti eredmények statisztikai értékelése

A kísérleti eredmények statisztikai értékelését egytényezős varianciával (one-way ANOVA), az *SPSS 12.0. for Windows* program segítségével végeztük el. A szórások homogenitás vizsgálatát a Levene-teszt segítségével értékeltük. A statisztikai programban választható *post hoc* tesztek közül homogén szórások esetén a *Bonferroni*, míg heterogén szórások esetében a *Dunnnett's T3* próbákat alkalmaztuk (szignifikancia szint valamennyi esetben:  $P < 0,05$ ).

### 3.3. Kísérleti eredmények és azok értékelése

#### 3.3.1. A lenolajkiegészítésnek a hízalási teljesítményre gyakorolt hatása

⇒ *Libákkal végzett kísérletek*

Az 1. kísérletsorozatban, 2005-ben, a húslibákkal végzett kísérletben a lenolaj-kiegészítést és zöldtakarmány-etetés alapján 4 csoportot alakítottunk ki. Ennek során lehetőségünk volt tanulmányozni, hogy a lenolaj-kiegészítés, illetve az abrakkorlátozással párhuzamosan etett zöldtakarmány, hogyan befolyásolja a libák növekedési teljesítményét.

A libák tömeg-gyarapodásával, illetve abrak-, energia- és fehérjehasznosításával kapcsolatos adatokat az 5. táblázat tartalmazza. Ezek alapján megállapítható, hogy a nevelés 5. hetétől kezdődően, amikor eltérő takarmányozású csoportokat alakítottunk ki, az egyes csoportok testtömege tendenciózusan különbözik egymástól. A 11 hetes mérés alkalmával azok a csoportok, amelyeknek abrakfogyasztását 30%-kal korlátoztuk (2. és 4. csoport), a kontrollhoz (1. csoport) képest kisebb (12, illetve 9%-kal) testtömeget értek el, azonban ez a különbség csak a 2. csoport esetében volt szignifikáns. Az abrakadag 30%-kal történő csökkentését tehát az ad libitum zöldtakarmány fogyasztás nem tudja ellensúlyozni. A libák nem képesek olyan mennyiségű zöldtakarmányt elfogyasztani, ami pótolni tudná az abrak csökkentése következtében kieső táplálóanyag mennyiséget. *Vetési és Bokori* (1990) kísérletükben az abrak fehérje tartalmának csökkentésével párhuzamosan ad libitum zöldlucernát etettek, és így 10 hetes korra a kísérleti csoportok 4537, illetve 4702 g-os testtömeget értek el, szemben a kontroll állatok 4373 g-os átlagsúlyával.

A 4. csoportban, amelyben a ludak 4% lenolajjal kiegészített abrakot fogyasztottak, az abrakkorlátozás már nem csökkentette szignifikánsan az állatok testtömegét. A 3. csoport, amely ad libitum fogyasztotta a lenolajos tápot, a kontroll csoportnál 3%-kal kedvezőbb átlagos testtömeget ért el 11 hetes korban. Ezek az eredmények azt igazolják, hogy ilyen mértékű (4%) lenolaj-kiegészítés nem befolyásolja kedvezőtlenül az állatok növekedési teljesítményét.

**5. táblázat: A húslibák átlagos testtömegének, tömeg-gyarapodásának, energia- és fehérjehasznosításának alakulása a kísérlet során (2005)**

Csoport, illetve életkor	Átlagos testtömeg g	Halmazott átlagos napi tömeg-gyarapodás g	1 kg tömeg-gyarapodáshoz felhasznált		
			Abrak kg	ME MJ	Nyersfehérje g
<b>3 hetes korig (összes állat)</b>	1486±232	65,38	1,42	16,98	287,98
<b>5 hetes korig (összes állat)</b>	<b>2660±306</b>	<b>72,79</b>	<b>1,99</b>	<b>24,04</b>	<b>384,88</b>
<b>1. csoport</b>					
11 hetes korig	4949±747 <sup>ab</sup>	62,80	3,53	43,24	625,00
17 hetes korig	5145±726 <sup>a</sup>	41,45	5,28	68,31	935,08
<b>2. csoport</b>					
11 hetes korig	4404±605 <sup>c</sup>	55,72	3,22	42,31	643,90
17 hetes korig	4931±641 <sup>a</sup>	40,49	4,74	64,90	923,17
<b>3. csoport</b>					
11 hetes korig	5130±809 <sup>a</sup>	65,15	3,38	42,94	597,43
17 hetes korig	5453±836 <sup>a</sup>	44,87	4,96	63,61	862,34
<b>4. csoport</b>					
11 hetes korig	4519±679 <sup>bc</sup>	57,22	3,14	42,47	625,75
17 hetes korig	5029±701 <sup>a</sup>	41,31	4,64	63,60	905,61

*a,b,c: A különböző betűvel jelölt adatok azonos életkoron belül  $P < 0,05$  szinten szignifikánsan különböznek.*

A kísérlet során etetett zöldtakarmányokból a libák 5-17 hetes életkor között a következő mennyiségeket fogyasztották:

Csoport	Bükkönyös búza	Zöldlucerna	Fű
	5 – 9. hét	10 – 11. hét	12 – 17 hét
g/állat/nap			
1.	-	-	194
2.	213	120	238
3.	-	-	140
4.	199	129	245

Az eredményekből látható, hogy a hizlalás első időszakában (5-11. hétig) a zöldtakarmány fogyasztás hasonlóan alakult a két csoportban. Miután a 12. héttől az egyes csoportok abrakadagját egységesen 250g/állat/nap mennyiségre állítottuk be - ami a 2. és 4. csoport esetében abrakadag emelést jelentett - nem csökkent a zöldtakarmány felvétel. Az 1. és a 3. csoport, amelyek 11 hetes korukig csak abrakot kaptak, jóval kevesebb zöldtakarmányt fogyasztottak. Ebből az a következtetés vonható le, hogy jelentős zöldtakarmány felvétel csak abban az esetben érhető el, ha a libák már a nevelés első időszakában is kapnak zöldtakarmányt. *Vetési és Bokori* (1990) is úgy találták, hogy napos kortól ad libitum etetve a zöldlucernát, 8 hetes korig nő belőle a ludak fogyasztása. Kísérletükben 10 hét alatt átlagosan 194, illetve 191 g zöldlucernát fogyasztottak el az állatok naponta, amely érték hasonló a mi eredményeinkhez. A zöldtakarmány fogyasztási adatokból az is megállapítható, hogy a libák a fűféle zöldtakarmányokat a zöldlucernánál jobban kedvelik.

A 5. táblázat eredményeiből az is megállapítható, hogy a zöldtakarmány-etetés javítja az abrak-, és energiahasznosítást az 5-11 hetes életkor között. *Vetési és Bokori* (1990) is úgy találták, hogy a zöldtakarmány-etetés jelentősen javítja az abrakhasznosítást, de rontja a

fehérjehasznosítást. Kísérletünkben a lenolajos abrakot fogyasztó libák (3. csoport) abrak-, és fehérjehasznosítás tekintetében is 4,6%-kal kedvezőbb eredményt értek el a kontroll csoportnál.

A nevelés 11. hetétől kezdődően az egyes csoportok takarmányozását egységesítettük. Valamennyi csoport 4% lenolajkiegészítést tartalmazó növendék libatápot (F2. táblázat) fogyasztott, és azonos volt a napi abrakadag is (250 g/liba/nap). Az ad libitum etetett zöldtakarmány ebben az időszakban pázsitfűfélékből álló vegyes fű volt.

Az abrakkorlátozás megszüntetése után a 2. és 4. csoport lényegesen gyorsabban gyarapodott a másik két csoportnál, aminek eredményeként korábbi lemaradásuk nagy részét kompenzálták.

<i>Csoport</i>	<i>Tömeggyarapodás a 11-17. hét között (g)</i>
1.	196,7
2.	527,5
3.	323,1
4.	509,7

Ezzel magyarázható, hogy a kísérlet befejezésekor (a 17. héten) a kísérleti csoportok átlagos testtömege nem különbözött szignifikánsan a kontroll csoporttól. A jobb tömeg-gyarapodásból következően a korábban abraktakarékosan felnevelt csoportoknak a takarmány- és fehérjehasznosítása is kedvezőbben alakult a hízalás során.

A kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy a növendékludak számottevő kompenzációs képességgel rendelkeznek, ami lehetőséget ad arra, hogy a húslibák felnevelése során jelentős mennyiségű abrakot takarítsunk meg. A kompenzációs képesség szempontjából fontos, hogy a ludak növekedési intenzitását az első öt hétben jól kihasználjuk, azaz hogy



az állatok táplálóanyag-szükségletét minden tekintetben kielégítve a libák az első időszakban kellő fejlettséget érjenek el. Ezt követően az 5 és 11. hét között lehetőség van az állatok energiaellátásának mérséklésére. A libák fehérjeszükségletét azonban még ebben az időszakban is fedezni szükséges. Az abrakkorlátozás mértéke ne haladja meg a 30%-ot. Ennél nagyobb mértékű abrakadag csökkentés esetén növelni szükséges az abrakkeverék energiakonzentrációját. Ilyen feltételek esetében a szükségletet fedező energiaellátás visszaállításával a libák 4-6 hét alatt kompenzálni képesek a korábbi hiányos energiaellátásból eredő testtömegbeli lemaradásukat. Ilyen módon lehetőség van arra, hogy az abraktakarmányoknál lényegesen olcsóbb zöldtakarmányok felhasználásával libánként 4-5 kg abraktakarmányt takarítsunk meg a húslibák felnevelése során.

A 2005. évi, májlibákkal végzett kísérletben tovább bővítettük a kezelések számát. A zöldtakarmány-etesítés hatásának egyértelművé tétele érdekében 30- és 50%-os abrakkorlátozású csoportokat alakítottunk ki. A kísérlet tömeg-gyarapodási, továbbá takarmány-, energia- és fehérjehasznosítási eredményeit a 6. táblázatban foglaltuk össze.

Ezek alapján megállapítható, hogy a nevelés 3. hetétől a libák napi tömeg-gyarapodása folyamatosan csökkent. Különösen számottevő a növekedés mérséklődése a 11 hetes kort követően. Az abraktakarmánynak már 30 %-os csökkentésekor is relatíve 5,2%-kal, de még nem szignifikánsan volt kisebb a libák napi tömeg-gyarapodása. Az abraktakarmány 50%-kal történő csökkentése már jelentősen (relatíve 25,9 %-kal) és egyúttal szignifikánsan mérsékelte a ludak tömeg-gyarapodását 5-11 hetes életkorban.

**6. táblázat: Májlibák átlagos testtömegének, testtömeg-gyarapodásának, takarmány-, energia- és fehérjehasznosulásának alakulása a kísérlet során (2005)**

Csoport, illetve életkor	Átlagos testtömeg g	Halmazott átlagos napi tömeg- gyarapodás g	1 kg tömeg-gyarapodáshoz felhasznált		
			Abrak kg	ME MJ	Nyersfehérje g
<b>3 hetes korig</b> (összes állat)	1523±197	72,52	1,49	17,80	302,02
<b>5 hetes korig</b> (összes állat)	2384±318	61,54	3,21	39,10	570,49
<b><u>1. csoport</u></b>					
11 hetes korig	4483±578	54,40	4,60	56,12	713,00
15 hetes korig	5371±612	19,00	13,16	171,08	1760,81
<b><u>2. csoport</u></b>					
11 hetes korig	4483±578	48,19	3,63	55,77	934,82
15 hetes korig	4595±523 *	10,06	17,39	264,11	3132,99
<b><u>3. csoport</u></b>					
11 hetes korig	3730±530 ***	29,07	4,31	72,21	1305,01
15 hetes korig	3999±490 ***	9,91	12,64	220,14	2874,38
<b><u>4. csoport</u></b>					
11 hetes korig	4259±465 ***	41,81	4,18	65,40	1113,69
15 hetes korig	4778±492 **	15,94	10,98	169,72	2037,92
<b><u>5. csoport</u></b>					
11 hetes korig	3623±388 ***	28,88	4,33	72,16	1298,74
15 hetes korig	4100±405 ***	14,91	8,38	150,10	1993,01
<b><u>6. csoport</u></b>					
11 hetes korig	4661±476	55,12	4,53	55,27	702,15
15 hetes korig	5299±577	21,22	11,78	153,14	1576,16

Azonos életkoron belül a kontroll csoporthoz képest: \* P < 0,05 \*\* P < 0,01 \*\*\* P < 0,001

szinten szignifikáns a különbség

Az abraktakarmány 50%-kal történő csökkentésének negatív hatását tehát az ad libitum zöldtakarmány fogyasztás lehetősége nem tudta érdemben ellensúlyozni. Az említett időszakban (5-11. hét) az abraktakarmánynak 4% lenolajjal történő kiegészítése sem csökkentette a kisebb abrakadag testtömeg-gyarapodást mérséklő hatását. Ilyen hatást csak 11-15 hetes korban lehet megállapítani, amikor a lenolajjal kiegészített takarmányt fogyasztó 4. és 5. csoport tömeg-gyarapodása nagyobb volt az ugyancsak 30, illetve 50%-kal csökkentett abrakellátásban részesülő 2. és 3. csoport napi tömeg-gyarapodásánál. *Zollitsch és mtsai* (1997) is úgy találták, hogy a nagy PUFA tartalmú zsírkiegészítés javítja a brojlercsirkék hízlalási teljesítményét. *He és mtsai* (2007) halolaj-kiegészítéskor írtak le hasonló tapasztalatokat szintén brojleres esetében.

Az abrakcsökkentés az 1 kg tömeg-gyarapodáshoz felhasznált abrak mennyiségét érthető módon javította, az energia-, valamint a fehérjehasznosítást azonban rontotta 5-11 hetes korban. A 11 hetes kort követően a táp lenolajjal történő kiegészítése nemcsak a libák tömeg-gyarapodását és abrakhasznosítását, hanem energiahasznosítását is javította.

A libák fehérjehasznosítását a zöldtakarmány-etetés mind 5 és 11 hetes életkor között, mind pedig 11 hetes kort követően rontotta, ami azzal áll összefüggésben, hogy az ad libitum zöldfogyasztás fehérje túletetést eredményezett.

A libák átlagos napi zöldtakarmány-felvétele az egyes csoportokban a következő módon alakult:

	5-11 hét	12-15 hét
	g/állat/nap	
<b>1. csoport</b>	-	-
<b>2. csoport</b>	352,0	503,4
<b>3. csoport</b>	363,9	727,5
<b>4. csoport</b>	356,3	562,6
<b>5. csoport</b>	381,9	805,9
<b>6. csoport</b>	-	-

Mint látható, a zöldtakarmány-fogyasztást az abrakadag csökkentése növelte. A várakozással ellentétben az abrak lenolajjal történő kiegészítése ugyancsak növelte a ludak zöldtakarmány fogyasztását (4. és 5. csoport) a 12-15. hét közötti időszakban az azonos abrakfogyasztású csoportokhoz képest (2. illetve 3. csoport).

A 2006 évi kísérleteket párhuzamosan végeztük a húslibákkal és a májlibákkal. A kísérletek ugyanazokkal a hibridekkel folytak, mint az előző évben. A kialakított 7-7 takarmányozási csoport közül mindkét hibrid esetében 5 kezelésben 20%-kal csökkentettük az abraktakarmány mennyiségét. Ezt az előző évi eredmények indokolták, ugyanis azt tapasztaltuk, hogy 30%-os abrakcsökkentés már szignifikánsan kisebb testtömeget eredményez az ad libitum abraketetéshez képest.

A lenolaj-kiegészítés mértékét 4%-ról 2%-ra csökkentettük, mivel az előző évben elvégzett érzékszervi vizsgálatok eredményei szerint a 4% lenolaj-kiegészítés már kedvezőtlenül befolyásolja a kész ételek organoleptikus tulajdonságait. A kísérletek hízlalási eredményeit a 7. és 8. táblázat tartalmazza.

**7. táblázat: A húslibák átlagos testtömegének, tömeg-gyarapodásának, takarmány-, energia- és fehérjehasználtságának alakulása a kísérlet során (2006)**

Csoport, illetve életkor	Átlagos testtömeg g	Halmazott átlagos napi tömeggyarapodás g	1 kg tömeg-gyarapodáshoz felhasznált		
			Abrak kg	ME MJ	Nyersfehérje g
<b>3 hetes korig</b> (összes állat)	1476±209	70,29	2,09	24,97	423,64
<b>6 hetes korig</b> (összes állat)	3429±408	88,77	2,60	31,72	462,80
<b><u>1. csoport</u></b>					
10 hetes korban	4541±397	44,59	7,53	91,90	1167,65
14 hetes korban	4950±550	16,21	10,10	131,40	1352,44
<b><u>2. csoport</u></b>					
10 hetes korban	4672±434	42,89	6,58	88,89	1299,05
14 hetes korban	4725±635	4,50	39,21	571,35	7245,63
<b><u>3. csoport</u></b>					
10 hetes korban	4441±544	35,74	7,90	106,26	1545,47
14 hetes korban	4655±619	8,86	16,77	253,53	3394,40
<b><u>4. csoport</u></b>					
10 hetes korban	4563±443	40,04	7,05	94,96	1383,31
14 hetes korban	4687±501	6,39	26,14	378,67	4755,91
<b><u>5. csoport</u></b>					
10 hetes korban	4607±591	39,63	7,12	95,90	1396,40
14 hetes korban	4688±653	6,82	23,14	351,43	4736,76
<b><u>6. csoport</u></b>					
10 hetes korban	4431±410	41,04	6,88	92,46	1343,31
14 hetes korban	4652±603	5,89	25,21	374,23	4880,38
<b><u>7. csoport</u></b>					
10 hetes korban	4376±463	36,07	7,82	104,66	1511,14
14 hetes korban	4636±620	7,96	18,65	280,06	3713,54

**8. táblázat: A májlibák átlagos testtömegének, tömeg-gyarapodásának, takarmány-, energia- és fehérjehasználtságának alakulása a kísérlet során (2006)**

Csoport, illetve életkor	Átlagos testtömeg g	Halmazott átlagos napi tömeg-gyarapodás g	1 kg tömeg-gyarapodáshoz felhasznált		
			Abrak kg	ME MJ	Nyersfehérje g
<b>3 hetes korig</b> (összes állat)	1435±195	68,33	2,30	27,48	466,21
<b>6 hetes korig</b> (összes állat)	3385±385	88,66	2,57	31,35	457,46
<b><u>1. csoport</u></b>					
10 hetes korban	4595±494	44,52	7,55	94,55	1201,25
14 hetes korban	4685±587	5,57	30,00	390,00	4014,00
<b><u>2. csoport</u></b>					
10 hetes korban	4452±445	37,00	7,62	102,09	1475,16
14 hetes korban	4581±443	6,82	25,86	367,57	4476,88
<b><u>3. csoport</u></b>					
10 hetes korban	4561±470	42,63	6,62	88,05	1262,36
14 hetes korban	4728±598	8,18	19,30	281,83	3585,05
<b><u>4. csoport</u></b>					
10 hetes korban	4625±408	43,85	6,43	86,87	1268,53
14 hetes korban	4797±557	8,07	21,86	314,15	3897,13
<b><u>5. csoport</u></b>					
10 hetes korban	4431±458	38,59	7,31	99,09	1453,72
14 hetes korban	4598±575	5,29	33,38	486,31	6165,00
<b><u>6. csoport</u></b>					
10 hetes korban	4421±423	37,59	7,51	100,29	1445,73
14 hetes korban	4627±509	8,82	18,95	272,83	3395,06
<b><u>7. csoport</u></b>					
10 hetes korban	4556±490	43,96	6,42	86,39	1256,93
14 hetes korban	4680±663	5,39	30,99	458,17	5938,88

A táblázatok eredményei szerint sem a húslibák, sem pedig a májlibák esetében nem volt szignifikáns különbség az egyes csoportok átlagos testtömege között 10 és 14 hetes korban. Ez azt jelenti, hogy az ad libitum zöldtakarmány-fogyasztás 6-14 hetes kor között a 20% abrakkorlátozás által okozott táplálóanyag-veszteséget csaknem teljes egészében kompenzálni képes. Az adatok azt is igazolják, hogy a 2% lenolaj-kiegészítés sem önmagában, sem zöldtakarmány-etetéssel együtt nem befolyásolja kedvezőtlenül a libák hízlalási teljesítményét. A szintetikus és természetes eredetű E-vitamin kiegészítések egyik dózisa sem befolyásolta az állatok növekedését.

Az 1 kg testtömeg-gyarapodáshoz felhasznált abrak tekintetében a zöldtakarmány-etetés kedvező hatást gyakorolt mindkét kísérletben, a májlibák esetében kifejezettebb a megtakarítás mértéke. Az energiahasznosítás a húslibák esetében a kísérleti csoportok átlagát tekintve elmarad a kontroll csoporttól, míg a májlibáknál az energiahasznosítás is valamivel kedvezőbb a kontroll csoporthoz képest.

A fehérjehasznosítás mértéke a hízlalás 6. hetétől az előző kísérletekhez hasonlóan ezúttal is romlik, ami a zöldtakarmány fogyasztásból következő fehérjetületetésre vezethető vissza.

A tömeggyarapodás mind a kontroll, mind a kísérleti csoportok esetében jelentősen csökken a hízlalás 10-14. hete között. Ez feltehetőleg azzal is magyarázható, hogy a hízlalásnak ez a szakasza a nagyon meleg nyári időszakra esett. Ezt az is alátámasztja, hogy a stagnálás a takarmányozástól és hibridtől függetlenül valamennyi csoportra jellemző volt.

A kísérletek során vegyes botanikai összetételű fűvet etettünk mind a húslibákkal, mind a májlibákkal. A zöldtakarmány fogyasztás a kísérlet 6-14. hete között a következőképpen alakult:

	<b>húsliba</b>	<b>májliba</b>
	<b>g/állat/nap</b>	
<i>1. csoport</i>	-	-
<i>2. csoport</i>	205,3	173,8
<i>3. csoport</i>	212,6	179,1
<i>4. csoport</i>	192,6	193,1
<i>5. csoport</i>	223,7	209,0
<i>6. csoport</i>	198,5	178,1
<i>7. csoport</i>	200,7	207,7

A húslibák esetében a kísérleti csoportok napi átlagos zöldtakarmány fogyasztása 205,6 g, míg a májlibák esetében 190,1g volt. A zöldtakarmány fogyasztás mindkét hibrid esetében elmarad az előző évi kísérletben mért mennyiségtől. Ennek egyik oka az lehet, hogy azokban a kísérletekben nagyobb volt az abrakkorlátozás mértéke (30, illetve 50%). A májhibridek esetében tapasztalt lényegesen kisebb fogyasztás azzal is magyarázható, hogy a kukoricacsalamádét a fűnél jobban kedvelték a libák.

A lenolaj- és E-vitamin-kiegészítés tekintetében, az előző évi eredményekhez hasonlóan megállapítható, hogy sem a 2% lenolaj-kiegészítés, sem az E-vitamin adagolása nem befolyásolta a libák hízlalási teljesítményét.



⇒ *Nyulakkal végzett kísérletek*

A nyulakkal végzett kísérletek esetében az állatok felnevelése és hizlalása az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet gödöllői telepén történt. A kísérletek lebonyolításában és a hizlalási eredmények értékelésében az ÁTK munkatársai is részt vettek.

A 2005 évi kísérletben, a libákhoz hasonlóan, az volt a célunk, hogy megtaláljuk azt az optimális lenolaj-koncentrációt, amely a hizlalási teljesítmény romlása nélkül érdemben növeli a nyúlhús n-3 zsírsav tartalmát.

Ennek megállapítására 1 és 4% között növekvő mennyiségű lenolajjal egészítettük ki a kísérleti csoportok takarmányát. A hizlalási eredményeket a 9. táblázat mutatja be.

A kutatók között nincs egyetértés abban, hogy a takarmány zsírtartalmának növelése hogyan befolyásolja a nyulak hizlalási teljesítményét. *Lanari és mtsai* (1972) valamint *Raimondi és mtsai* (1974) szerint nagy mértékű zsírkiegészítés esetén csökken a növekedési teljesítmény és romlanak a vágási eredmények, míg *Pla és Cevera* (1997) a vágási kihozatal növekedéséről számol be.

Kísérletünkben a hizlalás végén (84 napos korban) a negatív kontrollhoz képest a 4% napraforgóolaj-kiegészítés hatására 3,6%-kal kedvezőbb testtömeget értek el az állatok, amely különbség szignifikánsnak bizonyult. Ezzel szemben a lenolaj-kiegészítés egyik dózis esetében sem eredményezett jelentős különbséget a negatív kontrollhoz képest. A pozitív kontroll csoporttól is csupán a 2% lenolajban részesült állatok átlagos testtömege volt szignifikánsan gyengébb, ez azonban valószínűleg annak a következménye, hogy ebben a csoportban kevesebb állat hullott el, aminek

következtében több kisebb testtömegű állat maradt a csoportban. A lenolaj-kiegészítés testtömeget csökkentő hatását egyébként más kutatók is megfigyelték. Így *Verdelhan és mtsai* (2005) kísérletében a 2% lenolaj-kiegészítés kisebb 71. napos élősúlyt eredményezett a 2%-os repce-kiegészítéshez viszonyítva (2365 vs 2435g). Ugyanígy *Colin és mtsai* (2005) is 30 g-mal kisebb 72 napos testsúlyt értek el extrudált lenmag etetésekor. *Bernardini* (1999), valamint *Dal Bosco és mtsai* (2004) szerint viszont a lenolaj-kiegészítésnek nem volt negatív hatása a nyulak hízlalási tulajdonságaira.

A legnagyobb takarmányfogyasztást a pozitív kontroll csoportnál mértük, de az 1 és 4%-os lenolaj-kiegészítés esetén is nagyobb volt az állatok takarmányfogyasztása a negatív kontrollnál. A takarmányértékesítés az előzetes várakozásoknak megfelelően a nagy energiatartalmú tápok esetében (2-5. csoport) volt kedvezőbb. *Dänicke és mtsai* (2004) növekvő mértékű (5, 10, 15 és 20%) repce kiegészítés esetén tapasztalták a tömeggyarapodás csökkenését és a takarmányfelvétel növekedésével párhuzamosan a takarmányhasznosítás romlását.

**9. táblázat: Hízalási eredmények alakulása az 1. nyúlhízalási kísérlet során (2005)**

	Testtömeg g			Tömeg- gyarapodás g/nap	Takarmány- fogyasztás g/nap	Takarmány- értékesítés g/g
	35.nap	56.nap	84.nap			
<b>1. csoport</b> (negatív kontroll)	860	1687	2608 <sup>ab</sup>	36,3 <sup>a</sup>	103	2,86
<b>2. csoport</b> (pozitív kontroll 4% napraforgóolaj)	860	1680	2703 <sup>c</sup>	38,3 <sup>b</sup>	107	2,79
<b>3. csoport</b> (1% lenolaj+ 3% napraforgóolaj)	881	1694	2664 <sup>bc</sup>	37,2 <sup>ab</sup>	104	2,78
<b>4. csoport</b> (2% lenolaj+ 2% napraforgóolaj)	861	1633	2565 <sup>a</sup>	35,5 <sup>a</sup>	100	2,85
<b>5. csoport</b> (4 % lenolaj)	855	1691	2628 <sup>abc</sup>	36,8 <sup>ab</sup>	104	2,85

<sup>a,b,c</sup> A különböző betűvel jelölt értékek azonos oszlopban belül min  $P < 0,05$  szinten szignifikánsan különböznek.

A kísérlet egyéb adatait (húsminőség) figyelembe véve úgy találtuk, hogy a hizlalási paraméterekre, valamint a húsminőségre gyakorolt hatás alapján az optimális olajkiegészítés a 2% lenolaj+2% napraforgóolaj kombináció. Ezért a 2. kísérletsorozatban, 2006-ban már ezzel az olajkiegészítéssel végeztük el. A kezelések közötti különbséget ebben a kísérletben a különböző E-vitamin kiegészítések jelentették.

A hizlalási eredmények alakulását a 2. nyúlhizlalási kísérletben a 10. táblázat adatai szemléltetik. A táblázat adataiból megállapítható, hogy a hizlalás végére valamennyi kísérleti csoport kedvezőbb testtömeget ért el az előző évi 2% lenolaj-kiegészítéshez viszonyítva. A nagyobb (300 mg/kg takarmány) dózisú E-vitamin kiegészítések az átlagos testtömeg tekintetében a negatív kontroll csoporthoz képest szignifikánsan 6%-kal kedvezőbb eredményt értek el. A 300 mg/kg-os E-vitamin kiegészítés tehát kedvező hatású volt. Ezzel szemben *Oriani és mtsai* (2001) 60, 150 és 375 mg/kg  $\alpha$ -tokoferolt adagoltak 29 napig, és eredményeik szerint nem volt különbség az állatok testtömegében és a takarmányfelvételben. Vagyis kísérletünkben az E-vitamin kiegészítés nem befolyásolta a hizlalási teljesítményt.

A tömeggyarapodás és a takarmányfogyasztás tekintetében nem volt lényeges különbség a csoportok között kísérletünkben, míg a takarmányértékesítés valamennyi kísérleti csoportban szignifikánsan jobb volt a negatív kontrollhoz viszonyítva.

A kapott eredmények megerősítik, hogy a 2% lenolaj + 2% napraforgóolaj-kiegészítés nem befolyásolja kedvezőtlenül a hizlalási eredményeket, sőt a takarmányértékesítés szignifikánsan javul az olajkiegészítés nélküli csoporthoz képest.

**10. táblázat: Hízalási eredmények alakulása a 2. nyúlhízalási kísérlet során (2006)**

	Testtömeg g			Tömeg- gyarapodás g/nap	Takarmány- fogyasztás g/nap	Takarmány- értékesítés g/g
	35.nap	56.nap	84.nap			
<b>1. csoport</b> (negatív kontroll)	914 <sup>c</sup>	1757	2594 <sup>a</sup>	34,9 <sup>a</sup>	113	3,29 <sup>a</sup>
<b>2. csoport</b> (pozitív kontroll 2% LO+2% NFO)	886 <sup>ab</sup>	1747	2655 <sup>ab</sup>	36,1 <sup>ab</sup>	111	3,12 <sup>b</sup>
<b>3. csoport</b> (2% LO+2% NFO+150SE)	892 <sup>bc</sup>	1753	2688 <sup>ab</sup>	36,8 <sup>ab</sup>	110	3,03 <sup>b</sup>
<b>4. csoport</b> (2% LO+2% NFO+300SE)	887 <sup>ab</sup>	1791	2745 <sup>b</sup>	38,0 <sup>b</sup>	114	3,05 <sup>b</sup>
<b>5. csoport</b> (2% LO+2% NFO +60SE+90TE)	883 <sup>ab</sup>	1751	2687 <sup>ab</sup>	36,8 <sup>ab</sup>	110	3,05 <sup>b</sup>
<b>6. csoport</b> (2% LO+2% NFO +60SE+150TE)	863 <sup>a</sup>	1729	2733 <sup>b</sup>	37,7 <sup>b</sup>	111	3,02 <sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> A különböző betűvel jelölt értékek azonos oszloponbelül min  $P < 0,05$  szinten szignifikánsan különböznek.

LO=lenolaj

NFO=napraforgóolaj

SE=DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát

TE= D- $\alpha$ -tokoferol (a zsírsavpárlatban)

### 3.3.2. Az olajkiegészítések hatása a zsírsavösszetételre

#### 3.3.2.1. Ludakkal végzett kísérletek

A 2005-ben húslibákkal végzett kísérlet zsírsav vizsgálatának eredményeit a 11-12. és az F6-F9. táblázatokban foglaltuk össze. A vágott libatest különböző részeinek zsírjában az egyszerűen telítetlen zsírsavak (MUFA) fordulnak elő a legnagyobb mennyiségben. Ez alól csak a máj képez kivételt, az is csak akkor, amikor a libák zöldtakarmányt is fogyasztanak (F8 táblázat). A legtöbb MUFA csoportbeli zsírsavat a comb zsírja, valamint a hasúri zsír és a bőralatti zsír tartalmazta (F6-F7. táblázat). *Kirchgeßner és mtsai* (1997) ugyancsak ezt a zsírsavcsoportot, valamint a telített zsírsavakat találták legnagyobb mennyiségben a zsírban, amikor a libák kukoricára, árpára, búzára és zabra alapozott takarmányt fogyasztottak.

A zöldtakarmány-etetés a kontroll csoporthoz képest - a mintavételi hely hatásától eltekintve - szignifikánsan csökkentette a MUFA csoport zsírsavainak arányát a zsírban. A különböző mintavételi helyek közül a mell, a comb, továbbá a máj zsírjában mérsékelte a zöldtakarmány-etetés szignifikánsan a MUFA zsírsavak mennyiségét (F6 és F8. táblázat). *Arslan* (2004) ugyancsak a MUFA csoport csökkenését tapasztalta, amikor a libák indítótápjának 10, nevelőtápjának pedig 20%-át fűliszttel helyettesítette.

A lenolaj-kiegészítés a zöldtakarmány-etetéshez hasonlóan ugyancsak csökkentette a kontroll csoport állatainak zsírjához képest a MUFA zsírsavak részarányát. A hatás a máj kivételével valamennyi mintavételi helyen szignifikánsnak bizonyult. *Olomu és Baracos* (1991)

brojlercsirkékkel végzett kísérletükben ugyancsak azt tapasztalták, hogy a lenolaj kiegészítés csökkenti a MUFA csoport zsírsavainak mennyiségét a csirkék zsírjában. *Jiang-Wen-Chuan* és *mtsai* (1996) szintén azt figyelték meg, hogy amikor a libák takarmányát különböző növényolajokkal (kókuszolaj, szójaolaj), valamint sertészsírral egészítették ki, eltérő módon alakult a hasúri zsír, illetve a mell és a comb zsírjának zsírsavösszetétele. A kókuszolaj a telített zsírsavak részarányát, míg a sertészsír a MUFA csoport zsírsavainak mennyiségét növelte meg a testzsírban a másik két zsírsavforráshoz viszonyítva. A többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) nagyobb részaránya a szójaolajjal végzett kiegészítés esetében volt jellemző.

A máj MUFA-tartalmát a lenolajjal végzett kiegészítés a zöldtakarmány-etetésétől eltérően nem befolyásolta. A zöldtakarmány-etetésnek a MUFA-tartalmat erőteljesen csökkentő hatása magyarázza, hogy a zöldtakarmányt és lenolajjal kiegészített abraktakarmányt fogyasztó 4. csoport májának zsírjában a lenolajfogyasztás ellenére szignifikánsan csökkent a PUFA-tartalom az ugyancsak lenolajos abrakot fogyasztó 3. csoporthoz képest.

A MUFA csoport zsírsavai között az olajsav ( $C_{18:1}$ ) képviseli a legnagyobb hányadot, következésképpen a zöldtakarmány-etetés és a lenolaj-kiegészítés ennek mennyiségét csökkenti a legnagyobb mértékben. A zöldetetés a hasúri zsír kivételével valamennyi mintavételi helyről származó zsírban szignifikánsan csökkentette a kontroll csoport zsírjához képest az olajsav részarányát. A legnagyobb a csökkenés a máj esetében, annak zsírjában ugyanis szignifikánsan csaknem a felére csökkent az olajsav részaránya. A zöldtakarmány-etetésnek a zsír olajsav tartalmát csökkentő

hatása feltehetően az etetett zöldtakarmány kis zsírtartalmával, illetve a zsír alacsony olajsav tartalmával (3,98%) áll összefüggésben.

**11. táblázat: A takarmányozás hatása a vágott libatest zsírsavösszetételére <sup>2</sup>**

zsírsavak <sup>1</sup>	K (1. csoport)	Z (2. csoport)	L (3. csoport)	LZ (4. csoport)
C <sub>12:0</sub>	0,03±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>ab</sup>	0,02±0,003 <sup>b</sup>	0,02±0,005 <sup>ab</sup>
C <sub>14:0</sub>	0,33±0,021 <sup>a</sup>	0,30±0,045 <sup>ab</sup>	0,29±0,049 <sup>b</sup>	0,28±0,023 <sup>b</sup>
C <sub>15:0</sub>	0,04±0,006 <sup>b</sup>	0,06±0,009 <sup>a</sup>	0,04±0,003 <sup>b</sup>	0,06±0,008 <sup>a</sup>
C <sub>16:0</sub>	20,75±1,298 <sup>a</sup>	19,63±0,651 <sup>b</sup>	17,93±1,360 <sup>c</sup>	18,19±0,789 <sup>c</sup>
C <sub>17:0</sub>	0,08±0,009 <sup>b</sup>	0,10±0,022 <sup>a</sup>	0,08±0,016 <sup>b</sup>	0,11±0,027 <sup>a</sup>
C <sub>18:0</sub>	6,15±0,468 <sup>a</sup>	7,03±1,274 <sup>a</sup>	6,11±1,231 <sup>a</sup>	6,19±1,248 <sup>a</sup>
C <sub>20:0</sub>	0,07±0,011 <sup>bc</sup>	0,11±0,013 <sup>a</sup>	0,07±0,016 <sup>c</sup>	0,09±0,020 <sup>b</sup>
C <sub>23:0</sub>	0,05±0,068 <sup>a</sup>	0,10±0,165 <sup>a</sup>	0,07±0,093 <sup>a</sup>	0,06±0,089 <sup>a</sup>
<b>SFA</b>	<b>27,50±1,486<sup>a</sup></b>	<b>27,36±1,572<sup>a</sup></b>	<b>24,60±1,792<sup>b</sup></b>	<b>25,01±1,754<sup>b</sup></b>
C <sub>14:1 n-5</sub>	0,02±0,003 <sup>a</sup>	0,02±0,004 <sup>a</sup>	0,02±0,008 <sup>a</sup>	0,02±0,006 <sup>a</sup>
C <sub>16:1 n-7</sub>	2,73±0,291 <sup>a</sup>	2,44±0,463 <sup>ab</sup>	2,19±0,629 <sup>b</sup>	2,17±0,451 <sup>b</sup>
C <sub>17:1</sub>	0,08±0,030 <sup>ab</sup>	0,10±0,022 <sup>a</sup>	0,07±0,014 <sup>b</sup>	0,09±0,021 <sup>ab</sup>
C <sub>18:1 n-9</sub>	47,83±2,243 <sup>a</sup>	43,89±4,484 <sup>b</sup>	42,33±3,052 <sup>bc</sup>	39,71±3,835 <sup>c</sup>
C <sub>18:1 n-7</sub>	1,17±0,141 <sup>a</sup>	1,26±0,433 <sup>a</sup>	1,10±0,167 <sup>a</sup>	1,04±0,221 <sup>a</sup>
C <sub>20:1 n-9</sub>	0,12±0,012 <sup>b</sup>	0,17±0,043 <sup>a</sup>	ND	ND
<b>MUFA</b>	<b>51,96±2,130<sup>a</sup></b>	<b>47,88±4,418<sup>b</sup></b>	<b>45,72±3,326<sup>bc</sup></b>	<b>43,03±3,922<sup>c</sup></b>
C <sub>18:2 n-6</sub>	17,69±1,106 <sup>b</sup>	19,93±1,041 <sup>a</sup>	17,91±1,050 <sup>b</sup>	20,18±0,873 <sup>a</sup>
C <sub>18:3 n-6</sub>	0,02±0,006 <sup>b</sup>	0,03±0,005 <sup>ab</sup>	0,03±0,006 <sup>a</sup>	0,03±0,009 <sup>ab</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	0,92±0,099 <sup>c</sup>	1,32±0,223 <sup>b</sup>	9,01±1,187 <sup>a</sup>	8,96±1,106 <sup>a</sup>
C <sub>20:2 n-6</sub>	0,09±0,027 <sup>b</sup>	0,15±0,055 <sup>a</sup>	0,13±0,046 <sup>ab</sup>	0,13±0,052 <sup>ab</sup>
C <sub>20:3 n-6</sub>	0,04±0,024 <sup>a</sup>	0,06±0,051 <sup>a</sup>	0,06±0,045 <sup>a</sup>	0,05±0,043 <sup>a</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	0,93±1,001 <sup>a</sup>	1,36±1,829 <sup>a</sup>	0,88±0,928 <sup>a</sup>	1,00±1,201 <sup>a</sup>
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,03±0,013 <sup>b</sup>	0,10±0,048 <sup>a</sup>	0,16±0,159 <sup>a</sup>	0,26±0,447 <sup>ab</sup>
C <sub>22:4 n-6</sub>	0,20±0,192 <sup>a</sup>	0,32±0,382 <sup>a</sup>	0,15±0,141 <sup>a</sup>	0,18±0,203 <sup>a</sup>
C <sub>22:5 n-3</sub>	0,04±0,040 <sup>b</sup>	0,12±0,121 <sup>ab</sup>	0,23±0,198 <sup>a</sup>	0,24±0,254 <sup>a</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,44±0,046 <sup>a</sup>	0,09±0,126 <sup>a</sup>	0,17±0,196 <sup>a</sup>	0,11±0,153 <sup>a</sup>
<b>PUFA</b>	<b>19,98±1,665<sup>d</sup></b>	<b>23,37±2,315<sup>c</sup></b>	<b>28,56±1,981<sup>b</sup></b>	<b>30,88±2,330<sup>a</sup></b>

<sup>a,b,c,d</sup> A különböző betűvel jelölt értékek azonos soron belül minimum P<0.05 szinten szignifikánsan különböznek

<sup>1</sup> az összes zsírsav %-ában ND = nem detektált

<sup>2</sup> A mell, a comb, a hasúri és bőralatti zsír adataiból számított átlagos értékek

K = kontroll Z = 30 % abrak helyett zöldtakarmány

L = lenolajos abrak LZ = 30 % lenolajos abrak helyett zöldtakarmány



Az abraktakarmány lenolajjal történő kiegészítése ugyancsak jelentős befolyást gyakorolt a zsír olajsav-tartalmára. Amennyiben eltekintünk a mintavételi hely hatásától, úgy a lenolaj-kiegészítés szignifikánsan csökkentette a libák zsírjának olajsavtartalmát (11. táblázat). A különböző mintavételi helyek közül a lenolaj-kiegészítés egyedül a máj zsírjának nem mérsékelte az olajsavtartalmát, a többi mintavételi hely zsírjában szignifikánsan csökkent az olajsav részaránya a lenolaj-kiegészítés eredményeként.

A 4. csoport esetében, amelynek állatai zöldtakarmányt is fogyasztottak, és az abraktakarmányuk lenolajat is tartalmazott, a kétféle kezelés hatása kumulálódott, ami azt eredményezte, hogy ennek a csoportnak a mintáiban volt a legkevesebb az olajsav mennyisége.

*Utlu és Kaya* (2004) hasonló tapasztalatokat szereztek, amikor a libák takarmányát a nagy linolsavtartalmú napraforgóolajjal egészítették ki. A kiegészítés ugyanis szignifikáns mértékben csökkentette a bőralatti zsír olajsavtartalmát. Ismertek azonban tapasztalatainktól eltérő kísérleti eredmények is. Így a kiemelkedően sok, 72-73% (*Givens és mtsai* 2000) olajsavat tartalmazó olívaolaj a lenolajjal és a napraforgóolajjal ellentétben *O'Neill és mtsai* (1998) kísérletében növelte a csirkék mellének és combjának zsírjában a MUFA-csoport zsírsavainak mennyiségét. A sok olajsavat tartalmazó repceolaj *Bickel és mtsai* (2001) kísérletében is növelte a telítetlen zsírsavak hányadát.

A MUFA-csoportban az olajsav mellett még a palmitoleinsav ( $C_{16:1}$ ) is érdeklő mennyiségben fordul elő. Amennyiben eltekintünk a mintavételi hely hatásától, úgy a lenolaj-kiegészítés szignifikáns mértékben csökkentette a libazsír palmitoleinsav-tartalmát (11. táblázat). A különböző

mintavételi helyekről származó zsír esetében viszont csak a mell és a máj zsírjában volt a palmitoleinsav szignifikánsan kisebb mennyiségben jelen, mint a kontroll csoport zsírjában (F6-F8. táblázat). Ugyanez mondható el a zöldtakarmány hatását illetően is, ugyanis a zöldtakarmány is csak az említett két mintavételi helyen csökkentette szignifikáns mértékben a zsír palmitoleinsav tartalmát, azzal a kiegészítéssel, hogy a máj esetében a zöldtakarmány-etetés igen nagy mértékben (relatíván 78%-kal) mérsékelte a zsír palmitoleinsav tartalmát. Még ennél is nagyobb arányú volt a csökkenés, amikor a libák a zöldtakarmányt és a lenolajjal kiegészített abrakot együtt fogyasztották (4. csoport). Eredményeink *Utlu és Kaya* (2004) tapasztalatait támasztják alá, akik libák takarmányának növekvő mennyiségű napraforgóolajjal történő kiegészítésekor a palmitoleinsav szignifikáns mértékű csökkenését figyelték meg. *Martins és mtsai* (2003) ugyanezt tapasztalták, amikor brojlerek takarmányát szójaolajjal egészítették ki.

Az ugyancsak a MUFA-csoportba tartozó vakcénsav ( $C_{18:1\ n-7}$ ) esetében is csak a mell és a máj zsírja tekintetében találtunk szignifikáns összefüggést a kezelés és a zsír vakcénsav-tartalma között, nevezetesen a mell zsírjában a zöldtakarmány-etetés, a máj zsírjában pedig a zöldtakarmány és a lenolaj-kiegészítés együttes hatására csökkent a vakcénsav részaránya.

A telített zsírsavak (SFA) nagyságrendben a MUFA csoport után következnek a libák vágott árujának zsírjában. Minthogy az etetett zöldtakarmány, valamint a kiegészítésre felhasznált lenolaj csak kevés SFA csoportbeli zsírsavat tartalmaznak (22,52 illetve 8,89%) és az etetett abrakkeverékben is csak 21,58% SFA volt található, a vágott test zsírjának

23-37%-nyi SFA tartalma nagyjából a de novo szintézis eredménye. Ezt támasztja alá, hogy az SFA csoport zsírsavai valamennyi kezelés esetében és valamennyi mintavételi hely közül a máj zsírjában szignifikánsan a legnagyobb mennyiségben fordulnak elő (F6-F8. táblázat).

A zöldtakarmány-etetés a vágott test egyetlen helyéről származó minta zsírjában sem (még a májban sem) befolyásolta az SFA részarányt. Ebben a zöldtakarmány kis zsírtartalma és zsírjának alacsony SFA tartalma mellett az is közrejátszhatott, hogy a libák viszonylag kevés zöldtakarmányt fogyasztottak. A hízalás 6. és 11. hete között ugyanis a 2. csoportban átlagosan 213 g, a 4. csoportban pedig 199 g volt az állatonkénti és naponkénti zöldtakarmány fogyasztás.

Amennyiben a mintavételi helytől eltekintünk, a lenolaj-kiegészítés, valamint a lenolaj-kiegészítéssel összekötött zöldtakarmány-etetés (4. csoport) szignifikánsan csökkentette a libák zsírjában a telített zsírsavak részarányát (11. táblázat). A különböző mintavételi helyek közül a lenolaj-kiegészítés a bőralatti zsír kivételével valamennyi mintavételi helyen szignifikánsan kisebb SFA-tartalmú zsírt eredményezett. *Nam és mtsai* (1997) brojlercsirkék takarmányának 10% lenmagdarával történő kiegészítésekor ugyancsak azt tapasztalták, hogy a comb zsírjában szignifikánsan csökkent az SFA-csoport zsírsavainak mennyisége.

A telített zsírsavak közül a palmitinsav ( $C_{16:0}$ ), valamint a sztearinsav ( $C_{18:0}$ ) fordulnak elő legnagyobb arányban a libák zsírjában. Kísérleti eredményeink azt igazolják, hogy a zöldtakarmány-etetés és a lenolaj-kiegészítés eltérő hatást gyakorolnak az említett két zsírsav arányára a zsírban. Amennyiben eltekintünk a mintavételi hely hatásától, úgy a palmitinsav részarányát mind a zöldtakarmány-etetés, mind pedig a lenolaj-

kiegészítés szignifikánsan csökkentette a libák zsírjában. A lenolaj-kiegészítés hatása a máj kivételével kifejezettebb, mint a zöldtakarmány-etetésé. Ezt igazolja, hogy a mell, a comb, valamint a bőralatti zsír esetében a lenolaj-kiegészítés, valamint a lenolaj-kiegészítés és zöldtakarmány-etetés kombinációja szignifikáns palmitinsav csökkenést eredményezett, míg a zöldtakarmány-etetéskor a hatás a máj kivételével egy mintavételi hely vonatkozásában sem vezetett szignifikáns változáshoz. A máj esetében viszont a zöldtakarmány-etetés járt a zsír palmitinsav-tartalmának szignifikáns csökkenésével.

A mintavételi hely hatásától eltekintve a takarmányozás nem okozott szignifikáns változást a libazsír sztearinsav-tartalmában (11. táblázat). A különböző mintavételi helyek zsírjának zsírsavösszetétele tekintetében a zöldtakarmányozás csak a mell zsírjában növelte szignifikánsan a sztearinsav részarányát. A lenolaj-kiegészítés egy mintavételi hely tekintetében sem okozott szignifikáns változást a zsír sztearinsav tartalmában.

A zöldtakarmány-etetés, valamint a lenolajjal végzett kiegészítés a többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) arányát is következetesen módosította a libazsírban. Mind a kétféle kezelés valamennyi mintavételi hely zsírjában szignifikánsan növelte a PUFA csoport zsírsavainak részarányát (11. és F6-F8. táblázat). Hasonló eredményekre jutott *Arslan* (2004) is, amikor a libák takarmányának 10, illetve 20%-át fűliszttel helyettesítette és azt találta, hogy a hasúri zsírban megnőtt a PUFA-csoport részaránya.

A PUFA zsírsavak részarányának alakulása szempontjából a lenolaj-kiegészítés hatékonyabb volt, mint a zöldtakarmány-etetés. Ez alól egyedül

a máj képez kivételt, amelynek zsírában a zöldtakarmány-etetés szignifikánsan nagyobb PUFA-növekedést eredményezett, mint a lenolaj-kiegészítés (F8. táblázat). A kétfajta kezelés (lenolaj-kiegészítés és zöldtakarmány-etetés) hatása a PUFA-csoport esetében kumulálódik, ugyanis a különböző kezelések közül a 4. csoport zsírában PUFA-tartalma a legnagyobb, és egyúttal szignifikánsan meghaladja a zöldtakarmány-etetésekor a különböző mintavételi helyek zsírában mért PUFA-tartalmát. Más szerzők (*Zollitsch és mtsai, 1997*) szójaolaj-kiegészítéssel tudták a pecsenyecsirkék hasúri zsírában a PUFA zsírsavak mennyiségét szignifikánsan növelni.

Kísérleti eredményeink alapján a PUFA-csoport egyes zsírsavainak változásával kapcsolatban a következők állapíthatók meg.

A PUFA csoport zsírsavai közül az  $\alpha$ -linolénsav ( $C_{18:3\ n-3}$ )-tartalom változott az eltérő takarmányozás hatására a legnagyobb mértékben. Amennyiben eltekintünk a mintavételi hely hatásától, úgy a zöldtakarmány-etetés szignifikánsan növelte a libazsír  $\alpha$ -linolénsavtartalmát (11. táblázat). Amikor azonban mintavételi helyenként vizsgáltuk a zöldtakarmány-etetés hatását, úgy a kialakult különbséget a különböző mintavételi helyeken a kisebb n-szám miatt a határozott tendencia ellenére sem találtuk szignifikánsnak. Ugyanakkor a lenolaj-kiegészítés - a várakozásoknak megfelelően - valamennyi mintavételi hely zsírában szignifikánsan növelte az  $\alpha$ -linolénsav-tartalmát. A növekmény a máj zsírában ugyan kisebb volt, de ott is szignifikánsnak bizonyult. A lenolaj-kiegészítés az összes minta átlagát tekintve az  $\alpha$ -linolénsav-tartalmát a kontroll csoporthoz viszonyítva 9,44-szeresre növelte. Az így számított növekmény a zöldtakarmány-etetés során 1,41-szeres volt. A lenolaj *Bou és mtsai (2006)* kísérletében is növelte

a PUFA csoport n-3 zsírsavainak, közülük is elsősorban az  $\alpha$ -linolénsavnak a mennyiségét brojlercsirkék zsírjában.

Kísérleti eredményeink arra utalnak, hogy az a kumulatív hatás, amit a MUFA csoport esetében a zöldtakarmány-etetés és a lenolaj-kiegészítés együttesen eredményeznek, az az  $\alpha$ -linolénsav esetében is megfigyelhető. A 4. csoport zsírjának  $\alpha$ -linolénsav tartalma ugyanis minden vizsgálati helyen szignifikánsan nagyobb a zöldtakarmány-etetésekor megállapított  $\alpha$ -linolénsav értéknél.

A libazsír linolsav ( $C_{18:2\ n-6}$ ) tartalma az  $\alpha$ -linolénsavtól eltérően alakul a különböző takarmányozású csoportokban. Amennyiben eltekintünk a mintavételi hely hatásától, a zöldtakarmány-etetés szignifikánsan növeli a libazsír linolsav-tartalmát (11. táblázat). Az egyes mintavételi helyek közül a zöldtakarmány-etetés a comb, a bőralatti zsír és a máj zsírjában növelte szignifikánsan a linolsav-tartalmat. A zöldtakarmányoknak ez a hatása az etetett bükkönyös búza zsírjának számottevő (25,21%) linolsav tartalmával áll összefüggésben.

A lenolaj-kiegészítés a zsír linolsav-tartalmát csak a máj esetében szignifikánsan csökkentette. *An és mtsai* (1997) ugyancsak azt figyelték meg, hogy a lenolaj-kiegészítés a szöveti lipidekben csökkentette a linolsav-tartalmat. A lenolajnak ez a hatása szűk (1:2,84) linolsav-  $\alpha$ -linolénsav arányával magyarázható. Ezt támasztják alá *Utlu és Kaya* (2002) a nagy linolsav- és kis  $\alpha$ -linolénsav tartalmú (tehát igen tág linolsav-  $\alpha$ -linolénsav arányú) napraforgóolajjal végzett kísérletének eredményei. Ők ugyanis azt tapasztalták, hogy a napraforgóolajjal végzett kiegészítés az olaj dózistól függő mértékben növelte a libák hasúri és bőralatti zsírjának linolsav-tartalmát.

A zsírminták arachidonsav ( $C_{20:4}$ ) tartalmát mind a mintavételi hely, mind pedig a takarmányozás igen jelentős mértékben befolyásolja. A legkevesebb arachidonsavat a hasúri zsír, valamint a bőralatti zsír, míg a legtöbbet a máj zsírja tartalmazza (F7-F8. táblázat). Az eltérés nagyon számottevő, hiszen míg a hasúri- és a bőralatti zsírban mindössze 0,07-0,15% közötti az arachidonsav mennyisége, addig a máj zsírja a takarmányozástól függően 4,91-17,55%-ot tartalmaz ebből a zsírsavból. A máj zsírjának jelentős arachidonsav-tartalma azzal indokolható, hogy az arachidonsav linolsavból történő előállításának helye a máj. Amennyiben eltekintünk a mintavételi hely hatásától, a zöldtakarmányozás szignifikánsan növeli, a lenolaj-kiegészítés pedig nem gyakorol befolyást a libazsír arachidonsav tartalmára (11. táblázat). Az egyes mintavételi helyek hatását vizsgálva megállapítható, hogy a zöldtakarmány-eterés a mell és a máj zsírjának arachidonsav-tartalmát szignifikánsan növelte, míg a többi mintavételi helyről származó zsír arachidonsav tartalmát nem befolyásolta. A lenolaj-kiegészítés viszont a máj arachidonsav-tartalmát csökkentette. *An és mtsai* (1997) ugyancsak arról számolnak be, hogy brojlercsirkék takarmányának lenolajjal történő-kiegészítése csökkenti a szöveti lipidek arachidonsav tartalmát. A lenolaj-kiegészítés által előidézett arachidonsav csökkenés nagy valószínűséggel a lenolaj szűk linolsav -  $\alpha$ -linolénsav (1:2,84) arányával indokolható. Amint arra korábban már utalás történt, a linolsav és az  $\alpha$ -linolénsav állati szervezetben történő átalakulása (metabolitjai képződése) azonos enzimek segítségével történik, ami miatt kompetíció alakulhat ki az enzimekért a szubsztrátok között.

Az  $\alpha$ -linolénsavnak a szervezetben képződő metabolitjai közül az eikozapentaénsav (EPA,  $C_{20:5 \text{ n-3}}$ ) érdemi mennyiségben csak a máj

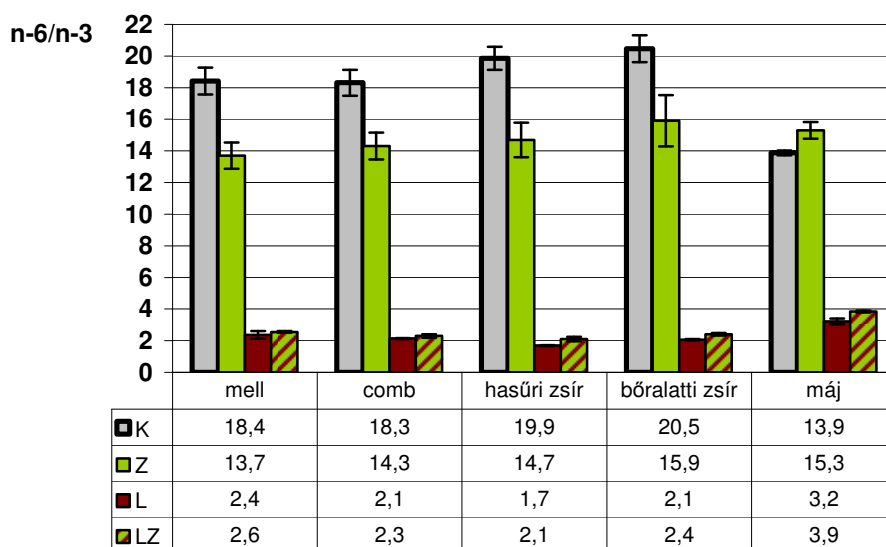
zsírjában, ott is csak a lenolajjal végzett kiegészítés, illetve a kombinált takarmányozás (lenolaj+zöldtakarmány) esetén fordul elő. Ezt az magyarázza, hogy a lenolaj-kiegészítés, valamint a kombinált takarmányozás megnöveli a máj zsírjában az  $\alpha$ -linolénsav mennyiségét, amely zsírsav alapanyagul szolgál az EPA előállításához a májban.

Az EPA-ból képződő dokozahexaénsav (DHA,  $C_{22:6, n-3}$ ) a legnagyobb mennyiségben ugyancsak a májban fordul elő. A májban a kombinált takarmányozás a kontroll csoporthoz képest szignifikáns mértékben növelte a zsír DHA-tartalmát. A többi mintavételi hely közül csak a mell említendő, amelynek zsírjában mind a zöldtakarmány-etetés, mind pedig a lenolaj-kiegészítés szignifikánsan növelte a DHA mennyiségét. *An és mtsai* (1997) kísérletében brojlercsirkék takarmányának lenolajjal történő kiegészítése nemcsak a linolénsav, hanem a DHA mennyiségét is megnövelte a szöveti lipidekben. *Pietras és mtsai* (2000) brojlerek takarmányának repceolajjal végzett kiegészítésekor is megfigyelték az EPA- és a DHA-tartalom növekedését a mell és a comb zsírjában. Más szerzőknek halolaj adagolásával sikerült a vágott test zsírjában a PUFA csoportba tartozó EPA és DHA mennyiségét növelni. Így *An és mtsai* (1997) 3% lenolaj + 3% halolaj kiegészítéssel szignifikánsan tudták növelni a szöveti zsírokban az EPA és a DHA részarányát. *Husvéth és mtsai* (2000) 4% halolaj kiegészítéssel ugyancsak szignifikánsan növelték brojlercsirkék májának n-3 PUFA zsírsav tartalmát. *Kahraman és mtsai* (2004) 2, 4 és 8% halolaj tartalmú takarmány etetésekor az ugyanilyen dózisban adagolt szójaolajhoz képest szignifikánsan több EPA-t és DHA-t találtak a comb zsírjában. *Surai és Sparks* (2000) 3% halolajjal végzett



kiegészítés esetén ugyancsak szignifikánsan több DHA-t mértek növendék kakasok különböző szöveteinek zsírjában.

A linolsavból és az  $\alpha$ -linolénsavból képződő metabolitok mennyiségét azonban jelentősen befolyásolja ezen zsírsavak egymáshoz viszonyított aránya is. A linolsav/ $\alpha$ -linolénsav arány akkor kedvező, ha az 4:1 (Schaefer, 2002). Ebből a szempontból a zöldtakarmány-etesítés, de méginkább a lenolaj-kiegészítés kedvező változást eredményezett. Ezt igazolják a 3. ábra adatai.



K = kontroll (1. csoport)

Z = 30 % abrak helyett zöldtakarmány (2. csoport)

L = lenolajos abrak (3. csoport)

LZ = 30 % lenolajos abrak helyett zöldtakarmány (4. csoport)

**3. ábra Az n-6/n-3 zsírsav aránya az egyes mintavételi helyeken a különböző kezeléseknél a 11. héten**

Ezekből az adatokból megállapítható, hogy amíg a kontroll csoportban az n-6/n-3 arány az egyes mintavételi helyeken 13,9-20,5:1 között változik, addig zöldtakarmány-etetésekor ez az arány 13,7-15:1-re, lenolaj-kiegészítés esetén 1,7-3,2:1-re, zöldtakarmány-etetés és lenolaj-kiegészítés együttes hatására pedig 2,1-3,8:1-re szűkül.

A 12. héttől egységesítettük a csoportok takarmányozását, tehát 5 héten keresztül valamennyi csoport 4% lenolaj-tartalmú abrakot és ad libitum zöldtakarmányt is fogyasztott. Ezt követően, a kísérlet befejezésekor (17. héten) csoportonként 4 levágott állat mintáiból újabb zsírsavösszetétel vizsgálatot végeztünk, melynek eredményét a 12. és F9. táblázat tartalmazza.

**12. táblázat: A takarmányozás egységesítésének hatása a húslibák zsírjának zsírsavösszetételére**

	1. csoport (K)	2. csoport (Z)	3. csoport (L)	4. csoport (LZ)
C <sub>14:0</sub>	0,28±0,07 <sup>b</sup>	0,35±0,09 <sup>a</sup>	0,28±0,06 <sup>b</sup>	0,30±0,04 <sup>ab</sup>
C <sub>16:0</sub>	17,17±1,90 <sup>b</sup>	18,6±1,30 <sup>a</sup>	17,57±1,50 <sup>ab</sup>	16,88±1,40 <sup>b</sup>
C <sub>16:1</sub>	2,09±0,90	2,35±0,89	1,82±0,63	1,93±0,70
C <sub>18:0</sub>	9,01±6,91	8,17±5,51	8,25±6,09	7,80±5,03
C <sub>18:1 n-9</sub>	41,90±10,62	40,90±8,36	37,08±8,46	38,54±6,08
C <sub>18:1 n-7</sub>	0,92±0,20 <sup>b</sup>	1,03±0,27 <sup>ab</sup>	1,05±0,19 <sup>ab</sup>	1,12±0,18 <sup>a</sup>
C <sub>18:2 n-6</sub>	17,12±2,36 <sup>ab</sup>	15,73±3,31 <sup>b</sup>	18,24±1,95 <sup>a</sup>	17,55±2,62 <sup>ab</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	5,73±1,56 <sup>b</sup>	7,40±2,73 <sup>b</sup>	10,17±2,62 <sup>a</sup>	10,73±3,22 <sup>a</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	3,10±5,51	2,63±4,78	2,68±4,35	2,45±4,24
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,26±0,50	0,30±0,52	0,28±0,49	0,41±0,72
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,32±0,65	0,29±0,58	0,45±0,79	0,25±0,44
<b>SFA</b>	<b>26,80±5,93</b>	<b>27,50±5,30</b>	<b>26,37±5,91</b>	<b>25,31±5,45</b>
<b>MUFA</b>	<b>45,05±11,23</b>	<b>44,45±8,70</b>	<b>40,10±8,86</b>	<b>41,79±6,56</b>
<b>PUFA</b>	<b>27,32±5,02<sup>b</sup></b>	<b>27,12±4,88<sup>b</sup></b>	<b>32,70±3,02<sup>a</sup></b>	<b>32,25±1,83<sup>a</sup></b>
<b>n-6</b>	<b>20,73±4,47<sup>a</sup></b>	<b>18,87±4,39<sup>a</sup></b>	<b>21,41±3,61<sup>a</sup></b>	<b>20,52±2,58<sup>a</sup></b>
<b>n-3</b>	<b>6,58±1,13<sup>b</sup></b>	<b>8,25±1,85<sup>b</sup></b>	<b>11,29±1,31<sup>a</sup></b>	<b>11,72±1,78<sup>a</sup></b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>3,18±0,62<sup>a</sup></b>	<b>2,41±0,78<sup>b</sup></b>	<b>1,95±0,58<sup>b</sup></b>	<b>1,83±0,57<sup>b</sup></b>

a,b: A sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek P<0,05 szinten szignifikánsan különböznek

A 3 fő zsírsavcsoport közül a legkisebb hányadot a kísérlet végén a telített zsírsavak alkotják. A telített zsírsavak csoportjába tartozó palmitinsav esetében a takarmány egységesítése előtti állapothoz képest valamennyi csoportban csökkent ennek a zsírsavnak a részaránya. A sztearinsav esetében azt figyelhetjük meg, hogy mennyisége a korábban csak abrakot fogyasztó 1. és 3. csoportban növekedett, míg a másik két csoportban csökkent a részaránya a zsírban. A zöldtakarmány fogyasztás tehát a korábban csak abrakot fogyasztó csoportok esetében növelte a sztearinsav mennyiségét. Összességében a telített zsírsavak részarányának csökkenése kedvező változás a humán táplálkozás szempontjából.

Amennyiben eltekintünk a mintavételi helytől és csoportonként az 5 mintavételi hely (mell, comb, hasúri- és bőralatti zsír, máj) átlagos értékeit hasonlítjuk össze (12. táblázat), akkor azt állapíthatjuk meg, hogy a takarmányozás egységesítése után is a MUFA csoport zsírsavai képviselik a zsírsavak között a legnagyobb - 40% feletti - részarányt. A kezelések között a MUFA-tartalom tekintetében nem alakult ki szignifikáns különbség, habár a korábban is lenolajat fogyasztó 3. és 4. csoport esetében csökkent a MUFA-tartalom. A zöldtakarmány-eterés nem gyakorolt befolyást.

A lenolaj-kiegészítés hatására a kísérlet 1. szakaszával ellentétben a MUFA-csoport után nagyságrendben a többszörösen telítetlen zsírsavak következnek. Az 1. és a 2. csoportban a korábbi 20-25% közötti értékhez képest több mint 27% ezekben a csoportokban a PUFA arány, de még így is szignifikánsan alacsonyabb a 3. és 4. csoporthoz képest, amelyekben 32,70 illetve 32,25% a PUFA zsírsavak aránya. Míg a zöldtakarmány-eterése a kísérlet 1. szakaszában növelte a linolsav arányát, addig a takarmányozás egységesítését követően azt tapasztaltuk, hogy a korábban is zöldtakarmányt

fogyasztó 2. csoport állatainak zsírjában a legkisebb (15,73%) a linolsav tartalom. Ennek feltehetően az lehet az egyik oka, hogy a kísérletnek ebben az időszakában a libák többféle pázsitfűből álló vegyes fűvet kaptak zöldtakarmányként, amelynek a búzás bükkönynél kisebb a linolsav tartalma (15,85% szemben a 25,21%-kal).

Mivel az 1. szakaszban megállapítást nyert, hogy a zöldtakarmány-etetés növeli a zsírban az arachidonsav mennyiségét, a lenolaj-kiegészítés pedig nem befolyásolja azt, ezért valószínűsíthető, hogy a korábban csak abrakot fogyasztó 1. és 3. csoport állatainak májában is a hízalás utolsó 5 hetében elfogyasztott zöldtakarmány hatására nőtt meg az arachidonsav részaránya.

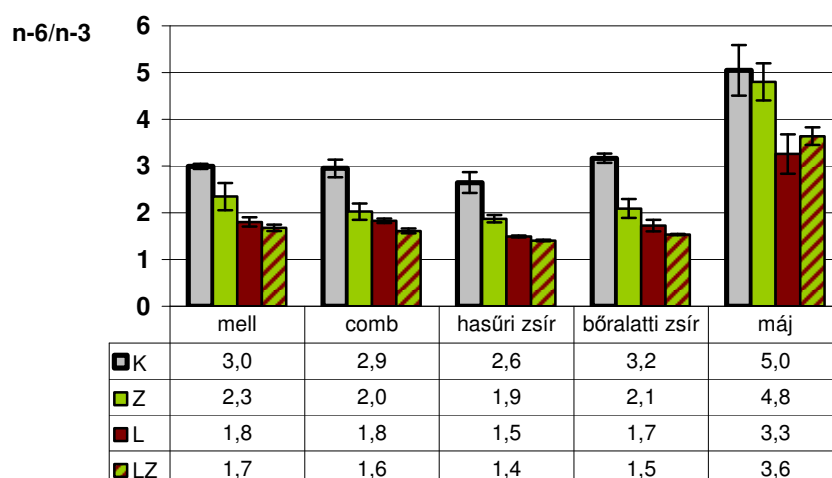
A legjelentősebb változás a várakozásoknak megfelelően, a kísérlet második szakaszában is az  $\alpha$ -linolénsav esetében történt (812. és F9. táblázat). A korábban lenolajat nem fogyasztó 1. és 2. csoport esetében az 1% körüli értéket 5,7 illetve 7,4%-ra növelte meg a hízalás utolsó időszakában etetett lenolaj. A másik két csoport hús és zsírmintáiban található 8-9% körüli érték is 10% fölé növekedett. Megállapítható tehát, hogy a hízalás utolsó időszakában etetett 4% lenolaj-kiegészítés is képes jelentős mértékben (ötszörösre) növelni a linolénsav mennyiségét a zsírban, amennyiben azonban már a hízalás 6. hetétől lenolajjal egészítjük ki a takarmányokat, akkor tízszeresére tudjuk növelni a libák húzában és zsírjában az  $\alpha$ -linolénsav arányát. Ettől eltérő eredményt kaptak *Lopez-Ferrer és mtsai* (2001b) brojlercsirkékkel végzett kísérletükben, amikor 2 és 4% lenolajat etettek a 24 illetve 52 napos hízalás során. Eredményeik szerint a hosszabb idejű lenolaj etetés nem eredményezte az n-3 zsírsavak további felhalmozódását, habár a csirkék már 24 naposan is át tudták alakítani a linolénsavat hosszú szénláncú metabolitokká a májban. A máj

esetében, ahogy az 1. szakaszban is tapasztaltuk, jóval szerényebb volt a linolénsav növekedése. Ennek egyik oka, hogy itt történik az  $\alpha$ -linolénsav metabolizmusa, azaz a májban az  $\alpha$ -linolénsav egy része már EPA és DHA formájában található meg, amit az F9. táblázatban található EPA és DHA eredmények is alátámasztanak. A mell kivételével, a többi mintavételi helyen az EPA és DHA minimális mennyiségben található meg, míg a májban 1,36 illetve 1,43%-ot ér el mennyiségük. *Pietras és mtsai* (2000) azt tapasztalták, hogy ha a brojlerek takarmányát lenolajjal egészítették ki, akkor a mell- és combizomban is nő az  $\alpha$ -linolénsav mellett az EPA és a DHA mennyisége is.

A zöldtakarmány fogyasztás és a lenolaj-kiegészítés  $\alpha$ -linolénsavra gyakorolt kumulatív hatása a kísérlet befejezésekor is megfigyelhető, hiszen a legnagyobb  $\alpha$ -linolénsav értéket ekkor is a 4. csoport érte el, amely a 6. héttől a 17. hétig fogyaszthatott a lenolajos abrak mellett zöldtakarmányt is.

A többszörösen telítetlen zsírsavak esetében bekövetkező változások következménye természetesen az n-6/n-3 zsírsavak arányának módosulása. A 3. és 4. ábra a hízlalás 11. hetében, valamint a takarmány egységesítése után, a kísérlet befejezésekor (17 hetes kor) jellemző n-6/n-3 zsírsav arányokat mutatják be testrészenként. A két diagram összehasonlítása egyértelműen bizonyítja, hogy a takarmányozás egységesítése után 5 hétig etetett 4% lenolaj-kiegészítéssel sikerült jelentősen csökkenteni az n-6/n-3 arányt az 1. és 2. csoportban is, ahol korábban ez az érték 13,70-20,46:1 között alakult az egyes testrészekben. Mivel a 2. csoport a hízlalás 1. szakaszában is fogyasztott zöldtakarmányt, ezért ebben a csoportban a 11. hetes korban levágott állatok esetében is a kontrollnál alacsonyabb arányt találtunk, mely különbség a lenolajkiegészítést követően is megmaradt.

*Chanmugam és mtsai* (1992) is alkalmasnak találták brojlereknél a lenolajat az n-6/n-3 arány szűkítésére.



A takarmány egységesítése előtt:

K = kontroll (1. csoport)

Z = 30 % abrak helyett zöldtakarmány (2. csoport)

L = lenolajos abrak (3. csoport)

LZ = 30 % lenolajos abrak helyett zöldtakarmány (4. csoport)

#### 4. ábra: Az n-6/n-3 zsírsavak arányának alakulása a takarmány egységesítése után a hízalás befejezésekor (a 17. héten)

A testrészek közül a legszűkebb n-6/n-3 arány a hasúri- és a bőralatti zsír esetében figyelhető meg, utána következnek az izomszövetek (mell és comb), és végül a máj (4. ábra). Gazdasági állatokban a zsírbeépülés folyamata a hasúri- és a bőralatti zsír beépülésével kezdődik, majd ezután következik az izomszövetekbe és izomrostokba történő beépülés, amit az életkor mellett a takarmányozás is befolyásol (*Schmidt, 2003*). Feltételezhetjük, hogy a takarmánnyal felvett zsírsavakat a libák elsődlegesen a zsírszövetekbe építették be, és ilyen módon ott halmozódott

fel a legtöbb n-3 zsírsav. Az izomszövetek esetében is 2:1 alatti értéket találtunk, ami igen kedvező a humán zsírsavfogyasztás szempontjából. A májban kialakult tágabb arány oka az lehet, hogy itt zajlik az egyes zsírsavak metabolizmusa, ezért már a zsírsavösszetétel esetében is megfigyelhettük, hogy a máj emiatt a többi mintavételi helytől eltérően viselkedik. Ennek ellenére a máj zsírjában is jelentős szűkülés tapasztalható a 11. hetes értékekhez képest.

Az is megállapítható, hogy a korábban is lenolajat fogyasztó 3. és 4. csoport esetében még tovább szűkült az n-6 és n-3 zsírsav csoport aránya. Amíg ugyanis a 11. hetes eredmények esetében a lenolajos abrakot fogyasztó 4. csoportban találjuk a legszűkebb arányokat, addig 17 hetes korban ez a 3. csoportra vonatkozóan állapítható meg. Ez a zöldszakarmány- etetés és lenolaj-kiegészítés kumulatív hatásával magyarázható. A 11. hetes értékek esetében feltételezésem szerint azért nem alakult ki ez a hatás, mert a 30%-os abrakkorlátozást nem tudta a zöldszakarmány-fogyasztás ilyen szempontból kompenzálni.

Az ismertetett eredmények alapján elmondható, hogy a zöldszakarmány- etetés, valamint az abrakarmány lenolajjal történő kiegészítése kísérletünkben előnyös hatású volt a liba vágott test zsírjának humán táplálkozási értékére. Mind a zöldszakarmány- etetés, mind pedig a lenolajjal végzett kiegészítés szignifikánsan csökkentette a hosszú szénláncú telített zsírsavak (LSFA) csoportjába tartozó zsírsavak - köztük elsősorban a palmitinsav mennyiségét -, mely csoport zsírsavai a telített zsírsavak közül a legtöbb kockázatot jelentik a kardiovaszkuláris betegségek kialakulása tekintetében.

Ugyancsak mind a zöldtakarmány-etetés, mind a lenolaj-kiegészítés szignifikánsan növelte a vágott libatest zsírjában a PUFA zsírsavak, azon belül is az n-3 csoportba tartozó  $\alpha$ -linolénsav részarányát, mely változás szintén megfelel a humán táplálkozási ajánlások szellemének, ugyanis az n-3 PUFA zsírsavak optimális aránya az összes zsírsavak 2-3%-a között van (WHO, 2003).

A kísérleti eredmények alapján összefoglalóan megállapítható, hogy más monogasztrikus állatfajokhoz (sertés, brojlercsirke, nyúl) hasonlóan a libák esetében is lehetőség van arra, hogy a testzsír zsírsavösszetételét takarmányozás útján módosítsuk. A takarmányozás eme hatásának élettani alapját a libák esetében is az a tény képezi, hogy energiaegyensúlyban levő állatok esetében a májat elkerülő kilomikronokban, valamint a VLDL-ben található trigliceridek elsősorban a zsírszövetbe kerülnek. Az eredmények azt is igazolják, hogy egyes zsírsavak szignifikánsan eltérő részarányban fordulnak elő a különböző mintavételi helyek zsírjában. A máj zsírjának összetétele több zsírsav esetében is lényegesen eltér a vágott test különböző helyéről származó minták zsírjának összetételétől. Ez a májnak a baromfifajok zsírforgalmában betöltött centrális szerepével áll összefüggésben. Eredményeink azt támasztják alá, hogy zöldtakarmány-etetésével csak kisebb mértékben, az abraktakarmány lenolajjal történő kiegészítése útján azonban jelentősen módosítható, a humán igényekhez közelíthető a libák vágott árujának zsírsavösszetétele. Ez a kedvező hatás - bár kisebb mértékbe - akkor is érvényesül, ha az állatok takarmányát nem a teljes hizlalás során, hanem csupán csak néhány héttel a hizlalás befejezése előtt egészítjük ki lenolajjal. Ilyenkor az  $\alpha$ -linolénsav mennyiségének növekedése és az n-6/n-3 zsírsav arány szűkülése kisebb mértékű.



A májlibákkal elvégzett kísérletben a tömést megelőzően és a tömést követően is végeztünk zsírsavösszetétel vizsgálatokat.

A tömést megelőző minták zsírsavösszetételében megállapítható tendenciák azonosak voltak a húslibák zsírsavösszetételében megfigyelt változásokkal (13. és F9. táblázat), hiszen a takarmányozás jellemzői a két kísérletben azonosak voltak.

A zöldtakarmány-eterés a májlibákkal végzett kísérletben is csökkentette a zsír olajsav-tartalmát a csak abraktakarmányt fogyasztó ludakhoz képest. A lenolaj-kiegészítés a máj kivételével ugyancsak csökkentette a zsír olajsav-tartalmát. A zöldtakarmány-eterés és a lenolaj-kiegészítés kombinálásakor az olajsav csökkentő hatás ezúttal is kumulálódott.

A zöldtakarmány-eterés, valamint a lenolaj-kiegészítés a májlibák esetében is növelte valamennyi mintavételi helyen a zsír linolsav- és  $\alpha$ -linolénsav-tartalmát. A hatékonyabb ebben a kísérletben is a lenolaj volt. A zsír arachidonsav-tartalmát a mell és a comb esetében a lenolaj, a máj zsírában viszont a zöldtakarmány növelte nagyobb mértékben. EPA-t és DHA-t ebben a kísérletben is a máj zsírában találtunk nagyobb mennyiségben. A zöldtakarmány-eterés a DHA mennyiségét szignifikánsan növelte a májban.

**13. táblázat: Eltérő takarmányt fogyasztó májlibák mellzsírjának és májának zsírsavösszetétele a tömés előtt**

	1.csoport	2.csoport	3.csoport	4.csoport	5.csoport	6.csoport
<b>MELL</b>						
C <sub>14:0</sub>	0,36±0,05	0,42±0,04	0,43±0,05	0,35±0,04	0,35±0,04	0,34±0,05
C <sub>16:0</sub>	20,02±1,14	21,31±0,66	21,00±1,36	17,86±1,14	18,70±0,38	17,25±0,84*
C <sub>18:0</sub>	6,27±0,59	7,41±0,90	8,32±0,33	6,51±0,42**	7,63±0,58*	6,11±0,91
<b>SFA</b>	<b>26,91±0,62</b>	<b>29,49±1,26</b>	<b>30,26±1,19*</b>	<b>25,06±0,76*</b>	<b>27,11±0,86</b>	<b>23,96±1,80*</b>
C <sub>16:1 n-7</sub>	3,07±0,43	3,45±0,37	3,28±0,40	2,73±0,22	2,59±0,11	2,62±0,29
C <sub>18:1 n-9</sub>	49,35±0,48	42,25±2,22*	37,30±1,52**	37,48±0,90***	34,51±2,59*	37,91±1,84**
<b>MUFA</b>	<b>53,65±0,31</b>	<b>47,26±2,42*</b>	<b>42,35±1,85**</b>	<b>41,62±1,03**</b>	<b>38,50±2,62**</b>	<b>41,98±2,21*</b>
C <sub>18:2 n-6</sub>	14,65±1,33	15,89±0,31	14,58±1,33	17,19±0,10	17,04±0,25	17,65±1,64
C <sub>18:3 n-3</sub>	1,29±0,45	2,22±0,22	4,24±2,11	12,00±1,96	11,77±0,85	12,23±1,83
C <sub>20:4 n-6</sub>	1,47±0,22	2,16±1,05	3,31±0,41**	1,50±0,71	2,10±0,99	1,63±0,27
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,02±0,01	0,05±0,03	0,20±0,03*	0,17±0,09**	0,29±0,12***	0,21±0,03***
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,10±0,01	0,21±0,09	0,44±0,10*	0,21±0,09	0,26±0,07	0,37±0,08*
<b>PUFA</b>	<b>18,27±0,70</b>	<b>21,62±1,38*</b>	<b>24,50±3,04</b>	<b>31,98±1,25***</b>	<b>32,70±1,21***</b>	<b>33,14±3,00*</b>
<b>MÁJ</b>						
C <sub>14:0</sub>	0,23±0,08	0,19±0,03	0,17±0,05	0,15±0,02	0,14±0,05	0,36±0,13
C <sub>16:0</sub>	16,70±1,55	18,04±0,72	18,15±0,24	15,38±1,31	15,91±0,83	17,61±1,04
C <sub>18:0</sub>	18,08±1,06	19,30±1,01	19,10±1,96	20,43±2,09	20,68±1,19*	13,71±1,12**
<b>SFA</b>	<b>35,40±1,77</b>	<b>37,93±0,30</b>	<b>37,95±1,87</b>	<b>36,45±2,40</b>	<b>37,20±1,77</b>	<b>31,98±2,17</b>
C <sub>16:1 n-7</sub>	1,11±0,21	1,17±0,17	1,11±0,47	0,87±0,20	0,80±0,21	1,23±0,21
C <sub>18:1 n-9</sub>	29,30±3,86	23,57±2,13	21,69±3,28	20,96±2,06*	21,63±3,65	33,72±1,94
<b>MUFA</b>	<b>32,01±3,69</b>	<b>26,56±2,13</b>	<b>24,68±4,04</b>	<b>23,49±2,22*</b>	<b>24,07±3,96</b>	<b>36,49±1,63</b>
C <sub>18:2 n-6</sub>	9,93±3,45	9,72±1,55	9,93±0,89	12,05±1,44	11,34±1,05	11,61±1,93
C <sub>18:3 n-3</sub>	1,58±1,80	0,82±0,28	1,23±0,05**	4,52±0,77**	4,52±0,49**	6,05±2,37*
C <sub>20:4 n-6</sub>	15,01±2,54	17,97±2,46	15,87±1,45	14,35±1,26	12,82±0,77	7,57±0,20*
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,08±0,00	0,32±0,21	1,24±0,25**	2,34±0,47**	2,87±0,52**	1,72±0,06***
C <sub>22:6 n-3</sub>	1,70±0,96	2,27±0,85	3,37±0,82	3,03±0,32	2,57±0,48	1,51±0,12
<b>PUFA</b>	<b>30,65±5,70</b>	<b>33,35±1,26</b>	<b>34,50±2,64</b>	<b>38,51±0,45</b>	<b>37,13±2,15</b>	<b>30,50±4,03</b>

\* P<0,05\*\* P<0,01\*\*\* P<0,001 szignifikánsan különbözik a kontroll csoporttól azonos soron belül

1. csoport: liba hízlalótáp
2. csoport: a liba hízlalótáp 30 %-a helyett ad libitum zöldtakarmány
3. csoport: a liba hízlalótáp 50 %-a helyett ad libitum zöldtakarmány
4. csoport: 4 % lenolajjal kiegészített liba hízlalótáp 30%-a helyett ad libitum zöldtakarmány
5. csoport: 4 % lenolajjal kiegészített liba hízlalótáp 50%-a helyett ad libitum zöldtakarmány
6. csoport: 4 % lenolajjal kiegészített liba hízlalótáp

A tömés több zsírsav esetében alapvető változásokat eredményezett a különböző mintavételi helyek - elsősorban a máj - zsírjának zsírsavösszetételében (F9. táblázat). A palmitinsav mennyisége - azoknak a csoportoknak a kivételével, amelyek a felnevelési időszakban zöldtakarmányt is fogyasztottak - növekedett valamennyi mintavételi hely zsírjában. A korábban zöldtakarmányt is fogyasztóknál a tömés során ezzel szemben inkább csökkent a zsír palmitinsav-tartalma. Ugyanez a tendencia figyelhető meg a sztearinsav esetében is.

Az olajsav mennyisége valamennyi mintavételi hely zsírjában szignifikánsan nő a tömés során. A legnagyobb a máj esetében volt a növekedés, ahol a hat csoport átlagában 23,9 abszolút %-kal nőtt az olajsav-tartalom a tömés előtti állapothoz képest. Ezzel ellentétben a tömés valamennyi mintavételi hely zsírjában egyértelműen csökkentette a linolsav mennyiségét. Különösen nagy volt a csökkenés a májban. Az is megállapítható, hogy a linolsav azokban a csoportokban csökkent nagyobb mértékben, amelyek a felnevelési szakaszban lenolajat is fogyasztottak.

A tömés azoknak a csoportoknak a mell- és combzsírjában növelte az  $\alpha$ -linolénsav mennyiségét, amelyek a felnevelés időszakában zöldtakarmányt is fogyasztottak. Ezzel ellentétben a lenolaj-kiegészítésben részesülő csoportok esetében a tömés csökkentette mind a mell, mind pedig a comb zsírjában az  $\alpha$ -linolénsav mennyiségét. A máj zsírjának  $\alpha$ -linolénsav tartalma valamennyi csoport esetében - de főleg a lenolajat fogyasztó ludaknál - nagymértékben csökkent.

A zsír arachidonsav-tartalmát a tömés tendenciózusan csökkentette. Különösen nagy volt a csökkenés a máj esetében. Ez a tömésnek a linolsav tartalmat mérséklő hatásával áll összefüggésben.

A mell és a comb EPA- és DHA-tartalmára a tömés nem gyakorolt egyértelmű hatást, a máj zsírájában azonban mindkét zsírsav mennyiségét konzekvensen csökkentette a tömés.

Összefoglalásként megállapítható, hogy a tömés a máj zsírsavösszetételét sajátos módon befolyásolja, nevezetesen a tömés során a takarmány zsírsavösszetételének hatása lényegesen kisebb, mint a felnevelési időszakban. Ez elsősorban azzal áll összefüggésben, hogy a tömés során a májban megnő a „de novo” szintézissel előállított zsírsavak mennyisége. A tömés kapcsán előálló zsírsavarány változások nem mindegyike kedvező a humán táplálkozás szempontjából (pl. egyes csoportokban a telített zsírsavak arányának növekedése, a linolénsav tartalom jelentős mérséklődése).

A libákkal elvégzett és az eddigiekben részletesen tárgyalt kísérletekben elsősorban arra kerestük a választ, hogy a zöldtetetés, valamint a lenolaj-kiegészítés milyen befolyást gyakorol a vágott áru zsírsavösszetételére. Ezekben a kísérletekben kapott eredmények alapján választottuk meg a következő kísérletekben alkalmazni kívánt lenolaj-kiegészítés mértékét, amely kísérletekben azonban már a lenolaj-kiegészítésnek, valamint a zöldtakarmány-etesésnek a termékek oxidációs stabilitására gyakorolt hatását, továbbá az oxidációs stabilitás javításának lehetőségeit kívántuk megállapítani. Bár a vágott áru zsírsav-összetételét ez utóbbi kísérletekben is vizsgáltuk, ezek eredményeit - minthogy ezek tendenciája jól egyezett az előző kísérletekével - csak röviden mutatom be (F13-15. táblázatok)

A második kísérletsorozatban, 2006-ban, párhuzamosan folyt a hús-, és májlibák hizlalása, és a kezelések is mindkét kísérletben azonosak voltak.

Az első éves kísérletek eredményeinek értékelése alapján 2% lenolaj-kiegészítés és 20%-os abrakkorlátozás mellett döntöttünk. A 3-7. csoportok takarmánya csak az E-vitamin-kiegészítésben különbözött.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy az előző kísérletekhez hasonlóan a 2% lenolaj-kiegészítés és a kukoricacsalamádé etetés együttes hatására a telített és egyszeresen telítetlen zsírsavak csökkenésével párhuzamosan nőtt a PUFA zsírsavak részaránya (F13-14. táblázat). Önmagában a zöldtakarmány-etetéssel is hasonló hatást sikerült elérni a 2. csoportban, csak jóval csekélyebb mértékben. Célkitűzésünknek megfelelően a legjelentősebb növekedés az  $\alpha$ -linolénsav tekintetében következett be: húslibák esetén a relatív növekedés a zöldetetés hatására 1,14-szeres volt, míg a lenolaj-kiegészítéssel 4,76-szoros növekedést sikerült elérni. Ugyanez májlibák esetén 1,07, illetve 4,75-szörös változást eredményezett. Az  $\alpha$ -linolénsavból képződő EPA és DHA mennyisége is növekedett a lenolaj-kiegészítés hatására, de jóval kisebb mértékben és elsősorban a májban volt megfigyelhető, ahogyan korábban is tapasztaltuk.

Tekintettel arra, hogy a lenolaj közepes mennyiségű linolsavat is tartalmaz, a kiegészítés kis mértékben növelte a linolsav részarányát. Ezzel szemben a 2. csoportban a zöldetetés hatására kismértékű csökkenés figyelhető meg.

Az n-6 és n-3 zsírsavak változásának következtében a zöldetetés csak kisebb, míg a 2% lenolaj adagolása ebben a kísérletben is jelentős mértékben szűkítette e két zsírsav arányát, ahogy az alábbi eredmények szemléltetik:

<b>n-6/n-3 arány</b>	<b>húsliba</b>	<b>májliba</b>
1. csoport (kontroll)	14,85	18,17
2. csoport (abrak+zöldtakarmány)	13,80	11,86
3-7. csoport (lenolajos abrak+zöldtakarmány)	3,69	3,59

A PUFA zsírsavak mennyiségének növekedése elsősorban az olajsav rovására történt. A húslibák esetében a zöldtetés és a lenolaj-kiegészítés egyaránt csökkentette az olajsav mennyiségét, míg a májlibáknál ilyen hatás csak lenolajjal végzett kiegészítés hatására figyelhető meg.

A telített zsírsavak közül a különböző kezelések a kontroll csoporthoz képest a palmitinsav mennyiségét csökkentették, míg a sztearinsav arányát nem befolyásolták.

A kísérletben kapott eredmények megerősítik, hogy már 2% lenolaj-kiegészítéssel is jelentősen javítható a libák vágott árujának zsírsavösszetétele. Ezt a hatást sem a hibrid típusa (húshibrid vagy májhibrid), sem a vizsgált különböző forrású és dózisú E-vitamin-kiegészítések nem befolyásolták.

A májlibák esetén a kísérlet a hizlalás befejezése után az 1., 3., 5. és 7. csoport esetében az állatok egy részénél tömással folytatódott. A tömőtápokban valamennyi csoport ugyanazt a lenolaj- és E-vitamin-kiegészítést kapta, amelyet takarmányuk a hizlalás során is tartalmazott.

A tömés több tekintetben is megváltoztatja a libatest zsírsavösszetételét a tömés előtti állapothoz képest (F14.-F15. táblázat). Az egyik lényeges eltérés, hogy csökken az egyes testrészek zsírjának  $\alpha$ -linolénsav tartalma. A csökkenés mértéke a lenolajos tömőcsoportokban átlagosan 27,5%. A csökkenés azonban relatív, hiszen a tömés során más zsírsavak – elsősorban olajsav – épülnek be a májba és más testrészek zsírjába, csökkentve ezzel az

abszolút értelemben változatlan mennyiségű linolénsav részarányát a zsírban (F15. táblázat). Ha a T1-es kontroll csoport 0,71%-os eredményéhez viszonyítjuk a másik 3 tömöcsoport által átlagosan elért 4,48%-ot, akkor 6,3-szoros különbséget állapíthatunk meg. Az  $\alpha$ -linolénsav két metabolitjának mennyisége is jelentősen csökkent.

Az n-6 zsírsavak közül a linolsav is jelentős mértékben csökkent, amely azonban hozzájárult ahhoz, hogy az n-6/n-3 arány a tömés előtti 3,72:1-ről 2,32:1-re szűküljön a tömést követően a T2-T4 (korábban 3., 5., és 7. csoport) csoportok átlagában.

A tömés a telített zsírsavak mennyiségét nem befolyásolta érdemben, míg az olajsav részaránya 50% fölé növekedett.

Ennek a tömésnek az eredményei is megerősítik, hogy bár a tömés során változik a zsírsavösszetétel, de ha a hízlalást követően a tömés során is kapnak az állatok lenolaj-kiegészítést a hízlalás során elért kedvező változások a tömés után is megmaradnak a libák testzsírjában,.

### 3.3.2.2. Brojlercsirkékkel végzett kísérlet

Az oxidációs stabilitás vizsgálatára irányuló kísérletekbe, 2006-ban, brojlercsirkéket is bevontunk. Az indítótáphoz adagolt 4%-os lenolaj-kiegészítést a nevelő-és befejező szakaszban 2%-ra mérsékeltek. Az ennek hatására kialakult zsírsavösszetételbeli változásokat szemlélteti az F16-os táblázat. Kísérleti eredményeink tendenciájukban jó egyezőséget mutatnak számos brojlercsirkékkel végzett kísérlet (*Olomu és Baracos, 1991; Zollitsch és mtsai, 1996; Husvéth és mtsai, 1999; Manilla, 1999; Lopez-Ferrer és mtsai, 2001; Bartos és mtsai, 2004; Schmidt és mtsai, 2007; Schmidt és mtsai, 2008*) fontosabb eredményeivel. A brojlercsirkékkel

elvégzett kísérlet eredményei némely zsírsav tekintetében eltérnek a ludaknál kapott eredményektől. Így pl. a brojlerkísérletben számottevőbb volt az  $\alpha$ -linolénsav növekedése, hiszen a kontroll csoportban található 0,67%  $\alpha$ -linolénsavhoz képest átlagosan 10,2%-ra nőtt a mennyisége a lenolaj adagolásával, ami kb. 15-szörös növekedést jelent. Eredményeink összhangban vannak *Hammal és mtsai* (2001) kísérletével, amelyben lenolaj, illetve lenmagpogácsa etetésével növelték különböző állati termékek - köztük a brojlerhús - n-3 zsírsavtartalmát. Emellett humán vizsgálatok elvégzésével bizonyították is, hogy ezeknek a termékeknek a fogyasztása csökkenti a szívinfarktus kialakulásának veszélyét.

Az  $\alpha$ -linolénsav növekedésével párhuzamosan még a linolsavtartalom is csökkent, aminek eredményeként az n-6/n-3 arány átlagosan 2,42:1-re szűkült. A brojlerhús a magyar lakosság által kedvelt és rendszeresen fogyasztott húsféleség, amely az ár szempontjából is a népesség széles rétege számára hozzáférhető.

A MUFA zsírsavak nagy részét a csirkehúsban is az olajsav alkotja. Az eredmények azt sugallják, hogy az E-vitamin adagolása kis mértékben csökkenti az olajsav mennyiségét, de a kialakult különbséget nem találtuk szignifikánsnak.

A telített zsírsavak mennyiségét kísérletünkben sem az olajkiegészítések, sem az E-vitamin adagolása nem befolyásolta.

### 3.3.2.3. Nyulakkal végzett kísérletek

Más monogasztrikus állatokhoz hasonlóan a linolsav és a linolénsav a nyulak számára is esszenciális zsírsavak, és az exogén lipidforrások összetételétől függően képződnek belőlük a szervezetben további hosszú



szénláncú metabolitok. Ennek köszönhetően a nyulak is képesek a takarmánnyal felvett zsírsavakat közvetlenül a zsírszövetbe és az izomszövetbe beépíteni, aminek következtében lehetővé válik a nyulak szöveteinek zsírsavösszetételét takarmányozás útján módosítani (*Dalle Zotte, 2002*). A nyulak szöveteinek lipidtartalma azonban nem tükrözi pontosan a takarmány zsírjának zsírsavösszetételét, az eltávolítható zsírszövetek (vállövi- és vese körüli zsír) zsírsavösszetétele ugyanis nagyobb hasonlóságot mutat a takarmányok zsírsavösszetételével, mint az izomszöveteké (*Cobos és mtsai, 1993; Bernardini és mtsai, 1999*). Ennek az az oka, hogy a takarmánnyal bevitt zsírsavak módosítják a lipogén enzimaktivitást, ami az eltávolítható zsírdepókban kifejezettebb, mint az izomrostok közötti zsírban (*Gondret és mtsai, 1998*).

Kísérleteinkben a különböző olajkiegészítések a libákhoz hasonlóan a nyúlhús zsírsavösszetételében is jelentős változást idéztek elő. A napraforgó- és lenolaj-kiegészítés a nyulak zsírsavösszetételére gyakorolt hatását mintavételi helyenként a 14. és az F11-12. táblázatok mutatják be. Az egyes kezeléseket összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy a telített zsírsavak (SFA) mennyisége mind a napraforgóolaj, mind a lenolaj-kiegészítés hatására szignifikánsan csökkent az alacsonyabb energiatartalmú takarmányt fogyasztó negatív kontroll csoporthoz képest. *Cobos és mtsai (1993)* is úgy találták, hogy szója-, vagy napraforgóolaj etetésekor nő a telítetlen zsírsavak aránya a zsírkiegészítést nem tartalmazó takarmányozással szemben.

**14. táblázat: A napraforgó- és lenolaj-kiegészítés hatása a nyúlcomb zsírájának zsírsavösszetételére**

(adatok az összes zsírsav %-ában)

	<b>1.csoport</b>	<b>2. csoport</b>	<b>3. csoport</b>	<b>4. csoport</b>	<b>5.csoport</b>
	Negatív kontroll	Pozitív kontroll (4% napraf.olaj)	1%lenolaj+ 3%napraf.olaj	2%lenolaj+ 2%napraf.olaj	4% lenolaj
C <sub>10:0</sub>	0,37±0,11 <sup>a</sup>	0,24±0,11 <sup>b</sup>	0,25±0,10 <sup>ab</sup>	0,29±0,09 <sup>ab</sup>	0,26±0,08 <sup>ab</sup>
C <sub>12:0</sub>	0,40±0,10 <sup>a</sup>	0,32±0,15 <sup>a</sup>	0,29±0,10 <sup>a</sup>	0,27±0,05 <sup>a</sup>	0,29±0,09 <sup>a</sup>
C <sub>14:0</sub>	3,31±0,23 <sup>a</sup>	2,08±0,25 <sup>b</sup>	1,75±0,15 <sup>b</sup>	1,83±0,37 <sup>b</sup>	1,83±0,24 <sup>b</sup>
C <sub>15:0</sub>	0,68±0,08 <sup>a</sup>	0,49±0,06 <sup>b</sup>	0,49±0,04 <sup>b</sup>	0,49±0,05 <sup>b</sup>	0,48±0,04 <sup>b</sup>
C <sub>16:0</sub>	29,96±1,28 <sup>a</sup>	21,96±1,60 <sup>b</sup>	19,22±0,99 <sup>c</sup>	19,25±1,56 <sup>c</sup>	18,35±1,44 <sup>c</sup>
C <sub>17:0</sub>	0,77±0,08 <sup>a</sup>	0,58±0,07 <sup>b</sup>	0,58±0,05 <sup>b</sup>	0,55±0,05 <sup>b</sup>	0,55±0,05 <sup>b</sup>
C <sub>18:0</sub>	5,88±0,36 <sup>a</sup>	5,99±0,57 <sup>a</sup>	5,79±0,48 <sup>a</sup>	5,73±0,53 <sup>a</sup>	5,55±0,37 <sup>a</sup>
C <sub>20:0</sub>	0,12±0,01 <sup>c</sup>	0,17±0,02 <sup>a</sup>	0,15±0,01 <sup>b</sup>	0,14±0,01 <sup>b</sup>	0,12±0,01 <sup>c</sup>
<b>SFA</b>	<b>41,49±1,48<sup>a</sup></b>	<b>31,83±1,49<sup>b</sup></b>	<b>28,52±1,15<sup>c</sup></b>	<b>28,55±1,80<sup>c</sup></b>	<b>27,43±1,85<sup>c</sup></b>
C <sub>14:1 n-5</sub>	0,26±0,09 <sup>a</sup>	0,13±0,10 <sup>a</sup>	0,10±0,06 <sup>a</sup>	0,09±0,06 <sup>a</sup>	0,07±0,03 <sup>a</sup>
C <sub>16:1 n-7</sub>	4,13±0,73 <sup>a</sup>	2,37±1,15 <sup>b</sup>	1,93±0,72 <sup>b</sup>	1,76±0,62 <sup>b</sup>	1,71±0,40 <sup>b</sup>
C <sub>17:1</sub>	0,35±0,04 <sup>a</sup>	0,19±0,04 <sup>b</sup>	0,17±0,03 <sup>b</sup>	0,16±0,02 <sup>b</sup>	0,18±0,02 <sup>b</sup>
C <sub>18:1 n-9</sub>	24,92±0,92 <sup>a</sup>	23,85±1,07 <sup>a</sup>	21,66±0,80 <sup>b</sup>	21,32±0,78 <sup>b</sup>	19,55±0,69 <sup>c</sup>
C <sub>18:1 n-7</sub>	0,84±0,16 <sup>a</sup>	0,64±0,05 <sup>b</sup>	0,65±0,10 <sup>b</sup>	0,58±0,07 <sup>b</sup>	0,58±0,06 <sup>b</sup>
C <sub>22:1</sub>	0,08±0,02 <sup>c</sup>	0,06±0,01 <sup>d</sup>	0,14±0,03 <sup>b</sup>	0,14±0,03 <sup>b</sup>	0,24±0,06 <sup>a</sup>
<b>MUFA</b>	<b>30,58±1,50<sup>a</sup></b>	<b>27,21±2,29<sup>b</sup></b>	<b>24,63±1,59<sup>c</sup></b>	<b>24,05±1,24<sup>cd</sup></b>	<b>22,43±1,25<sup>d</sup></b>
C <sub>18:2 n-6 tr.</sub>	0,11±0,02 <sup>a</sup>	0,11±0,02 <sup>a</sup>	0,10±0,01 <sup>a</sup>	0,10±0,02 <sup>ab</sup>	0,08±0,01 <sup>b</sup>
C <sub>18:2 n-6</sub>	20,21±1,14 <sup>d</sup>	34,64±3,20 <sup>a</sup>	31,02±1,20 <sup>ab</sup>	30,13±1,94 <sup>b</sup>	23,07±1,51 <sup>c</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	4,77±0,65 <sup>c</sup>	3,69±0,32 <sup>d</sup>	13,25±1,19 <sup>b</sup>	14,91±1,20 <sup>b</sup>	24,60±2,77 <sup>a</sup>
C <sub>20:2 n-6</sub>	0,16±0,03 <sup>bc</sup>	0,23±0,03 <sup>a</sup>	0,18±0,02 <sup>b</sup>	0,17±0,02 <sup>b</sup>	0,14±0,02 <sup>c</sup>
C <sub>20:3 n-6</sub>	0,10±0,02 <sup>a</sup>	0,10±0,02 <sup>a</sup>	0,08±0,02 <sup>ab</sup>	0,07±0,01 <sup>ab</sup>	0,07±0,02 <sup>b</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	0,45±0,10 <sup>ab</sup>	0,56±0,13 <sup>a</sup>	0,48±0,19 <sup>ab</sup>	0,38±0,09 <sup>b</sup>	0,35±0,12 <sup>b</sup>
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,06±0,01 <sup>b</sup>	0,01±0,01 <sup>c</sup>	0,06±0,03 <sup>b</sup>	0,05±0,02 <sup>b</sup>	0,12±0,02 <sup>a</sup>
C <sub>22:4 n-6</sub>	0,15±0,03 <sup>b</sup>	0,20±0,04 <sup>a</sup>	0,12±0,04 <sup>bc</sup>	0,10±0,02 <sup>cd</sup>	0,07±0,02 <sup>d</sup>
C <sub>22:5 n-3</sub>	0,21±0,04 <sup>c</sup>	0,14±0,03 <sup>d</sup>	0,33±0,07 <sup>ab</sup>	0,30±0,04 <sup>b</sup>	0,42±0,08 <sup>a</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,07±0,01 <sup>a</sup>	0,05±0,01 <sup>a</sup>	0,04±0,01 <sup>a</sup>	0,05±0,01 <sup>a</sup>	0,07±0,01 <sup>a</sup>
<b>PUFA</b>	<b>26,29±1,56<sup>d</sup></b>	<b>39,73±3,46<sup>c</sup></b>	<b>45,66±1,95<sup>b</sup></b>	<b>46,26±2,68<sup>ab</sup></b>	<b>48,99±2,48<sup>a</sup></b>
<b>n-6</b>	<b>21,20±1,13<sup>d</sup></b>	<b>35,86±3,26<sup>a</sup></b>	<b>31,98±1,26<sup>b</sup></b>	<b>30,95±2,05<sup>b</sup></b>	<b>23,79±1,65<sup>c</sup></b>
<b>n-3</b>	<b>5,09±0,64<sup>c</sup></b>	<b>3,89±0,34<sup>d</sup></b>	<b>13,67±1,14<sup>b</sup></b>	<b>15,31±1,22<sup>b</sup></b>	<b>25,20±2,71<sup>a</sup></b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>4,21±0,49<sup>b</sup></b>	<b>9,25±0,79<sup>a</sup></b>	<b>2,35±0,21<sup>c</sup></b>	<b>2,03±0,19<sup>d</sup></b>	<b>0,96±0,16<sup>e</sup></b>

*a, b, c, d, e: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (min. P<0,05)*

Az SFA csoportba tartozó mirisztinsav (C<sub>14:0</sub>) és palmitinsav (C<sub>16:0</sub>) a 2-5. csoportokban szignifikánsan kisebb mennyiségben található. Ugyanez a nyúlcomb, a gerinchús és a máj zsírsavösszetételében is

megfigyelhető. *Szabó és mtsai* (2002) kísérletükben 10% állati eredetű zsír és 24,5% full-fat szója etetésekor megállapították, hogy a takarmány zsírsavösszetétele befolyásolja a különböző szövetek zsírsav profilját, de a különböző típusú izmok között eltérések állnak fenn. Ezt mi nem tapasztaltuk kísérletünkben, hiszen a combhús és a gerinchús esetében is azonos változásokat eredményeztek az olajkiegészítések. A palmitinsav esetében a lenolaj-kiegészítés mindkét hús zsírjában nagyobb mértékű csökkenést eredményezett mint a napraforgóolaj, aminek részben az lehet az oka, hogy a lenolaj kevesebb palmitinsavat tartalmaz, mint a napraforgóolaj. A sztearinsav mennyisége sem a csoportátlagok, sem a comb- és gerinchús esetében nem változott az olajkiegészítések hatására. Ezzel szemben *Oliver és mtsai* (1997) kísérletében a növényi eredetű zsírkiegészítés csökkentette, míg az állati eredetű növelte a sztearinsav mennyiségét a kontroll csoporthoz képest a vese körüli zsírban. A máj zsírsavösszetételének vizsgálatánál úgy találtuk, hogy a lenolaj-kiegészítések növelték a sztearinsav mennyiségét, a dózis növelésével azonban csak tendenciózus növekedés figyelhető meg, ami statisztikailag nem volt igazolható. A lenolajnak a telített zsírsavakat csökkentő hatása tehát nyulakkal etetve is igazolódott.

A zsírsavak közül a nyulak egyes vizsgált szöveteinek lipidjeiben az egyszerűen telítetlen zsírsavak (MUFA) alkotják a legkisebb csoportot. A telített zsírsavakhoz hasonlóan, a különböző olajkiegészítések ezen zsírsavak részarányát is csökkentették, amely hatás a gerinchús 4% -os napraforgóolaj-kiegészítésének kivételével valamennyi csoportban szignifikáns mértékű volt. A MUFA részaránya 4%-os lenolaj-kiegészítés hatására az 1. csoportban 30,55%-ról 22,66%-ra csökkent (F11. táblázat). A

libákhoz hasonlóan a nyulak esetében is az olajsav ( $C_{18:1}$ ) képviseli a legnagyobb hányadot, következésképpen ennek mennyisége csökkent a legnagyobb mértékben. A comb- és gerinchús esetében a 4% napraforgóolaj (2. csoport) nem csökkentette az olajsav mennyiségét a negatív kontrollhoz képest, ezzel szemben a lenolaj-kiegészítés valamennyi dózisa (1, 2 és 4%) szignifikánsan kisebb olajsavtartalmat eredményezett. A lenolaj részarányának növekedésével egyre nagyobb mértékű a csökkenés, ami a 4%-os kiegészítés esetén a másik két dózishoz képest is szignifikáns különbséget adott (14. táblázat). A legjelentősebb csökkenés a mintavételi helyek közül a máj esetében figyelhető meg, ahol a negatív kontrollhoz képest rendre 26,95; 43,21; 45,38; illetve 47,81%-kal szignifikánsan csökkent az egyes csoportokban az olajsav részaránya.

Amikor 3%-nyi nagy olajsavtartalmú olívaolajjal egészítik ki a nyulak takarmányát, mind az olajsav, mind a vakcénsav mennyisége megnő a hosszú hátizomban a kontroll és a napraforgóolaj-kiegészítésben részesült csoportokhoz képest (*Lopez-Bote és mtsai, 1997a,b*). A szintén nagy olajsav tartalmú repcemag növekvő arányú etetése a dózishoz megfelelő mértékben növelte az olajsav részarányát (*Dänicke és mtsai, 2004*)

Az olajsavhoz hasonló tendencia figyelhető meg kísérletünkben az egyszerűen telítetlen zsírsavak közül a palmitoleinsav ( $C_{16:1}$ ) esetében is. Mind a csoportok átlagában (15. táblázat), mind az egyes mintavételi helyeken jelentős csökkenés figyelhető meg a kezelések hatására. Bár a lenolaj tendencia jelleggel ebben az esetben is nagyobb hatású mint a napraforgóolaj, de különbség a tisztán napraforgóolaj-kiegészítéshez képest nem szignifikáns.

*Ramírez és mtsai* (2005) a növekedési erélyre történő szelekció alkalmával is azt tapasztalták, hogy a hátsó combizomban nőtt mind a palmitoleinsav, mind az olajsav részaránya.

A vakcénsav ( $C_{18:1,n-7}$ ) esetében a palmitoleinsavval azonos változások figyelhetők meg az egyes mintavételi helyeken.

Az egyszerűen telítetlen zsírsavak mennyiségének csökkenése azért tekinthető kedvező változásnak, mert az a telített zsírsavak részarányának csökkenésével együtt a többszörösen telítetlen zsírsavak arányának növekedését eredményezte.

Amíg a libák esetében a MUFA zsírsavak, addig a nyulaknál a többszörösen telítetlen zsírsavak adják a zsírsavkészlet legnagyobb hányadát. A libák esetében ugyanis a lenolaj-kiegészítéssel is csak 30%-körüli értékre sikerült növelni a PUFA mennyiséget, addig a nyulaknál a különböző lenolaj dózisok 46-48%-ra is megnövelték a zsír PUFA hányadát. Ez azzal magyarázható, hogy a nyúlhús olajkiegészítések nélkül is jelentős PUFA tartalommal bír, annak köszönhetően, hogy a nyúltápok egyik fő komponense a lucernapellet, amelynek jelentős a linolénsav tartalma. Következésképpen a nyúlhús n-3 PUFA tartalma általában nagyobb a többi húshoz képest (*Dalle Zotte, 2002*). Ezt alátámasztják a negatív kontroll csoport állatainak eredményei is kísérletünkben, hiszen az 5,67:1 n-6/n-3 arány nagyon közel van a napjainkban ideális arányként elfogadott 3-5:1 n-6/n-3 arányhoz.

**15. táblázat: A fontosabb zsírsavak és zsírsavcsoportok alakulása a különböző olajkiegészítésben részesülő nyulakban**

	<b>1. csoport</b> Negatív kontroll	<b>2. csoport</b> Pozitív kontroll (4% napraforgóolaj)	<b>3. csoport</b> 1%lenolaj+ 3%napraforgóolaj	<b>4. csoport</b> 2%lenolaj+ 2%napraforgóolaj	<b>5. csoport</b> 4% lenolaj
C <sub>14:0</sub>	2,59±1,06 <sup>a</sup>	1,58±0,71 <sup>b</sup>	1,30±0,63 <sup>b</sup>	1,31±0,72 <sup>b</sup>	1,29±0,68 <sup>b</sup>
C <sub>16:0</sub>	27,77±3,45 <sup>a</sup>	20,94±2,36 <sup>b</sup>	18,24±1,86 <sup>c</sup>	18,26±1,93 <sup>c</sup>	17,29±1,46 <sup>c</sup>
C <sub>16:1</sub>	3,43±1,01 <sup>a</sup>	1,88±1,15 <sup>b</sup>	1,43±0,85 <sup>b</sup>	1,33±0,80 <sup>b</sup>	1,29±0,69 <sup>b</sup>
C <sub>18:0</sub>	9,06±4,73	10,09±6,21	10,54±7,09	10,94±7,56	10,93±8,01
C <sub>18:1n-9</sub>	23,14±3,36 <sup>a</sup>	20,84±5,12 <sup>ab</sup>	18,24±5,32 <sup>bc</sup>	17,88±5,33 <sup>bc</sup>	16,51±4,67 <sup>c</sup>
C <sub>18:2 n-6</sub>	20,63±2,84 <sup>d</sup>	33,69±3,82 <sup>a</sup>	31,94±2,50 <sup>ab</sup>	30,33±2,09 <sup>b</sup>	24,77±2,92 <sup>c</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	4,06±1,54 <sup>c</sup>	2,96±1,16 <sup>d</sup>	10,16±4,50 <sup>b</sup>	11,63±4,91 <sup>b</sup>	19,91±8,14 <sup>a</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	1,86±2,27	2,07±2,44	2,26±2,78	2,20±2,72	1,65±1,98
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,08±0,05 <sup>b</sup>	0,02±0,02 <sup>c</sup>	0,06±0,05 <sup>b</sup>	0,10±0,07 <sup>b</sup>	0,21±0,17 <sup>a</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,16±0,17	0,11±0,13	0,18±0,25	0,22±0,28	0,25±0,31
<b>SFA</b>	<b>41,40±2,14<sup>a</sup></b>	<b>34,19±4,60<sup>b</sup></b>	<b>31,71±5,57<sup>b</sup></b>	<b>32,13±5,91<sup>b</sup></b>	<b>31,12±6,8<sup>b</sup></b>
<b>MUFA</b>	<b>28,18±4,17<sup>a</sup></b>	<b>23,72±6,06<sup>b</sup></b>	<b>20,64±6,12<sup>bc</sup></b>	<b>20,18±6,00<sup>bc</sup></b>	<b>19,24±5,20<sup>c</sup></b>
<b>PUFA</b>	<b>28,14±4,97<sup>c</sup></b>	<b>40,19±4,02<sup>b</sup></b>	<b>46,04±3,85<sup>a</sup></b>	<b>46,03±3,32<sup>a</sup></b>	<b>48,20±3,94<sup>a</sup></b>
<b>n-6</b>	<b>23,55±5,03<sup>c</sup></b>	<b>36,93±3,97<sup>a</sup></b>	<b>35,20±5,04<sup>a</sup></b>	<b>33,55±4,37<sup>a</sup></b>	<b>27,15±5,2<sup>b</sup></b>
<b>n-3</b>	<b>4,59±1,34<sup>c</sup></b>	<b>3,25±1,00<sup>d</sup></b>	<b>10,85±4,06<sup>b</sup></b>	<b>12,48±4,25<sup>b</sup></b>	<b>21,06±7,33<sup>a</sup></b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>5,67±2,35<sup>b</sup></b>	<b>12,99±5,69<sup>a</sup></b>	<b>4,27±2,91<sup>bc</sup></b>	<b>3,29±1,87<sup>c</sup></b>	<b>1,66±1,13<sup>d</sup></b>

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

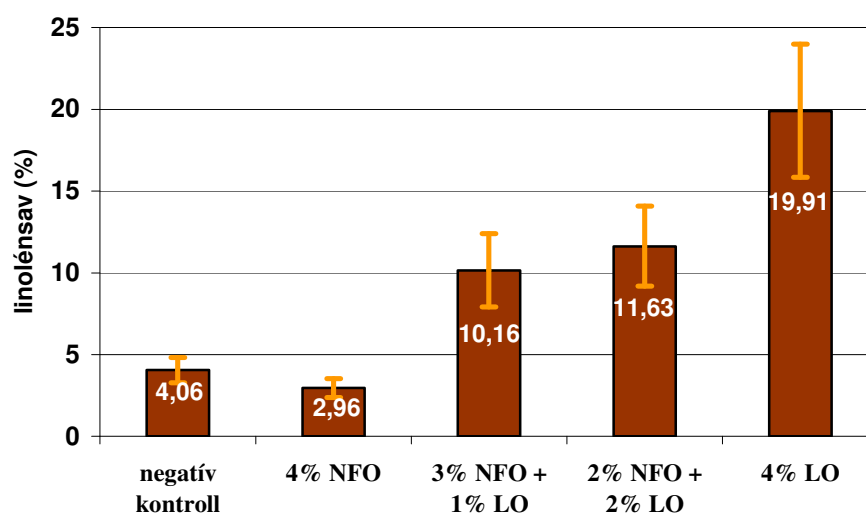
Az egyes csoportok eredményeit összehasonlítva az is megfigyelhető, hogy a lenolaj-kiegészítés 1%-ról fokozatosan 4%-ra történő növelésekor az egyes lenolaj szinteken mért PUFA tartalom nem különbözött egymástól szignifikánsan.

Ugyanakkor azonban valamennyi lenolajos kezelés szignifikánsan nagyobb PUFA-tartalmat eredményezett a pozitív kontrollhoz (4% napraforgóolaj) képest.

A más állatfajokkal (brojlercsirke, sertés) végzett korábbi kísérleteink tapasztalatainak, továbbá a célkitűzésünknek megfelelően, a legjelentősebb változás az  $\alpha$ -linolénsav ( $C_{18:3}$ ) esetében következett be (5. ábra). Ez a zsírsav a nyulak esetében már a kontroll csoportok zsírjában nagyobb részarányban volt jelen, mint más monogasztrikus állatoknál. Amíg ugyanis a libák és a brojlercsirkék esetében az olajkiegészítés nélküli kontroll csoportban 1 % alatti volt a zsírban az  $\alpha$ -linolénsav-tartalom, addig a nyulak esetében a kontroll csoportban a mintavételi helyek átlagában 4,06 %-os  $\alpha$ -linolénsav tartalmat mértünk. Ez - amint már korábban említettük - a nyúltakarmányokban jelentős hányadot alkotó lucernapellet magas linolénsav-tartalmának köszönhető. A 2. csoportban rendkívül alacsony linolénsav értéket mértünk, ami jól tükrözi a kiegészítésként adott napraforgóolaj igen alacsony (kb. 0,20%) linolénsavtartalmát.

Ugyanezt az eredményt kapták *Rey és mtsai* (1997) 30 g/kg-os napraforgóolaj-kiegészítés esetén, ugyanis a nyúlmájnak mind a triglicerid-, mind pedig a foszfolipid-tartalmában nőtt a linolsav és csökkent a linolénsav aránya a kontroll csoporthoz képest. Ezt erősítik meg *Lopez-Bote és mtsai* (1997a,b) eredményei is, mely szerint 3% napraforgóolaj-

kiegészítés átlagosan 43%-kal növelte a linolsav és 14,8%-kal csökkentette a linolénsav mennyiségét a zsírban.



NFO= napraforgóolaj LO=lenolaj

**5 ábra: A zsír  $\alpha$ -linolénsav-tartalmának alakulása az egyes kezelésekben**

A nagy  $\alpha$ -linolénsav-tartalmú lenolajjal történő kiegészítés azonban jelentősen tovább növelte ennek a zsírsavnak a mennyiségét, ahogyan ezt a libákkal végzett kísérletekben is tapasztaltuk. Ha a 3 lenolajos kezelés átlagos linolénsav értékét hasonlítjuk a kontroll csoportokhoz, akkor a negatív kontrollhoz képest 3,42-szeres, a pozitív kontrollhoz képest pedig 4,69-szeres volt az  $\alpha$ -linolénsav arányának a növekedése. Mind a csoportok átlagai, mind az egyes mintavételi helyek (comb, gerinchús, máj) zsírsavösszetételét vizsgálva megállapítható, hogy a lenolaj dózisának megfelelően növekszik az  $\alpha$ -linolénsav mennyisége. *Dal Bosco és mtsai* (2004) 8% lenmagot etettek a hízalás alatt és a linolénsav mennyiségének



háromszoros növekedését figyelték meg a napraforgóolajat fogyasztó kontroll csoporthoz képest. Hozzájuk hasonlóan *Bianchi és mtsai* (2006) 25 illetve 35% lucernaliszt etetésekor a hízlalás befejező szakaszában 8% lenmagot is etettek. Már a nagyobb mennyiségű lucernaliszt etetésekor is 5,82-ről 6,34%-ra nőtt az  $\alpha$ -linolénsav mennyisége, de ezt a lenmag kiegészítés 9,42%-ra még tovább növelte, aminek következtében az n-6/n-3 arány 6,59-ről 2,28-ra szűkült.

A húsmintákban, a libákhoz hasonlóan, a nyulak esetében is több linolénsav található, mint a májban, aminek az oka, hogy a nyulak esetében is a zsírsavak raktározása elősorban az izomszövetekben, és a zsírszövetben (vese körüli-, és vállövi zsírszövet) történik. *Kouba és mtsai* (2008) a hízlalás alatt 35 napig 3% extrudált lenmagot etettek, aminek eredményeként a hosszú hátizomban 2,6-szorosára, míg a vesekörüli zsírban 2,8-szorosára nőtt az  $\alpha$ -linolénsav aránya.

Amíg az 1 és 2%-os lenolaj-kiegészítés hatása között csak csekély különbség áll fenn, addig a 4%-os lenolaj dózis valamennyi mintavételi hely esetében szignifikáns növekedést eredményezett a két kisebb mennyiségű kiegészítéshez, aminek eredményeként ebben a csoportban a comb és a gerinchús zsírsavösszetételében a PUFA zsírsavak 50%-át az  $\alpha$ -linolénsav adja.

A többszörösen telítetlen zsírsavak között az n-6 csoportba tartozó linolsav ( $C_{18:2}$ ) fordul még elő jelentős mennyiségben a vizsgált szövetekben. Az egyes kezeléseket összehasonlítva (15. táblázat) megállapítható, hogy mind a napraforgóolaj, mind a lenolaj alkalmazása a nyúltakarmányokba szignifikánsan növelte a linolsav mennyiségét az 1. csoporthoz képest. Ahogy az várható volt, a 60% fölötti linolsavtartalmú

napraforgóolaj 20,63%-ról 33,69%-ra növelte a linolsav mennyiségét a zsírban, ami több mint 60%-os növekedést jelent. Ezzel szemben, ahogy az olajkiegészítésekben nő a lenolaj részaránya - amelynek csupán 16% körüli a linolsavtartalma - mérséklődik a növekedés üteme, és a tisztán lenolajjal etetett csoportban csupán 20%-os linolsav növekedés tapasztalható. *Kouba és mtsai* (2008) kísérletében a 3% extrudált lenmag kiegészítés hatására a linolsav csak alig 1-2%-kal nőtt. Amennyiben a kezelések linolsav tartalomra gyakorolt hatását mintavételi helyenként (comb, gerinchús és máj) vizsgáljuk, akkor azt állapíthatjuk meg, hogy mindhárom mintavételi helyre vonatkozóan ugyanazok a változások figyelhetők meg, mint amelyek valamennyi adat alapján számított átlagértékekre jellemzőek.

A linolsav és linolénsav mennyiségének alakulása azért is fontos kérdés, mert mint ismeretes, a metabolizmusukban közös enzimek vesznek részt, ami befolyásolja, hogy a belőlük képződő zsírsavak (arachidonsav, illetve EPA és DHA) milyen mennyiségben keletkeznek (*Bourre, 2005*).

Az arachidonsav (C<sub>20:4</sub>) esetében a kezelésekre vonatkozó összesített átlagok nem igazán adnak tájékoztatást a zsírsav mennyiségében bekövetkező változásokról. Ez a viszonylag nagy szórás következménye. A nagy szórás abból ered, hogy a húsminták és a máj arachidonsav-tartalma nagyságrenddel tér el egymástól. Legalacsonyabb a gerinchús esetén, ahol 0,23 és 0,39% található belőle. A combban valamivel nagyobb értékeket mértünk, de mennyisége még itt is bőven 1% alatt marad. Ugyanakkor a máj arachidonsav tartalma 4,38 és 6,00% között változott a különböző kezelésekben (F12. táblázat). A húsminták arachidonsav-tartalma a takarmány linolsav-tartalmának megfelelően alakul, azaz a 2. csoportban találjuk a legnagyobb értékeket (0,39 és 0,56%), míg az 5. csoportban az

olajkiegészítés nélküli kontroll csoporthoz képest is kisebb mennyiségben fordul elő. Ez a tendencia azonban csak a comb esetében bizonyult szignifikánsnak. A kísérleti eredmények alapján tehát megállapítható, hogy a lenolaj-kiegészítés csökkenti az arachidonsav mennyiségét a zsírban. *Dal Bosco és mtsai* (2004) is az arachidonsav kis mértékű csökkenését figyelték meg 8% lenmag etetésekor, míg *Kouba és mtsai* (2008) a hosszú hátizomban nem találtak különbséget, a vese körüli zsírban pedig kis mértékben nőtt az arachidonsav mennyisége.

A máj esetében más a helyzet. Mivel a linolsav itt alakul át arachidonsavvá, ezért a májban 4,38 és 6,00% közötti mennyiségben fordul elő az arachidonsav. A húsminták esetében az elmondottakkal ellentétben itt azt figyelhetjük meg, hogy a 4% napraforgóolaj-kiegészítés kisebb mértékben növeli az arachidonsav mennyiségét, mint amikor 1 illetve 2% lenolaj is van az olajkiegészítésben a napraforgóolaj mellett. A 4% -os lenolaj-kiegészítés esetén a májban is kevesebb arachidonsavat találunk, mint a kontroll csoportban.

*Dal Bosco és mtsai* (2004) kísérletében 8% lenmag etetésekor nőtt az n-3 zsírsavak mennyisége, nemcsak a linolénsav, hanem a belőle képződő EPA és DHA hosszú szénláncú zsírsavak aránya is növekedett. Ez megerősíti *Castellini és mtsai* (2002) megállapítását, amely szerint a nyúl is képes az  $\alpha$ -linolénsavat elongálni és deszaturálni, köszönhetően a vakbélben működő mikroflora aktivitásnak és a cékotrófia mechanizmusának.

Kísérletünkben azonban a linolénsavból képződő EPA és DHA érdelemes mennyiségben csak a májban fordulnak elő (F12. táblázat). A zsír EPA-tartalmát valamennyi lenolaj-koncentráció, a DHA mennyiségét pedig a 2 és 4%-os lenolaj-kiegészítés szignifikánsan növelte. Azt is

megállapíthatjuk, hogy a 2. csoportban a napraforgóolajjal történő kiegészítés a negatív kontrollhoz képest is csökkenti az EPA mennyiségét, ami a 2. csoport takarmányának zsírjában található rendkívül kevés linolénsav eredménye.

Az eredményeink tehát azt igazolják, hogy lenolaj-kiegészítéssel jelentősen növelhető az  $\alpha$ -linolénsav mennyisége a nyúlhúsban. A belőle képződő további zsírsavak (EPA, DHA) mennyiségét az befolyásolja, hogy milyen az átalakulás hatékonysága.

A nyúlhús esetében is jellemezhető az olajkiegészítések hatása az n-6/n-3 zsírsav aránnyal. Mind a májlibákkal, mind a húslibákkal végzett kísérletben sikerült ezt az arányt lenolaj-kiegészítéssel jelentősen szűkíteni. A zsírsavösszetételt bemutató táblázatok eredményei alapján egyértelműen elmondható, hogy ez a kedvező hatás a nyulak esetében is érvényesül. Az olajkiegészítés nélküli 1. csoport 5,67:1 arányához képest a napraforgóolaj ezt az arányt 12,99:1-re bővítette, addig a növekvő mértékű lenolaj-kiegészítések hatására az arány 4,27-3,29-1,66:1-re (15. táblázat), azaz jelentősen szűkült. A napraforgóolaj esetében a linolsav növelése és az  $\alpha$ -linolénsav csökkenése tükröződik az arány túgulásában.

A lenolaj-kiegészítés kedvező hatását más kutatók is megállapították nyulakkal végzett vizsgálatukban (*Cobos és mtsai, 1993; Bernardini és mtsai, 1999; Dal Bosco és mtsai, 2004; Colin és mtsai, 2005; Bianchi és mtsai, 2006; Kouba és mtsai, 2008*).

Nyulak esetében a kedvező arányhoz a nyúltakarmányok lucernapellet tartalma is hozzájárul. Ezt egyébként kísérletünk negatív kontroll csoportja is igazolja. Az egyes mintavételi helyeken ugyancsak szignifikáns mértékű csökkenést figyeltünk meg a kezelések között. A

húsminták esetében a 4%-os lenolaj-kiegészítés már igen szoros, 0,91-0,96:1 arányt eredményezett.

Az ismertetett eredmények alapján megállapítható, hogy megfelelő zsírforrások felhasználásával, nemcsak a libahús, hanem a nyúlhús zsírsavösszetétele is kedvezőbbé tehető takarmányozással. Az n-3 zsírsav-tartalom növelése, az n-6/n-3 arány szűkülése folytán a nyúlhús is megfelelő lehet a funkcionális élelmiszerek előállításához.

A nyulak esetében az 1. kísérlet eredményei alapján a 2% lenolaj + 2% napraforgóolaj-kiegészítés kombinációval végeztük el az oxidációs stabilitás vizsgálatára irányuló kísérletünket 2006-ban. A kémiai vizsgálatok ezúttal comb- és gerinchús mintákkal folytak. A zsírsavösszetétel vizsgálatokor kapott eredmények a fontosabb zsírsavak esetében hasonlóan alakultak, mint az 1. kísérletben. Az SFA, MUFA és PUFA csoportok esetében megállapított átlagos adatok azonban a 4%-os lenolaj-kiegészítés eredményeivel vannak inkább szinkronban.

Az F17-18. táblázatok adatai alapján megállapítható, hogy a kiválasztott olajkombináció alkalmas az n-3 zsírsavtartalom növelésére, és ezáltal az n-6/n-3 arány érdemi szűkítésére (átlagosan 2,40:1 a gerinchús és 2,36:1 a combhús esetében).

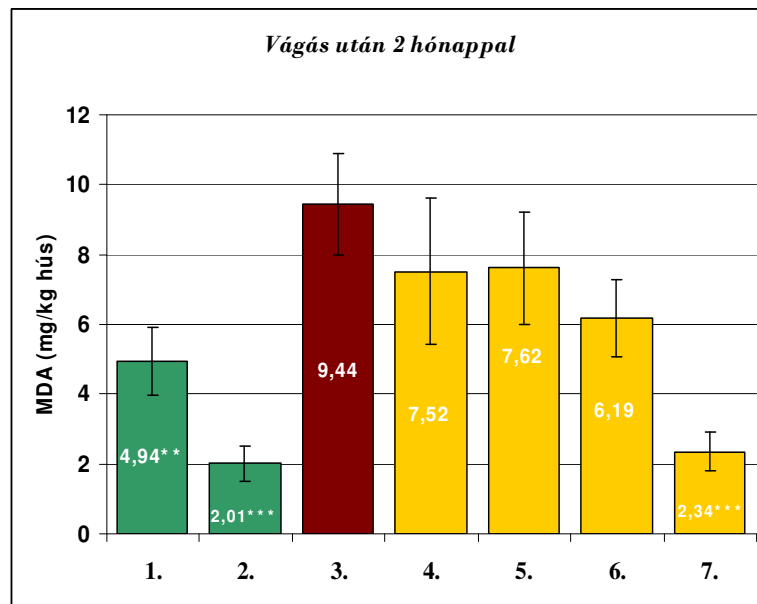
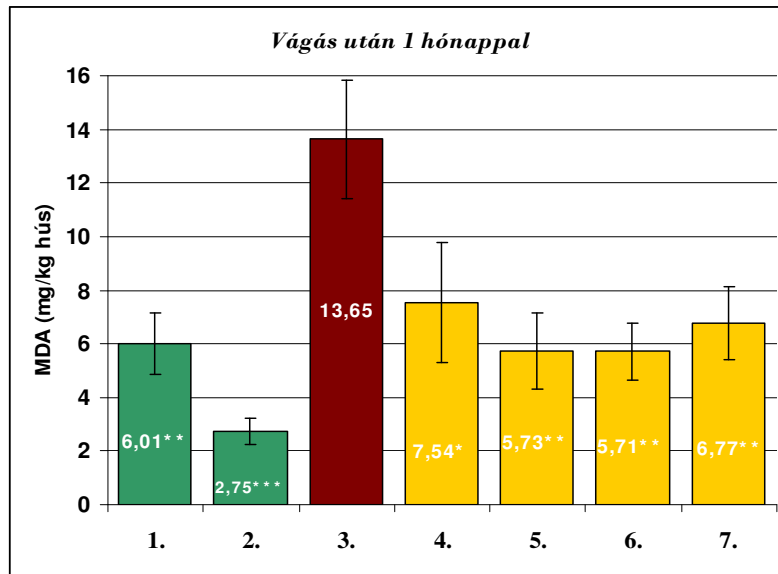
A libákhoz hasonlóan a nyulak esetében is azt tapasztaltuk, hogy az E-vitamin dózisa nem befolyásolta a zsírsavösszetétel alakulását. Az n-6/n-3 arány esetében azonban megfigyelhető, hogy a 150 illetve 300 mg/szintetikus E vitamin/kg takarmány kiegészítés alkalmával kaptuk a legszűkebb arányt, mind a comb, mind a gerinchús esetében. Ennek az az oka, hogy a természetes E-vitamin-forrásként adagolt zsírsavpárlat mint a napraforgóolaj-gyártás mellékterméke, linolsavat is tartalmaz, (vizsgálataink

szerint a linolsav teszi ki a zsírsavak 53%-át), amely mennyiség megnöveli a szöveti zsír linolsavtartalmát, aminek következtében kissé tágul az n-6/n-3 arány. Ezt támasztja alá az 5. és 6. csoport esetében található nagyobb linolsav tartalom és tágabb n-6/n-3 arány.

A comb- és gerichús zsírsavösszetételének összehasonlítása azt igazolja, hogy a két izomszövet ebben a 2. kísérletben is nagyon hasonlóan változott a kezelések hatására.

### 3.3.3. Az olajkiegészítések és a különböző forrású illetve dózisos E-vitamin kiegészítések hatása a hús oxidációs stabilitására és E-vitamin tartalmára

Annak megállapítására, hogy a lenolaj-kiegészítés és a zöldtetés milyen hatást gyakorol az egyes szövetek zsírjának oxidációs stabilitására, a libákkal végzett 2006. évi kísérletekben 2% lenolaj-kiegészítéssel együtt kg-onként 150, illetve 250 mg szintetikus, illetve természetes forrásból származó E-vitamint adagoltunk a takarmányhoz. A kapott eredményeket bemutató 6. ábra adatai azt igazolják, hogy a lenolajjal történő kiegészítés libák esetében is rontja a zsír oxidációs stabilitását, hiszen a legnagyobb MDA értéket a 3. csoportban mértük, ahol a lenolaj-kiegészítés mellett nem adtunk E-vitamint. Ez az eredmény megegyezik annak a számos tanulmánynak a megállapításaival, amelyek szerint 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; Mézes, 2000; Mézes és Erdélyi, 2003; Kahraman és mtsai, 2004*).



\* P<0,05      \*\* P<0,01      \*\*\* P<0,01 a 3. csoporthoz viszonyítva

1.=Kontroll (abrak) 2.=abrak+zöld 3.=2%lenolaj (LO)+zöld

4.=2%LO+zöld+150SE (DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát) 5.= 2%LO+zöld+250SE

6.=2%LO+zöld+150TE (D- $\alpha$ -tokoferol) 7.= 2%LO+zöld+250TE

**6. ábra: A zsír oxidációs stabilitásának alakulása a húslibáknál (2006)**

A húslibák eredményei alapján elmondható, hogy 1 hónapos mélyhűtött tárolást követően valamennyi E-vitamin kiegészítés a csak olajkiegészítésben részesülő 3. csoporthoz képest szignifikáns mértékben csökkentette az MDA-tartalmat a húsban. A nagyobb dózisú szintetikus E-vitamin kiegészítés (5. csoport) a természetes E-vitamin forrásokkal azonos hatékonyságúnak bizonyult, míg a kisebb dózis (4. csoport) valamivel gyengébb hatást fejtett ki. A kiegészítések hatására olyan mértékben csökkent az MDA tartalom, hogy az csaknem elérte a kontroll (1.) csoportban mért értéket. A négy vitamin-kiegészítésben részesülő csoportban ugyanis 6,44 mg/kg hús volt az átlagos MDA tartalom, szemben a lenolajat nem fogyasztó kontroll csoport MDA értékével (6,01). Az eredmények azokat a megállapításokat 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, 1999b; Husvéth és mtsai, 2000; Mézes, 2000; Onibi és mtsai, 2000; Dal Bosco és mtsai, 2004, Mézes és mtsai, 2006*). *Ajuah és mtsai* (1993) full-fat lenmag etetésével együtt adagolt E-vitamin-kiegészítéssel szintén hatékonyan csökkentették a brojlerhús érzékenységét az oxidációra. *Lin és mtsai* (1989a) a 100 NE  $\alpha$ -tokoferol/kg takarmány kiegészítést találtak hatékonynak a brojlerhús oxidációs stabilitásának javításában. Eredményeik szerint a tárolás során még javult is a mell- és combhús oxidatív stabilitása. Ezzel szemben a mi kísérletünkben a hosszabb tárolás során változott a helyzet, hiszen a 2 hónapos vizsgálatok alkalmával már csak a nagyobb dózisú (250 mg/kg) természetes E-vitamin kiegészítés csökkentette szignifikánsan az MDA értéket a 3. csoporthoz képest. A másik három E-vitamin kezelés ugyan relatíve átlagosan 20,3,



19,3 és 34,4%-kal csökkentette az MDA tartalmat, de ez a különbség statisztikailag nem volt igazolható.

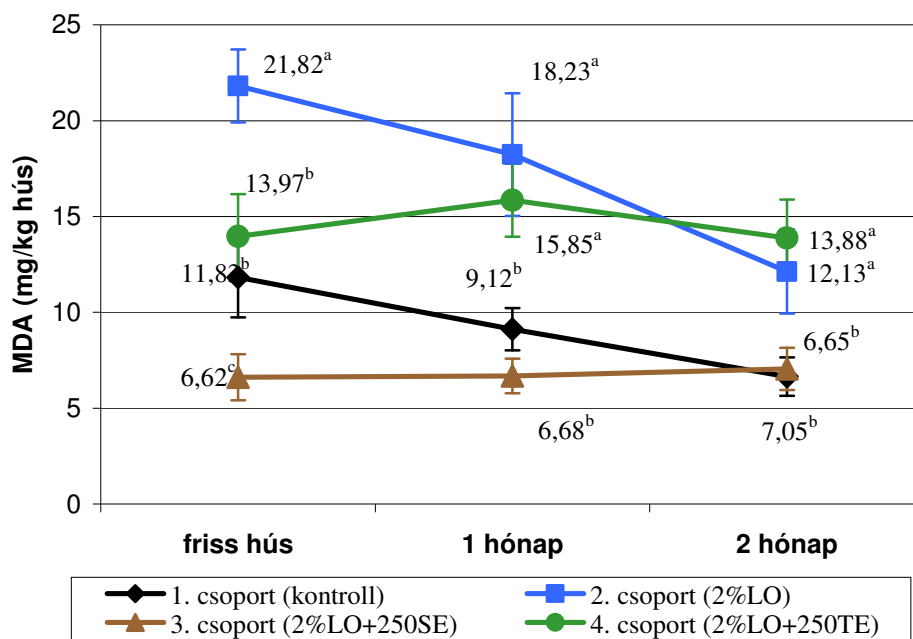
A libákkal végzett kísérletünkben az eredmények nagyobb szórása feltehetően arra vezethető vissza, hogy az átlagok a mell és a comb eredményeit is magukban foglalják. Ugyanakkor a kétféle izomszövetben különböző mértékben változott az oxidációs stabilitás. Ennek okát az egyes kutatók eltérően magyarázzák. *Jakobsen és mtsai* (1995) megállapították, hogy az  $\alpha$ -tokoferol felhalmozódása a különböző szövetekben nem azonos. A kérdést azonban már korábban is vizsgálták. Nevezetesen *Asghar és mtsai* 1990-ben megjelent adatai szerint a kiegészítésként adott  $\alpha$ -tokoferol-acetát brojlerekben növeli a mikroszómális frakció  $\alpha$ -tokoferol-tartalmát a combhúsban, de nem növeli a mitokondriális frakcióban a mellhúsban és feltehetőleg ebből adódik a két szövet oxidációs érzékenysége közötti különbség. *Lauridsen és mtsai* (1997) azonban arra a megállapításra jutottak, hogy az E-vitamin-kiegészítés szignifikánsan befolyásolja az  $\alpha$ -tokoferol tartalmat mind a mitokondriumokban, mind a mikroszómákban a brojlerek mell- és combizomzatában. A combizomban azonban nagyobb mennyiségben vannak jelen a szubcelluláris sejtalkotók a mellizomhoz viszonyítva, és valószínűleg ez okozza a combizom nagyobb  $\alpha$ -tokoferol-tartalmát (*Yamauchi és mtsai*, 1991). Feltehetőleg ez a megállapítás a brojlerekhez hasonlóan a libák esetében is érvényes, hiszen a húslibákkal végzett kísérletünkben a vizsgált minták többségében a mellhús adott nagyobb MDA értéket.

Ezzel ellentétesek *Jensen és mtsai* (1997) eredményei. Amikor ugyanis repce és szójaolajjal együtt E-vitamint is adagoltak a brojlereknek,

azt találták, hogy a nagyobb tokoferoltartalom ellenére is a combhús volt érzékenyebb az oxidációra a mellhúshoz viszonyítva.

Fontos megjegyezni azt a tényt, hogy abban a csoportban, amelyik zöldtakarmányt is fogyasztott a hízalás során, kisebb volt a hús MDA-tartalma. Ez minden valószínűség szerint a zöldtakarmányokban található antioxidáns hatású anyagokkal indokolható.

A májlibák esetében csak a tömött állatok húsának oxidációs stabilitását vizsgáltuk. A méréseket friss, valamint 1, illetve 2 hónapon át mélyhűtött hússal végeztük. Az eredményeket a 7. ábra szemlélteti.



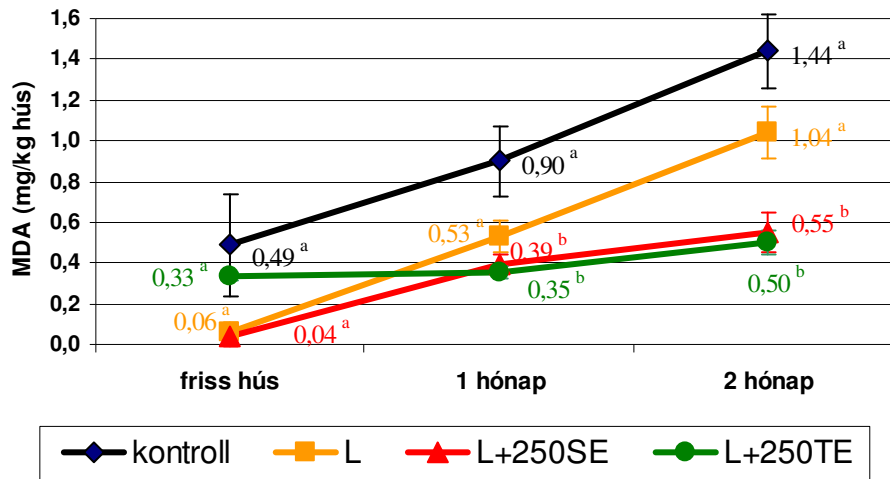
LO=lenolaj SE=DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát TE= D- $\alpha$ -tokoferol

**7. ábra: Az oxidációs stabilitás alakulás a tömött májlibák húsában (2006)**

Ennek adatai alapján megállapítható, hogy a legnagyobb MDA értéket (21,82 mg/kg hús) abban a csoportban mértük, amelynek állatai a felnevelés során csak lenolaj-kiegészítésben részesültek, de E-vitamin-kiegészítést nem kaptak (2. csoport). Figyelemre méltó, hogy a tárolás során fokozatosan csökkent ezeknek a húsoknak az MDA tartalma. Ugyanezt a csökkenést tapasztaltuk a kontroll csoport állatainak esetében is. Ennek oka feltehetően abban a változásban keresendő, amely a ludak zsírájának zsírsavösszetételében a tömés során bekövetkezik. A tömés alkalmával ugyanis csökken a ludak zsírájában az oxidációra hajlamos PUFA zsírsavak (elsősorban a linolsav és az  $\alpha$ -linolénsav) részaránya, helyüket mindenek előtt a kevésbé reaktív olajsav foglalja el a zsírban. A 3. és 4. csoport takarmánya a tömést megelőzően E-vitamin-kiegészítést is tartalmazott, nevezetesen a 3. csoport takarmányához kg-onként 250 mg DL- $\alpha$ -tokoferol-acetátot, a 4. csoport takarmányához pedig ugyanennyi D- $\alpha$ -tokoferolt tartalmazó zsírsavpárlatot adagoltunk. A 3. csoport húzában kevesebb MDA-t mértünk, amiből következően a tömés során a szintetikus DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát jobban hasznosult a természetes eredetű tokoferolnál. Ennek oka feltehetően a zsírsavpárlat jelentős linolsav-tartalmával állhat összefüggésben.

A brojlercsirkékkel végzett kísérletben ugyancsak a kétféle E-vitamin nagyobb dózisát (250 mg/kg takarmány) hasonlítottuk össze a hús oxidációs stabilitása szempontjából (8. ábra). Megállapítható, hogy a kontroll csoportban mértük a legnagyobb malondialdehid értéket valamennyi vizsgálati időpontban (0,49-1,44). Ez azzal magyarázható, hogy a kontroll csoport takarmányát a kísérleti csoportokkal azonos energiafogyasztás céljából napraforgóolajjal egészítettük ki. A

napraforgóolaj a lenolajhoz hasonlóan nagy mennyiségű többszörösen telítetlen zsírsavat tartalmaz, tehát a lenolajhoz hasonlóan rontja a hús oxidációs stabilitását.



<sup>a,b</sup> különböző betűvel jelölt értékek azonos vizsgálati időn belül min.  $P < 0,05$  szinten szignifikánsan különböznek

Kontroll = 4, illetve 2 % napraforgóolaj (1. csoport)

L = 4, illetve 2 % lenolaj-kiegészítés (2. csoport)

L+250SE = 4, illetve 2% lenolaj-kiegészítés + 250 mg/kg DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát (3. csoport)

L+250TE = 4, illetve 2% lenolaj-kiegészítés + 250mg/kg D- $\alpha$ -tokoferolt tartalmazó zsírsavpárlat (4. csoport)

### 8. ábra: A brojlercsirkehús oxidációs stabilitásának változása lenolaj és E-vitamin-kiegészítés hatására

Az 1. és 2. csoport eredményeit összehasonlítva azt állapíthatjuk meg, hogy a nagy linolsavtartalmú napraforgóolaj nagyobb mértékben rontja a hús eltarthatóságát, mint a lenolaj  $\alpha$ -linolénsav tartalma, ugyanis a kontroll csoportban átlagosan 1,74-szer nagyobb a malondialdehid-tartalom a 2. csoporthoz képest. Ez is azt a megállapítást támasztja alá, mely szerint a linolsav érzékenyebb az oxidációra az  $\alpha$ -linolénsavnál. Az irodalomban több

olyan kísérlet ismert, amelyekben a linolsav a linolénsavnál nagyobb mértékben rontotta az oxidációs stabilitást (*Sanz és mtsai, 1999; Mézes és mtsai, 2002; Pálffy és mtsai, 2006*).

A diagram adatai szerint az E-vitamin-kiegészítés hatékonyan csökkentette az MDA-értéket. Ez megegyezik *Lin és mtsai* (1989) megállapításával, akik lenmag etetésekor tokoferol-kiegészítéssel szignifikánsan javították a mell- és a combhús oxidatív stabilitását. Hasonló megállapításra jutottak *Asghar és mtsai* (1990) is.

A szintetikus és természetes eredetű tokoferol hatékonysága hasonló volt, bár a természetes E-vitamin esetében a friss hús malondialdehid tartalma valamivel nagyobb volt (0,33 mg/kg zsír), mint a szintetikus DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát használatakor (0,04 mg/kg). Ezt a különbséget valószínűleg a kiegészítésként használt zsírsavpárlat linolsavtartalma idézte elő. A 2 hónapos tárolás során azonban az MDA-érték növekedése a 4. csoportban csak 0,22 mg volt, míg a 3. csoportban, amelyik szintetikus DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát kiegészítésben részesült, kg-onként 0,5 mg-mal nőtt a hús MDA-tartalma, ami a természetes forma jobb hatékonyságára utal. Ezt látszik igazolni, hogy a 3. vizsgálat alkalmával kis mértékben ugyan, de már a természetes vitaminforrás volt hatékonyabb. *Jakobsen és mtsai* (1993) ugyancsak vizsgálták a természetes forrásból származó D-tokoferolok ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tokoferol keverék) és a DL- $\alpha$ -tokoferil-acetát hatását 10% linolsavban gazdag zsírkiegészítés esetén. A kétféle forrásból származó tokoferolt sok tekintetben akkor is azonos hatékonyságúnak találták, amikor a D-tokoferol koncentrációja csak 1/3-a volt a DL-tokoferol-acetáténak. Vagyis a természetes eredetű E-vitamin ezek alapján hatékonyabbnak tűnik. *Esteve-Garcia és mtsai* (1999) szintén vizsgálták a természetes

antioxidánsok (E-vitamin,  $\beta$ -karotin) hatását különböző zsírkiegészítések esetében. Az E-vitamin és a TBARS érték között fordított összefüggést találtak. A  $\beta$ -karotin nagyobb szöveti E-vitamin-tartalom esetén antioxidáns hatású volt, de prooxidáns hatást fejtett ki, ha az E-vitamin tartalom alacsony volt. Hasonlóan ellentétes hatásokat figyeltek meg *Grau és mtsai* (2001b), amikor 6% lenolaj etetésekor 225 mg  $\alpha$ -tokoferil-acetát/kg takarmány dózisével szignifikánsan javították a csirkehús oxidációs stabilitását. Amíg a 110 mg C-vitamin/kg takarmány kiegészítés önmagában prooxidáns hatású volt, az E-vitaminnal együtt etetve csekély mértékben még növelte is az antioxidáns hatást. *Ajuyah és mtsai* (1993) tokoferol és kanthaxantin együttes adagolását találták hatékonynak.

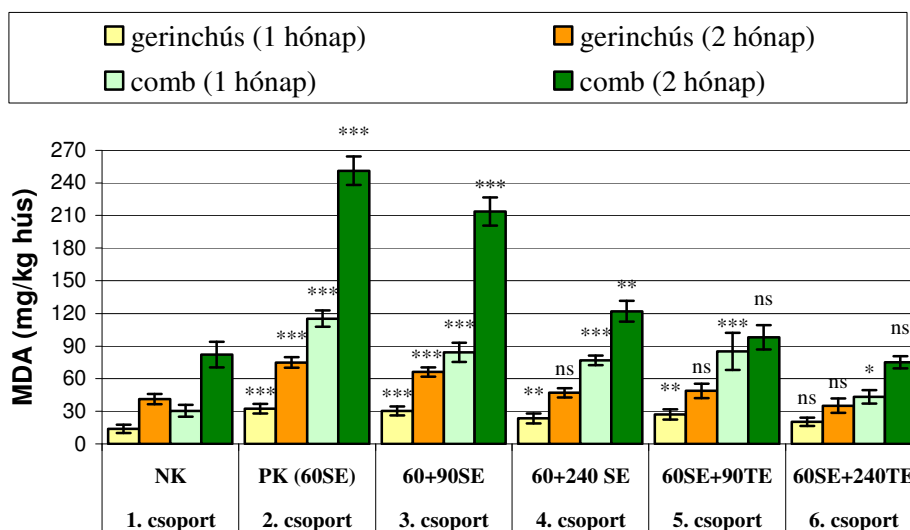
A brojlercsirkék esetében tehát mind a szintetikus, mind a természetes E-vitamin jó hatékonysággal használható az oxidációs stabilitás megőrzésére vagy növelésre, amikor a takarmányt lenolajjal egészítjük ki. Ugyanakkor a természetes D- $\alpha$ -tokoferol esetében hosszabb idejű tárolás során egyenletesebb hatás figyelhető meg.

A madarakkal végzett kísérleteinkben szerzett tapasztalatokkal egybehangzóan azt is megállapítottuk, hogy a nyúltápok len- és napraforgóolajjal történő kiegészítése ugyancsak jelentősen megnöveli a comb- és a gerinchús MDA tartalmát (9. ábra). Ezzel szemben *Kouba és mtsai* (2008) úgy találták, hogy a nagy n-3 zsírsavtartalom (melyet 30 g/kg extrudált lenmag etetésével értek el) nem befolyásolja kedvezőtlenül a nyúlhús oxidációs érzékenységét alacsony E-vitaminszint esetén sem. Véleményem szerint azonban vitatható, hogy a 3% extrudált lenmaggal bevitt 10 g-nyi n-3 zsírsav nagy n-3 zsírsavtartalomnak nevezhető.

A legnagyobb mértékű MDA növekedést kísérletünkben a nagyobb zsírtartalmú combhús esetében tapasztaltuk, ahol a 2% lenolaj+2% napraforgóolaj-kiegészítés hatására háromszorosára nőtt az MDA-értéke (2. csoport), míg a gerinchús esetében csak kétszeres növekedést mértünk. Ugyanakkor az adatok azt is igazolták, hogy a növekedést E-vitamin adagolásával jelentősen lehet csökkenteni. *Corino és mtsai* (1999) kísérletében a vágás előtt 15 napig itatott 100 mg/l  $\alpha$ -tokoferil-acetát tartalmú ivóvíz hatásaként már 1 napos tárolás után is 50%-al kisebb volt a kezelt állatok húsának MDA tartalma. A két csoport közötti különbség 10 napos tárolás után is 40% volt. *Lopez-Bote és mtsai* (1997c) a takarmányhoz adagolt 200 mg/kg-os  $\alpha$ -tokoferol kiegészítéssel 31%-kal alacsonyabb TBARS értéket mértek a kísérleti csoport nyulainál a hús 8 napos tárolása után.

Eredményeink alapján a kétféle E-vitamin-kiegészítés közül a természetes eredetű E-vitamin-forrás (zsírsavpárlat) hatékonyabbnak bizonyult mindkét izomszövet esetében, ugyanis a DL- $\alpha$ -tokoferol-acetáttal azonos hatóanyag (D- $\alpha$ -tokoferol) -tartalmú zsírsavpárlat adagolásával alacsonyabb MDA-értéket tudtunk elérni a szintetikus E-vitaminhoz képest. Kedvező eredménynek tekinthető, hogy a nagyobb dózisú természetes E-vitamin-kiegészítés az olajkiegészítés nélküli negatív kontrollhoz hasonló szintre csökkentette az MDA-tartalmat a comb- és a gerinchús esetében is, vagyis az olajkiegészítések oxidációs stabilitásra gyakorolt kedvezőtlen hatását 240 mg/kg D- $\alpha$ -tokoferol tartalmú zsírsavpárlat adagolásával sikerült kompenzálni. *Oriani és mtsai* (2001) is a nagyobb (375 mg/kg-os)  $\alpha$  -tokoferol kiegészítést találták a leghatékonyabbnak a reaktív oxigén metabolitok képződésének a megakadályozásában és a lipidstabilitás

megőrzésében, azonban a dózis növelésével (60, 150, 375 mg/kg) sem a combizomban, sem a vérplazmában nem nőtt lineárisan az  $\alpha$ -tokoferol-tartalom. Ezen túlmenően azt is tapasztalták, hogy a NRC által ajánlott 60 mg/kg-os kiegészítés nem tudta megakadályozni a reaktív oxigén metabolitok képződését a 29 napos  $\alpha$ -tokoferol kiegészítést követően.



\*  $P < 0,05$  \*\* $P < 0,01$  \*\*\* $P < 0,001$  szinten szignifikánsan különbözik azonos mintavételi helyen (gerinchús/comb) és azonos vizsgálati időn belül (1 hónap/2 hónap) a negatív kontroll csoporthoz viszonyítva

2-6. csoport: 2% lenolaj+2% napraforgóolaj-kiegészítést kapott

NK=negatív kontroll PK=pozitív kontroll SE= DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát TE= D- $\alpha$ -tokoferol

### 9 ábra: A nyúlhús oxidációs stabilitásának változása lenolaj és E-vitamin-kiegészítés hatására

Eredményeink összhangban vannak *Dal Bosco és mtsai* (2004) megállapításával is. Ők 8% lenmag etetésekor úgy találták, hogy 8 napos 4 °C-on történő tárolást követően is 22,6%-kal kisebb a 200 mg/kg-os E-vitamin-kiegészítésnek köszönhetően a kísérleti csoport húsának MDA-



tartalma. Vagyis ez a dózis a nagyobb telítetlen zsírsavmennyiség esetében is már hatékonyan javította az oxidációs stabilitást.

A dózisok hatását összehasonlítva megállapítható (9. ábra), hogy szintetikus E-vitamin etetésekor a dupla dózis kb. 40%-kal kisebb MDA értéket adott, vagyis a dózis növekedésekor a hatékonyság romlik.

Ezzel szemben a természetes eredetű E-vitaminnál jóval kisebb a különbség a két dózis között.

Az elvégzett vizsgálatok alapján összességében elmondható, hogy a nagy többszörösen telítetlen zsírsavtartalmú olajok által előidézett oxidációs stabilitás csökkenés E-vitamin adagolásával mérsékelhető. Erre a célra mind a természetes eredetű D- $\alpha$ -tokoferol tartalmú zsírsavpárlat, mind a szintetikus DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát alkalmas. A hatékonyság azonban a különböző állatfajok esetében különböző. A tömött libáknál a 250 mg/kg-os dózisu szintetikus E-vitamin bizonyult hatékonyabbnak.

A brojlersirkék esetében 2% lenolaj tartalmú takarmány etetésekor 250 mg/kg dózisban mindkét forma alkalmas az oxidációs stabilitás romlásának megakadályozására. A természetes forma viszont a hosszabb tárolás során kiegyenlítettebb hatású.

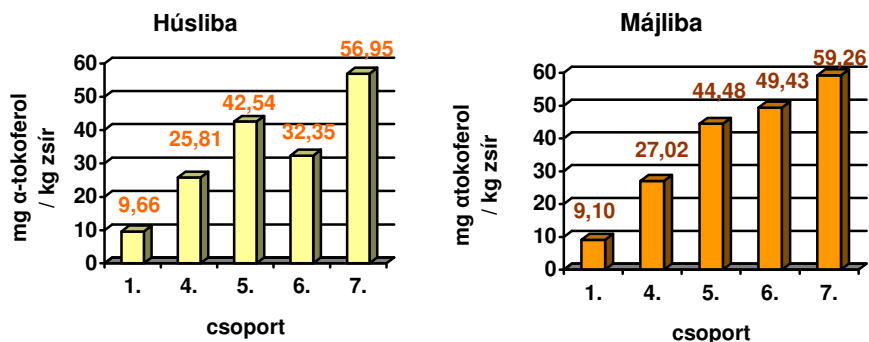
A nyulak takarmányozásában a természetes forma adott jobb eredményt mind a comb-, mind a gerinchús tekintetében. Mivel a két dózis között nincs érdemi különbség, ezért az oxidációs stabilitás szempontjából az alptakarmány 60 mg/kg szintetikus DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát tartalmán túl adagolt 90 mg/kg természetes forma elegendő a megfelelő oxidációs stabilitású nyúlhús előállításához.

E-vitamin adagolásakor azonban arra is érdemes tekintettel lenni, hogy a kiegészítés milyen mértékben növeli meg a hús tokoferoltartalmát,

ami a fogyasztók számára is fontos információt jelenthet. Ezért a húslibákkal és a májlibákkal végzett kísérletben is figyelemmel kísértük, hogy a tokoferol-kiegészítés növeli-e a libák zsírjának és ezzel a vágott árunak az  $\alpha$ -tokoferol tartalmát. Az eredményeket a 10-12. ábrák szemléltetik.

Mint az ábrákból megállapítható, a kísérletek eredményei több tekintetben is egybehangzóak. Egyértelmű, hogy a kiegészítések jelentős mértékben növelik a zsír  $\alpha$ -tokoferol tartalmát. Kísérleti eredményeink több szerző véleményét is alátámasztják. Így *Hsieh és mtsai* (2002) megállapították, hogy kis dózisú (10, 20 mg/kg) E-vitamin adagolásakor nem tapasztalták a mellizomban a tokoferol tartalom növekedését. Amikor viszont *Guo és mtsai* (2001) 3 hétig 5, 10, 50 és 100 mg/kg  $\alpha$ -tokoferol-acetátot etettek brojlerekkel, a vérplazmában az 50 és 100 mg-os dózis háromszorosra növelte a tokoferol tartalmat az 5, és 10 mg-os kiegészítéshez képest. Ugyanilyen dózisznövelés a májban 2,8, illetve 5,3-szoros tokoferol növekedést eredményezett. *Grau és mtsai* (2001b) 225 mg/kg-os kiegészítéssel 25-szörös növekedést értek el brojlerek esetében. Az irodalmi adatok alapján tehát megállapítható, hogy érdemleges  $\alpha$ -tokoferol-tartalom növelés csak nagyobb dózisú kiegészítéssel érhető el.

A kiegészítések hatása a kísérletünkben vizsgált koncentrációkban (150, illetve 250 mg/kg takarmány) csaknem lineáris, azaz a kiegészítés relatív hatékonysága a nagyobb koncentráció esetében nem sokkal gyengébb, mint a 150 mg/kg takarmány dózis esetében.



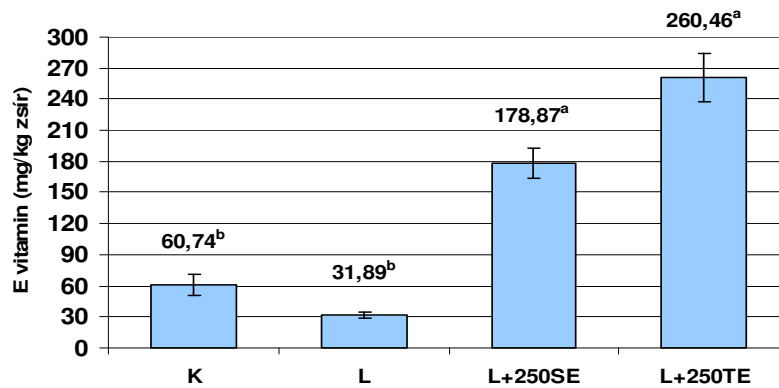
- |            |  |
|------------|--|
| 1. csoport | liba befejezőtáp   |
| 4. csoport | 2 % lenolaj (LO)+zöld+150 mg SE (DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát) |
| 5. csoport | 2 % lenolaj (LO)+zöld+250 mg SE                                  |
| 6. csoport | 2 % lenolaj (LO)+zöld+150 mg TE (D- $\alpha$ -tokoferol)         |
| 7. csoport | 2 % lenolaj (LO)+zöld+250 mg TE                                  |

### 10. ábra: Az $\alpha$ -tokoferol tartalom alakulása a libahúsban különböző E-vitamin kiegészítések hatására

Egyértelműen kitűnik az eredményekből az is, hogy a természetes D- $\alpha$ -tokoferol hatékonyabb a szintetikus DL- $\alpha$ -tokoferol-acetátnál. Ez irodalmi adatok szerint a kétféle  $\alpha$ -tokoferol eltérő mértékű felszívódásával magyarázható. Az a fehérje (TTP=tokoferol transfer protein) ugyanis, amelyre a tokoferol felszívódásához hordozóanyagként szükség van, előnyben részesíti a D- $\alpha$ -tokoferolt a DL- $\alpha$ -tokoferolhoz képest (Peisker, 2004). Oka a gyengébb hatékonyságnak az is, hogy a DL- $\alpha$ -tokoferol lebomlása és kiürülése 3-4-szer nagyobb, mint a D- $\alpha$ -tokoferolé.

A fentieket megerősítik brojlercsirkékkel végzett kísérletünk eredményei is, amely kísérletben a 250 mg/kg dózisú természetes E-vitamin kiegészítés 260,46 mg-os  $\alpha$ -tokoferol-tartalmat eredményezett a brojlerhúsban, ami 45,6%-os növekedés az azonos dózisú szintetikus

forráshoz képest. A lenolajkiegészítés önmagában a kontrollhoz képest csökkentette a hús  $\alpha$ -tokoferol tartalmát.



<sup>a,b</sup> különböző betűvel jelölt értékek min  $P < 0,05$  szinten szignifikánsan különböznek

K = kontroll

L = 4, illetve 2 % lenolaj (LO) kiegészítés

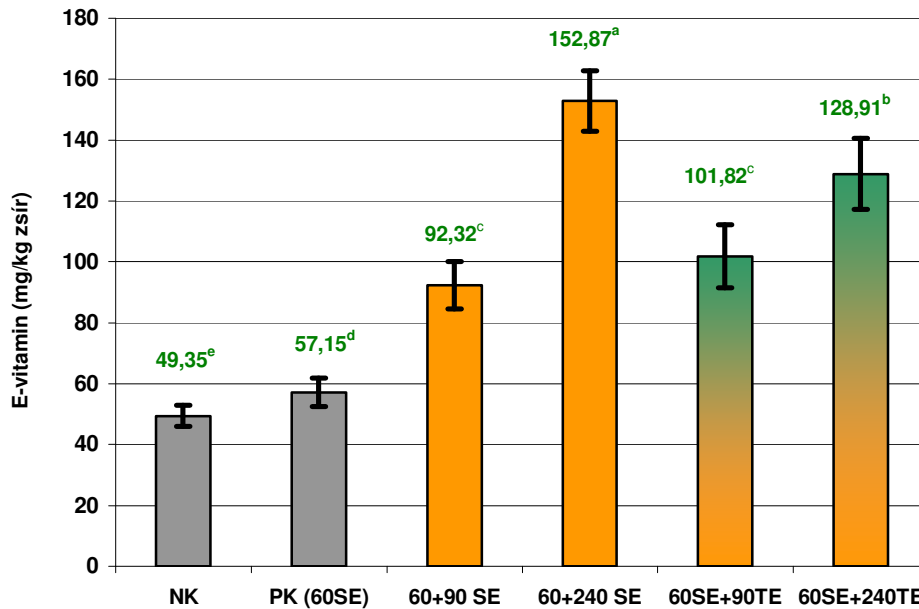
L+250SE = 4, illetve 2% LO + 250 mg/kg DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát

L+250TE = 4, illetve 2% LO + 250mg/kg D-  $\alpha$ -tokoferolt tartalmazó zsírsavpárlat

### 11. ábra: A szintetikus és természetes forrásból származó E-vitamin-kiegészítés hatása a brojlerhús E-vitamin-tartalmára

A madarakkal ellentétben, a nyulak combhúsának vizsgálatakor azt tapasztaltuk, hogy bár ebben a kísérletben is valamennyi E-vitamin-kiegészítés megnövelte a negatív és pozitív kontrollhoz képest a combhúsban a tokoferol-tartalmat, de a legnagyobb növekedést ebben az esetben a nagyobb dózisú szintetikus forma eredményezte 152,87 mg/kg zsír értékkel (12. ábra). A kisebb dózisok esetében a kétféle E-vitamin-forrás közel azonos hatékonyságú volt, a +90 mg szintetikus DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát ugyanis átlagosan 61,5, míg a természetes forma 78,2%-os növekedést hozott a pozitív kontroll csoporthoz képest, amely csak az alaptakarmányban levő E-vitamint kapta (12. ábra). *Corino és mtsai* (1999) kísérletében 1,65-ről 5,66  $\mu\text{g/g}$ -ra szignifikáns mértékben nőtt az  $\alpha$ -

tokoferol tartalom a combhúsban, amikor a takarmány 60 mg/kg-os  $\alpha$ -tokoferol tartalmát olyan módon növelték, hogy a vágás előtt 15 napon át 100 mg  $\alpha$ -tokoferil-acetát/l tartalmú vízzel itatták a kísérleti állatokat.



a, b, c, d, e különböző betűvel jelölt értékek min  $P < 0,05$  szinten szignifikánsan különböznek  
 2-6. csoport: 2% lenolaj+2% napraforgóolaj-kiegészítést kapott  
 SE= DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát                      TE= D- $\alpha$ -tokoferol

## 12. ábra: Természetes és szintetikus E-vitamin-kiegészítés hatása a nyúlcomb E-vitamin-tartalmára

A tokoferol-acetát esetében kísérletünkben a dózis növelésével szinte lineáris mértékben nőtt a combhús tokoferol-tartalma, míg a természetes formánál ez a növekedés jóval szerényebb volt. *Lopez-Bote és mtsai (1997)* 30 g/kg olíva-, illetve napraforgóolaj etetésekor 200 mg/kg-os  $\alpha$ -tokoferil-

acetát kiegészítéssel 100%-os növekedést figyeltek meg a szövetek tokoferol tartalmában. *Corino és mtsai* (2007) 0,5% CLA etetésekor találták hatékonynak a 240 mg/kg-os kiegészítést a hús oxidációs stabilitásának megőrzésében. *Oriani és mtsai* (2001) is úgy találták, hogy az E-vitamin dózis növelésével nő az  $\alpha$ -tokoferol-koncentráció, de azt is megállapították, hogy ez nem lineáris mértékű.

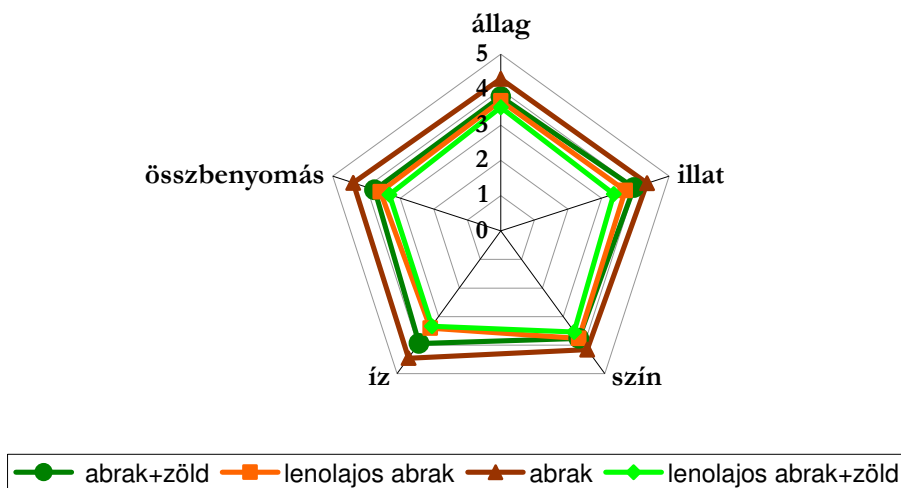
Kísérleti eredményeink alapján összefoglalóan megállapítható, hogy az oxidációs stabilitásra és a hús tokoferol tartalmára gyakorolt hatás alapján 2% lenolajat tartalmazó takarmány etetésekor az E-vitamin kiegészítések közül a húslibák és a brojlercsirkék esetében a legjobb eredmény 250 mg/kg természetes eredetű D- $\alpha$ -tokoferol adagolásával érhető el, míg nyulak esetében az alaptakarmány 60 mg/kg-os E-vitamin tartalmát 240 mg/kg szintetikus eredetű DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát kiegészítéssel célszerű megnövelni.

### 3.3.4. A különböző olajkiegészítések hatása a készételek érzékszervi tulajdonságaira

#### *Ludakkal végzett vizsgálatok*

A fogyasztók szempontjából nem mellékes kérdés, hogy amikor különböző növényi olajokkal egészítjük ki az állatok takarmányát, a kedvező húsösszetétel mellett hogyan alakulnak az ilyen húsból készült ételek érzékszervi tulajdonságai (Dalle Zotte, 2002). Ennek megállapítására a ludak és a nyulak húsból készült különböző ételekkel organoleptikus vizsgálatokat végeztünk.

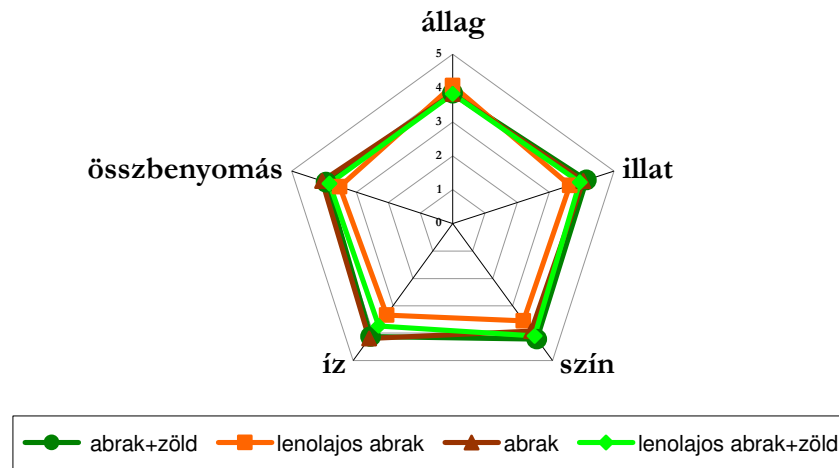
A zöldtakarmány-etetésnek, valamint a lenolaj-kiegészítésnek a libahúsból készült ételek érzékszervi tulajdonságaira gyakorolt hatását tömés előtt levő libák húsból készült sült hússal végzett organoleptikus próbával vizsgáltuk.



**13. ábra: A hizlalás végén levágott májlibákból készült sült libahús organoleptikus tulajdonságai**

A ludak abraktakarmánya 4% lenolajat tartalmazott, zöldtakarmányt pedig ad libitum fogyasztottak az állatok. A próba során kapott eredményeket a 13. ábra szemlélteti. Mint látható, a legjobb minősítést (a legnagyobb pontszámokat) a csak abrakot fogyasztó kontroll csoport húsából készült sült kapta. Bizonyos mértékben váratlan volt számunkra, hogy az abrakkeverék egy része helyett etetett zöldtakarmány a kontroll csoporthoz képest rontotta a sült hús érzékszervi megítélését. Hasonlóképpen - a zöldtakarmánnyal azonos mértékben - a 4% lenolaj-kiegészítés is kisebb pontszámot eredményezett az elbírálás során. A legrosszabb eredményt az a csoport érte el, amelynek állatai zöldtakarmányt fogyasztottak és lenolajkiegészítésben is részesültek. Úgy tűnik, mintha a két hatás ebben a csoportban kumulálódna.

Az eredményekből az a következtetés vonható le, hogy abban az esetben, ha libák húsából libasültet készítenek, 4% lenolaj-kiegészítés rontja az étel érzékszervi tulajdonságait, mindenekelőtt az étel ízét és illatát.

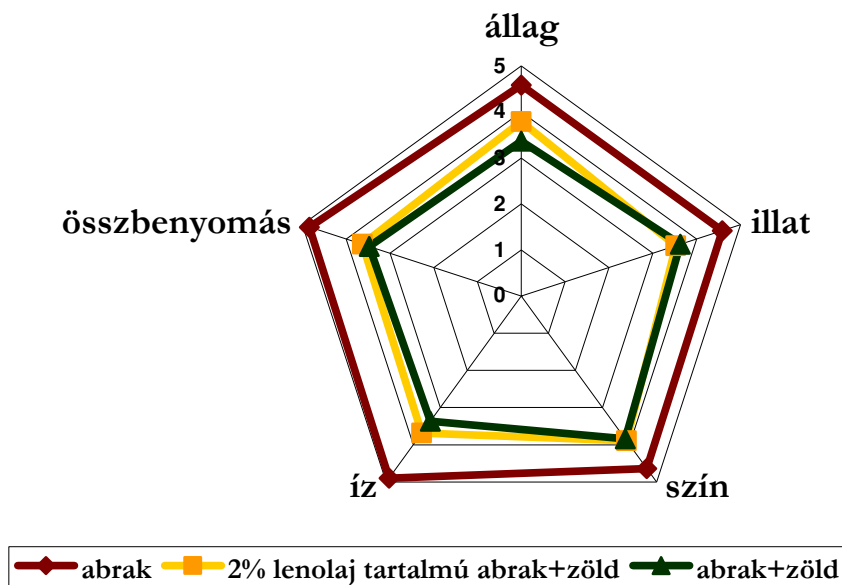


**14. ábra: A tömés után levágott májlibákból készült sült libahús organoleptikus tulajdonságai**



A tömött libák húsból készült sült húsról vonatkozó organoleptikai vizsgálatok eredményét a 14. ábrán mutatjuk be. Ennek alapján megállapítható, hogy a tömés azoknak az állatoknak az esetében javítja a sült libahús érzékszervi megítélését, amelyek az abrak mellett zöldtakarmányt is fogyasztottak a felnevelés során. A két lenolaj-kiegészítésben részesülő csoport esetében a tömés azért nem javította a kóstolópróba eredményeit, mert ezek az állatok nemcsak a felnevelés során fogyasztottak 4% lenolajat, hanem tömőtápjuk is tartalmazott 4% lenolajat.

Mint ahogy a 4% lenolaj-kiegészítés a felnevelés során az érzékszervi próba szempontjából soknak bizonyult, a 2006. évi vizsgálatok során a lenolaj-kiegészítés mennyiségét 2%-ra csökkentettük. Ennek a kísérletnek befejeztével is végeztünk organoleptikai vizsgálatot, amelynek eredményeit a 15. ábrán szemléltetjük.



**15. ábra: A sült libahús organoleptikus tulajdonságainak alakulása 2% lenolaj-kiegészítés esetén**

A leggyengébb pontszámot ezúttal a zöldségfogyasztó csoport húsából készült sült hús kapta. A lenolaj-kiegészítés ehhez a csoporthoz képest javította az eredményeket.

A kísérleti eredmények alapján az javasolható, hogy a hús zsírsavösszetételének javítása céljából a libanevelés, illetve hizlalás során a libák abrakját 2% lenolajjal egészítsük ki. Ez a lenolajmennyiség nem befolyásolja érdemben a libahúsból készült ételek érzékszervi tulajdonságait. A tömőtáp lenolajjal történő kiegészítése nem javasolható.

Az irodalomban nagyon kevés eredmény található arra vonatkozóan, hogy a libahús organoleptikus tulajdonságait hogyan befolyásolják a különböző zsírforrások. *Jiang-WenChaun és mtsai* (1996) három különböző típusú zsírforrást, nevezetesen a nagy SFA tartalmú kókuszolajat, a MUFA típusú sertészsírt és a többszörösen telítetlen zsírsavakat nagy mennyiségben tartalmazó szójaolajat hasonlították össze ludakkal végzett kísérletükben. Megállapításaik szerint az illat intenzitása és a libahús értéke a kókuszolaj esetében jobb volt a szójaolajhoz képest, míg az állag és a főzési veszteség szempontjából nem volt különbség a kezelések között. A kókuszolaj etetésekor azonban nagyobb volt a hús léeresztő képessége.

Az irodalomban arra vonatkozóan nem találtam adatot, hogy a lenolaj-kiegészítés hogyan befolyásolja a libahús érzékszervi minőségét, ezért eredményeinket a brojlercsirkékkel végzett vizsgálatokban szerzett tapasztalatokhoz tudom csak hasonlítani.

A nagy MUFA-tartalmú zsírforrások (faggyú, olívaolaj) 6%-os mennyiségben történő etetésekor *O'Neill és mtsai* (1998) azt tapasztalták, hogy azok nem befolyásolják kedvezőtlenül a brojlerhús minőségét. Ugyanerre a megállapításra jutottak *Lopez-Ferrer és mtsai* (1999b), amikor

brojlercsirkék hizlalása során 8%-os mennyiségben etettek különböző növényi olajokat. Állag, víztartóképeség és főzési veszteség tekintetében ugyan nem volt különbség a kezelések között, de az íz megítélésekor csak a nagy MUFA-tartalmú repceolajat fogyasztó csoport állatainak húsa különbözött a többi kezeléstől, amelyekben szója-, napraforgó-, illetve lenolajat etettek a csirkékkel.

Ezzel az észrevétellel ellentétben *Bartos és mtsai* (2004) brojlercsirkék hizlalásakor 6, illetve a hizlalás végére 3%-ra csökkentett mennyiségű lenolaj-kiegészítés esetén más zsírforrásokhoz viszonyítva az érzékszervi tulajdonságok romlását figyelték meg.

Több kísérletben vizsgálták azt is, hogy a halolajjal végzett kiegészítés milyen hatással van a brojlercsirkék húsának, illetve a belőle készített ételeknek az organoleptikus tulajdonságaira.

*Hargis és van Elswyk* (1993) szerint a baromfihús és tojás omega-3 zsírsavtartalma halolaj, illetve halliszt etetésével megnövelhető, azonban ezáltal mind a húsból, mind a tojásból készült ételek esetében mellékíz alakul ki. Ezt erősítik meg *Lopez-Ferrer és mtsai* (1999a) kísérleti eredményei is. Amikor ugyanis a brojlercsirkékkel az 5 hetes hizlalás teljes ideje alatt 8,2% halolajat etettek, az ételek érzékszervi tulajdonságai elfogadhatatlanná váltak. Amennyiben a vágás előtt a halolajat egy vagy két hétig növényi olajjal helyettesítették (repce- vagy lenolaj), jelentősen javult az ételek érzékszervi megítélése. *Gonzalez-Esquerra és Leeson* (2000) kísérlete azonban arra hívja fel a figyelmet, hogy ha csak a vágás előtti 2 hétben etetünk 7,5 g/kg halolajat, akár 10% lenolajjal együtt, az a brojlercsirkék mellhúsának megítélését nem rontja, ugyanakkor a combhúsét igen. Megállapításuk szerint a linolénsav és a hosszú szénláncú omega-3

zsírsavak felhalmozódása különböző mértékű a mell és a combhúsban, ebből adódnak az érzékszervi megítélésben tapasztalható különbségek.

#### *Nyulakkal végzett vizsgálatok*

*Gondret* (1998) szerint az egyik ok, amiért a nyúlhús zsírsavösszetételét módosítani kívánják a kísérletekben azzal áll összefüggésben, hogy az izomszövet lipidtartalma szerepet játszik az organoleptikus tulajdonságok kialakításában. Ezért kísérleteink során azt is vizsgáltuk, hogy a hazánkban kis mennyiségben fogyasztott nyúlhús esetében az olajkiegészítések milyen változást eredményeznek a hús érzékszervi tulajdonságaiban.

A lenolajjal végzett kiegészítésnek a nyúlhúsból készült ételek érzékszervi tulajdonságaira gyakorolt hatását két étellel, nevezetesen a nyúlpörkölttel, valamint a sült nyúlhússal végzett organoleptikai kísérlet keretében vizsgáltuk. Az eredményeket a 16. és 17. táblázatban foglaltuk össze.

#### **16. táblázat: A nyúlpörkölt organoleptikus vizsgálatának eredményei**

<i>Pörkölt</i>	negatív kontrol	pozitív kontroll	1% lenolaj	2% lenolaj	4% lenolaj
<b>Tulajdonság</b>					
<b>állag</b>	4,30	<b>4,48</b>	4,39	4,09	3,96
<b>illat</b>	4,04	4,26	<b>4,35</b>	4,09	3,57
<b>szín</b>	4,28	<b>4,37</b>	4,33	<b>4,37</b>	4,02
<b>íz</b>	3,78	<b>4,48</b>	4,30	4,09	3,13
<b>összbenyomás</b>	3,90	<b>4,43</b>	4,24	4,05	3,38

A nyúlpörkölt esetében megállapítható, hogy ha valamennyi vizsgált tulajdonságot figyelembe veszünk, akkor a legjobb megítélést a

napraforgóolaj-kiegészítésben részesülő pozitív kontroll csoport kapta, de az is beigazolódott, hogy az 1 és 2%-os lenolaj-kiegészítés az érzékszervi tulajdonságok tekintetében felülmúlta az olajkiegészítésben nem részesülő negatív kontroll csoportot. A fogyasztók számára az egyik legkritikusabb tulajdonság, az íz, tekintetében is jobb eredményt ért el az 1 és 2 % lenolajat fogyasztó csoport, mint a negatív kontroll csoport. A 4% lenolaj-kiegészítés azonban már minden vizsgálati paraméter tekintetében rontotta az érzékszervi tulajdonságokat.

**17. táblázat: A sült nyúlhús organoleptikus vizsgálatának eredményei**

<i>Sült nyúlhús</i>	negatív kontroll	pozitív kontroll	1% lenolaj	2% lenolaj	4% lenolaj
<b>Tulajdonság</b>					
<b>Állag</b>	4,43	4,00	<b>4,45</b>	4,36	4,18
<b>Illat</b>	<b>4,36</b>	3,77	4,09	4,14	4,09
<b>Szín</b>	<b>4,59</b>	4,41	4,32	4,41	4,27
<b>Íz</b>	<b>4,18</b>	3,73	4,05	4,14	3,77
<b>összbenyomás</b>	4,15	3,73	4,15	<b>4,20</b>	3,90

A másik elkészítési mód, a sült hús esetében bizonyos mértékben változtak az eredmények (17. táblázat). Ebben az esetben mind a két nagy dózisu olajkiegészítés (a 4% napraforgó-, és a 4% lenolaj) kedvezőtlenül befolyásolja a húsok megítélését, ami leginkább az íz esetében figyelhető meg. Az 1 és 2% lenolaj-kiegészítés ennek az ételnek az esetében sem rontotta a vizsgált organoleptikus tulajdonságokat.

*Ouhayoun és mtsai* (1987) szerint viszont a szója- és lenolaj-kiegészítés egyértelműen kellemetlen ízt ad a húsoknak. Korábbi vizsgálataikban *Ouhayoun és mtsai* (1986) is azt állapították meg, hogy 5% lenolaj-kiegészítés már avas ízt okoz, feltehetően a PUFA zsírsavak

peroxidációja miatt. Saját vizsgálataink azt igazolják, hogy csak a 4% lenolaj-kiegészítés rontja valamennyi szempont esetében az ételek minőségét. *Dal Bosco és mtsai* (2004) is úgy találták, hogy 8% lenmag etetésekor a napraforgóolajat fogyasztó kontroll csoporthoz képest sincs lényeges különbség az érzékszervi tulajdonságokban sem a friss, sem a tárolt húsból készült ételek esetében. Az ételek ízére vonatkozó kedvező eredményeink egybecsengenek *Oliver és mtsai* (1997) azon megállapításával, hogy a növényi olaj-kiegészítés hatására a hús porhanyósabb, lédúsabb lesz és kedvezőbb ízt ad az állati zsírhoz képest.

Egy nyulakkal végzett vizsgálat során *Christ és mtsai* (1996) növekvő mértékű (0, 4,5 és 9%) repceolaj-kiegészítés esetén nem találtak különbséget az érzékszervi tulajdonságokban a kezelések között. *Colin és mtsai* (2005) vizsgálatai is ugyanezt az eredményt hozták, amikor extrudált lenmagot etettek nyulakkal. A 0,8% linolénsav-tartalmú takarmány nem okozott eltérést az organoleptikus tulajdonságokban az alacsony (0,06%) linolénsav tartalmú takarmányt fogyasztó kontroll csoporthoz képest.

Ugyanakkor *Oliver és mtsai* (1997) szerint a zsírkiegészítés esetében - függetlenül a zsírforrásától (növényi vagy állati eredetű) - arra is számítani lehet, hogy a kezelt állatok húsa lédúsabb lesz.

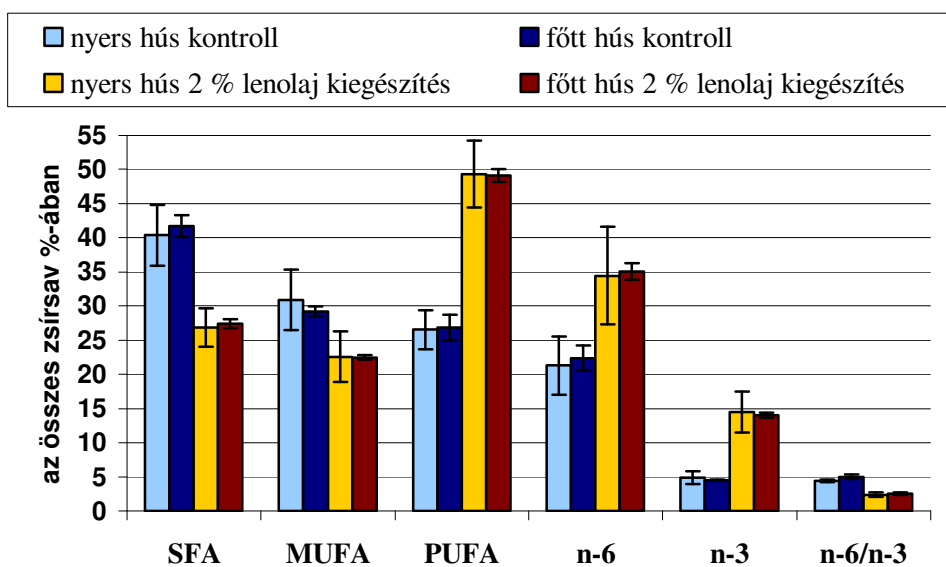
Eredményeink alapján az a következtetés fogalmazható meg, hogy 1 és 2% lenolajjal kiegészítve a nyulak takarmányát, az nem idéz elő kedvezőtlen változásokat a nyúlhúsból készített ételek minőségében, érzékszervi tulajdonságaiban.

### 3.3.5. A készételek zsírsavösszetételének elemzése

Arra vonatkozóan, hogy a különböző állatfajok takarmányának zsírkiegészítése a zsírforrástól függően milyen hatással van a nyers állati termékek (pl. hús, tojás) zsírsavösszetételére, az irodalomban számos eredményt találunk. Jóval kevesebben foglalkoznak ugyanakkor azzal, hogy a zsírsavösszetétel változása milyen hatással van a kész ételek érzékszervi tulajdonságaira. Ennél is kevesebben vizsgálták azt, hogy hogyan alakul az elkészített ételek zsírsavösszetétele a konyhatechnikai műveletek (főzés, sütés) hatására.

Ezért kísérleteink során azt is vizsgáltuk, hogy miként változik meg a csirkehús és a nyúlhús zsírsavösszetétele a főzés, illetve sütés hatására.

Az eredményeket bemutató 18. táblázat és 16. ábra adatai alapján megállapíthatjuk, hogy a főzés nem változtatta meg sem a csirke, sem a nyúlhús zsírsavösszetételét.



16. ábra: Nyers és edényben főtt nyúlhús zsírsavösszetétele

**18. táblázat: Kuktában főtt csirkehús zsírsavösszetétel vizsgálatának eredményei**

zsírsavak	kontroll		2% lenolaj kiegészítés	
	nyers hús	főtt hús	nyers hús	főtt hús
C <sub>14:0</sub>	0,48±0,05	0,49±0,04	0,42±0,01	0,43±0,01
C <sub>14:1</sub>	0,13±0,01	0,14±0,01	0,12±0,01	0,10±0,01
C <sub>16:0</sub>	20,64±1,08	21,52±0,08	19,68±1,13	19,66±0,32
C <sub>16:1</sub>	4,32±0,41	4,43±0,18	4,34±0,11	3,67±0,42
C <sub>18:0</sub>	5,91±0,30	6,40±0,24	5,61±0,29	6,79±0,09
C <sub>18:1 n-9</sub>	32,77±1,56	31,41±0,48	33,49±1,04	32,64±1,32
C <sub>18:2 n-6</sub>	30,21±2,55	29,61±0,42	21,71±1,24	22,28±1,02
C <sub>18:3 n-3</sub>	0,67±0,08	1,11±0,00	9,41±0,03	9,22±0,08
C <sub>20:4 n-6</sub>	0,57±0,19	1,16±0,35	0,36±0,19	0,76±0,23
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,02±0,01	0,02±0,00	0,19±0,06	0,33±0,08
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,03±0,01	0,05±0,03	0,11±0,04	0,27±0,09
<b>SFA</b>	<b>27,30±1,33</b>	<b>28,75±0,06</b>	<b>25,96±1,41</b>	<b>27,17±0,22</b>
<b>MUFA</b>	<b>38,87±1,94</b>	<b>37,46±0,59</b>	<b>39,34±1,17</b>	<b>37,85±1,70</b>
<b>PUFA</b>	<b>32,49±3,02</b>	<b>33,30±0,27</b>	<b>32,80±1,78</b>	<b>34,23±1,70</b>
<b>n-6</b>	<b>31,75</b>	<b>32,00</b>	<b>22,84</b>	<b>23,77</b>
<b>n-3</b>	<b>0,74</b>	<b>1,28</b>	<b>9,93</b>	<b>10,42</b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>43,34</b>	<b>25,10</b>	<b>2,30</b>	<b>2,28</b>

A csirkehús esetében az n-6/n-3 arány a főzést követően is 2-3 között alakul, csakúgy, mint a nyershúsban. Változatlan marad az egyes csoportok között ebben a tekintetben kialakult korábbi tendencia is. Ugyanígy a nyúlhús esetében is változatlan marad a 12-14% n-3 zsírsav részarány, szemben a kontroll csoport kevesebb, mint 5%-os arányával. Eredményeink megegyeznek *Grau és mtsai* (2001a) kísérleteinek tapasztalataival. Ők ugyanis kuktában 35 percig 80 °C-on főzték a 6% zsírkiegészítéssel előállított húsokat és nem találtak változást a főzés hatására a zsírsavösszetételben, változatlan maradt az n-3 zsírsavak kb. 25%-os részaránya is.



Kísérletünkben nem találtunk különbséget a zsírsavösszetételben a kétféle főzés mód (lábosban 2 órán át, illetve kuktában 20 percig) hatása között. Mindkét esetben megmarad a nyers hús kedvező zsírsavösszetétele.

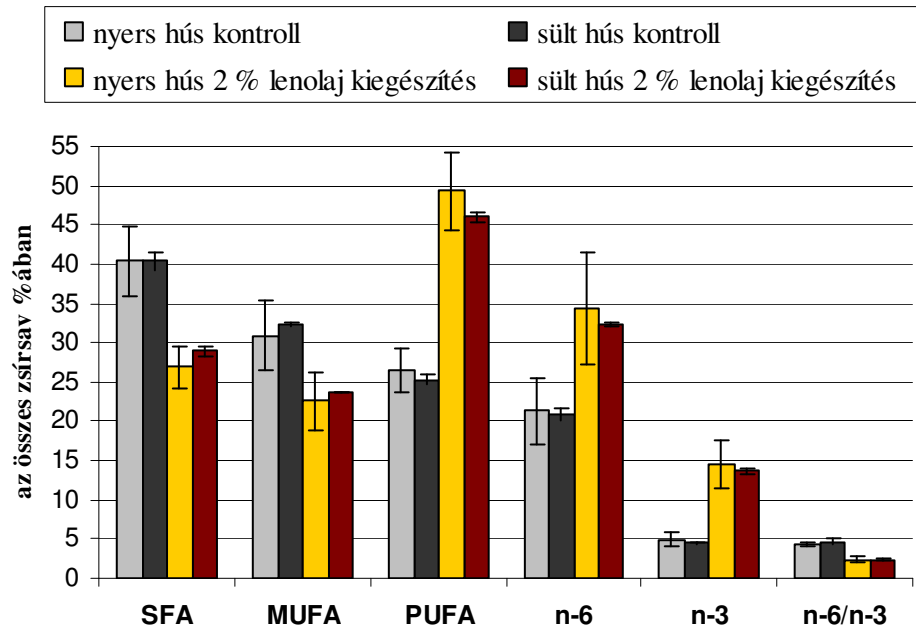
A másik konyhatechnikai művelet, amit vizsgáltunk, a sütés volt. A zsíradék nélkül történő sütés eredményei összecseengenek a főzött hús esetében kapott eredményekkel (19. táblázat, 17. ábra).

**19. táblázat: Nyers és natúr sült csirkehús zsírsavösszetételének összehasonlítása**

zsírsavak	kontroll		2% lenolaj kiegészítés	
	nyers hús	sült hús	nyers hús	sült hús
C <sub>14:0</sub>	0,48±0,05	0,51±0,06	0,42±0,01	0,40±0,00
C <sub>14:1</sub>	0,13±0,01	0,14±0,01	0,12±0,01	0,10±0,01
C <sub>16:0</sub>	20,64±1,08	21,15±0,49	19,68±1,13	18,49±0,52
C <sub>16:1</sub>	4,32±0,41	4,48±0,13	4,34±0,11	3,71±0,01
C <sub>18:0</sub>	5,91±0,30	6,10±0,13	5,61±0,29	5,65±0,01
C <sub>18:1 n-9</sub>	32,77±1,56	32,26±0,13	33,49±1,04	33,15±0,23
C <sub>18:2 n-6</sub>	30,21±2,55	30,49±0,38	21,71±1,24	23,96±0,68
C <sub>18:3 n-3</sub>	0,67±0,08	1,09±0,02	9,41±0,03	10,69±0,57
C <sub>20:4 n-6</sub>	0,57±0,19	0,73±0,04	0,36±0,19	0,41±0,05
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,02±0,01	0,02±0,00	0,19±0,06	0,22±0,01
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,03±0,01	0,02±0,00	0,11±0,04	0,12±0,02
<b>SFA</b>	<b>27,30±1,33</b>	<b>28,05±0,43</b>	<b>25,96±1,41</b>	<b>24,83±0,50</b>
<b>MUFA</b>	<b>38,87±1,94</b>	<b>38,28±0,01</b>	<b>39,34±1,17</b>	<b>38,23±0,22</b>
<b>PUFA</b>	<b>32,49±3,02</b>	<b>33,34±0,44</b>	<b>32,80±1,78</b>	<b>36,40±0,22</b>
<b>n-6</b>	<b>31,75</b>	<b>32,15</b>	<b>22,84</b>	<b>24,97</b>
<b>n-3</b>	<b>0,74</b>	<b>1,19</b>	<b>9,93</b>	<b>11,40</b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>43,34</b>	<b>27,13</b>	<b>2,30</b>	<b>2,19</b>

Megállapítható, hogy mind a csirkehús, mind a nyúlhús esetében megmarad a szűk n-6/n-3 arány és ezzel együtt a nagy n-3 zsírsav-hányad. Ez az eredmény azt igazolja, hogy a takarmányozás útján módosított

zsírsavösszetétel a már ténylegesen fogyasztásra kerülő készételekben is megmarad.



**17. ábra Nyers és saját zsírjában sült nyúlhús zsírsavösszetételének összehasonlítása**

Hasonlóan kedvező eredményt kaptak *Castellini és mtsai* (1998), 2% halolaj és E-vitamin-kiegészítéssel előállított nyúlhús esetén. A nyers és sült (15 percig 200 °C-on sütés) hús zsírsavösszetételét vizsgálva megállapították, hogy a sütés hatására a telített zsírsavak kis mértékű növekedésével párhuzamosan ugyancsak kis mértékben csökkent a PUFA zsírsavak részaránya. A linolénsav mennyisége azonban nem változott, sőt változatlan maradt a hosszú szénláncú n-3 zsírsavak (EPA, DHA) részaránya is. Vagyis kísérletükben a sütés nem befolyásolta lényegesen a nyúlhús zsírsavösszetételét.

Brojlercsirkékkel végzett vizsgálataikban *Skrivanová és mtsai* (2004) 4% repceolaj kiegészítéssel előállított nyers, valamint a főtt és a zsiradék nélkül sült húsok zsírsavösszetételét hasonlították össze. Eredményeik összhangban vannak a mi adatainkkal, mivel ők is úgy találták, hogy ezek a konyhatechnikai műveletek nem befolyásolták lényegesen a húsok zsírsavösszetételét. Kísérletünkben a PUFA zsírsavak közül az n-6 csoport arányának kismértékű növekedésével párhuzamosan csökkent az n-3 csoport mennyisége. Ennek köszönhetően az n-6/n-3 arány 4,15:1-ről 4,63:1 illetve 4,54:1-re változott rendre a főzés, illetve a sütés hatására, ami még kedvezőnek mondható, hiszen az ideális 3-5:1 tartományon belül van.

**20. táblázat: Nyers és sertészsírban sült rántott csirkehús zsírsavösszetétel vizsgálatának eredményei**

zsírsavak	kontroll		2% lenolaj kiegészítés	
	nyers hús	sült hús	nyers hús	sült hús
C <sub>14:0</sub>	0,48±0,05	0,94±0,28	0,42±0,01	0,86±0,34
C <sub>14:1</sub>	0,13±0,01	0,07±0,04	0,12±0,01	0,05±0,01
C <sub>16:0</sub>	20,64±1,08	23,29±1,14	19,68±1,13	21,49±2,89
C <sub>16:1</sub>	4,32±0,41	3,27±0,75	4,34±0,11	2,71±0,10
C <sub>18:0</sub>	5,91±0,30	9,98±2,65	5,61±0,29	9,96±2,36
C <sub>18:1 n-9</sub>	32,77±1,56	36,29±2,49	33,49±1,04	35,66±2,86
C <sub>18:2 n-6</sub>	30,21±2,55	20,13±6,77	21,71±1,24	18,35±5,36
C <sub>18:3 n-3</sub>	0,67±0,08	1,27±0,08	9,41±0,03	5,69±3,30
C <sub>20:4 n-6</sub>	0,57±0,19	0,64±0,14	0,36±0,19	0,63±0,13
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,02±0,01	0,02±0,01	0,19±0,06	0,20±0,06
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,03±0,01	0,05±0,02	0,11±0,04	0,18±0,06
<b>SFA</b>	<b>27,30±1,33</b>	<b>34,75±4,24</b>	<b>25,96±1,41</b>	<b>32,84±5,76</b>
<b>MUFA</b>	<b>38,87±1,94</b>	<b>41,65±2,21</b>	<b>39,34±1,17</b>	<b>40,33±3,53</b>
<b>PUFA</b>	<b>32,49±3,02</b>	<b>23,12±6,41</b>	<b>32,80±1,78</b>	<b>26,35±9,04</b>
<b>n-6</b>	<b>31,75</b>	<b>21,65</b>	<b>22,84</b>	<b>19,78</b>
<b>n-3</b>	<b>0,74</b>	<b>1,45</b>	<b>9,93</b>	<b>6,53</b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>43,34</b>	<b>14,93</b>	<b>2,30</b>	<b>3,03</b>

A csirkehússal további vizsgálatot végeztünk annak megállapítására, hogy változik-e a nyers hús zsírsavösszetétele, ha valamilyen zsiradékban sütjük meg a húst (rántott csirkehúsként). A kiválasztott zsiradékok, a sertészsír és a napraforgóolaj, azaz a hazánkban legáltalánosabban használt zsiradékok.

A sertészsírban sült húsok esetében azt lehet megállapítani, hogy a kontroll és a kísérleti csoportokban is nőtt a telített zsírsavak mennyisége a nyers húshoz képest, annak ellenére, hogy a sertészsír egyszerűen telítetlen zsírsavakat tartalmaz nagyobb mennyiségben. Ugyanakkor a MUFA zsírsavak mennyisége nem változott, míg a PUFA részaránya kis mértékben csökkent, ami mind az n-6, mind az n-3 zsírsavak csökkenését eredményezte. Mindezek ellenére a lenolaj-kiegészítés n-3 zsírsavtartalmat növelő hatása továbbra is érvényesül, hiszen a kísérleti csoportok húzában közel 7% az n-3 zsírsavak mennyisége, szemben a kontroll 1,45%-os értékével, ami 4,8-szoros különbséget jelent. Ennek megfelelően az n-6/n-3 zsírsavarányban is háromszoros a különbség (14,99 vs. 3,05).

A napraforgóolajban történő sütés már jobban befolyásolja a zsírsavösszetételt (F19. táblázat). Kedvező hatása, hogy a nyers húshoz képest a kontroll csoportban relatíve 31, míg a kísérleti csoportok átlagosan 27%-kal csökkent a telített zsírsavak részarányát. Emellett a MUFA csoport részaránya is átlagosan 20%-kal csökken. Mindezekkel a változásokkal párhuzamosan természetesen a többszörösen telítetlen zsírsavak részaránya nő. A napraforgóolaj nagy linolsav-tartalmára visszavezethetően az n-6 zsírsavak részaránya a kísérleti csoportok nyershúsában található átlagosan 25,9%-os értékéről 47,25%-ra nőtt a sütés után. Ezáltal a 2%-os lenolaj-kiegészítéssel elért 10%-os n-3 zsírsav arány 5%-ra csökkent, azonban a

kontrollhoz képest még így is 6,4-szer nagyobb. *Dal Bosco és mtsai* (2001) nyúlhús esetében vizsgálták a napraforgóolajban történő sütés hatását, és ők is úgy találták, hogy szignifikánsan csökkent az n-3 zsírsavak részaránya a nyers húshoz képest. Hangsúlyozni szükséges, hogy azok a változások, amelyek a hús sertészsírban, vagy napraforgóolajban történő sütésekor az n-3 zsírsavak esetében bekövetkeznek, nem az n-3 zsírsavak abszolút csökkenésének következményei, hanem relatív változások, amelyek annak eredményeként állnak elő, hogy a hús sütés közben n-3 zsírsavakban szegény sertészsírt, vagy napraforgóolajat vesz fel. Emlékeztetni szükséges arra is, hogy az n-6/n-3 zsírsavarány túgulása ellenére a kisütött hús n-6/n-3 aránya még így is alig lépi túl az optimálisnak tartott 3-5:1 arányon.

A konyhatechnikai műveletek hatását összegezve megállapítható, hogy a hagyományosan edényben, illetve a kuktában történő főzés a csirke-, illetve a nyúlhús zsírsavössztételét nem módosítja, azaz a lenolajkiegészítéssel megnövelt n-3 zsírsav tartalom a készételekben is megmarad. Zsiradék nélküli sütéssel ugyancsak megőrizhető a nyers húskok kedvező zsírsavössztétele. Amikor a megnövelt n-3 zsírsavtartalmú húskokból zsíradék felhasználásával készül étel, úgy annak táplálkozási értéke csak akkor csökkenne érdemlegesen, ha a hús sütés közben olyan sok sertészsírt, vagy napraforgóolajat venne fel, aminek következtében az n-6/n-3 arány jelentősen, az optimális arányból kilépve túgulna. Kísérleti eredményeink szerint ez nemcsak sertészsírban, hanem napraforgóolajban történő sütés esetében sem várható.

További vizsgálatok tárgyát képezheti, hogy az n-3 zsírsavakat nagyobb mennyiségben tartalmazó zsíraddockban, pl. repceolajban, vagy

szójaolajban történő sütés esetén hogyan változik az elkészített ételek zsírsav profilja a nyers húshoz képest.

## 4. ÖSSZEFOGLALÁS

A takarmányozás igen sokoldalú hatást gyakorol az állati eredetű élelmiszerek összetételére és ezáltal táplálkozási értékére. Ismerve a különböző táplálóanyagoknak az egyes anyagcserefolyamatokban betöltött szerepét, lehetőség nyílik ún. funkcionális élelmiszerek előállítására, amelyek speciális táplálóanyag tartalmuknak köszönhetően, rendszeres, tartós fogyasztásuk esetén késleltetik, vagy akár elkerülhetővé teszik egyes betegségek kialakulását.

Magyarországon a szív- és érrendszeri megbetegedések vezető helyen állnak, ami egyéb okok mellett azzal is összefüggésben van, hogy a hazai lakosság zsírsav ellátottsága több tekintetben nem felel meg a táplálkozási ajánlásoknak. Mindenekelőtt az n-3 zsírsavellátottság marad el a javasolt szinttől. Az n-6/n-3 arány hazánkban lényegesen tágabb az optimálisnál, gyakran 28-30:1 feletti érték (*Rodler, 2005*).

A lakosság zsírsav-ellátottságának javítására egyik lehetőség, hogy a gazdasági állatok takarmányát n-3 zsírsavakban gazdag olajokkal egészítsük ki, és így növeljük az állati eredetű élelmiszerek n-3 zsírsavtartalmát. Erre étlettanilag van lehetőség. Ennek igazolására végeztük el kísérleteinket, amelyek során a következő kérdésekre kerestük a választ:

- Növelhető-e takarmányozás útján (lenolaj és zöldtakarmányok felhasználásával) a libatermékek és a nyúl vágott árujának n-3 zsírsavtartalma?
- Hogyan változik a megnövelt n-3 zsírsavtartalmú zsír oxidációs stabilitása?

- Szintetikus, illetve természetes forrásból származó, különböző dózisban adagolt E-vitamin-kiegészítés hogyan befolyásolja az oxidációs stabilitást, illetve a hús tokoferoltartalmát?
- Milyen hatást gyakorol a takarmányozás az ételek érzékszervi tulajdonságaira?
- Hogyan változik a készételek zsírsavösszetétele a konyhatechnikai eljárások hatására?

Az első kísérletsorozatot Lipitsch-iXL húshibrid és Gourmaud májhibrid libákkal végeztük, amely kísérletekben a lenolaj-kiegészítés és a zöldtakarmány-etetés zsírsavösszetételre gyakorolt hatását vizsgáltuk. A kísérletek során megállapítottuk, hogy mind a zöldtakarmány-etetés, mind a lenolaj-kiegészítés növeli az n-3 zsírsavak %-os mennyiségét, és ezáltal szűkíti az n-6/n-3 zsírsav arányt a vágott áruban. A lenolaj hatása ebben a tekintetben kifejezettebb.

Májlibák esetében a tömés zsírsavösszetételre gyakorolt hatását is vizsgáltuk. Az eredmények szerint az olajsav részarányának jelentős növekedésével párhuzamosan csökken a PUFA zsírsavak mennyisége a zsírban.

Nyulakkal (Pannon fehér) is végeztünk hasonló célkitűzéssel kísérletet, amelyben 1, 2 illetve 4%-os dózisban adtunk lenolajat a nyulak takarmányához, amellyel szintén sikerült jelentősen megnövelni az n-3 zsírsavak mennyiségét a comb-, illetve a gerinchúsban.

A második kísérletsorozatban a ludak és a nyulak mellett brojlercsirkékben is vizsgáltuk, hogy a lenolaj-kiegészítéssel együtt adagolt E-vitamin-kiegészítés milyen hatást gyakorol az oxidációs stabilitásra, illetve a hús tokoferol-tartalmára. Valamennyi állatfaj esetében szintetikus



és természetes forrásból származó E-vitamin hatékonyságát is vizsgáltuk. A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a zsírsavpárlat - mint természetes E-vitaminforrás – D- $\alpha$ -tokoferolja a húslibák, a brojlercsirkék és a nyulak esetében hatékonyabb az oxidációs stabilitás romlásának mérséklésében, illetve megelőzésében, mint az ipari úton előállított DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát.

Az organoleptikus tulajdonságok megállapítására sült liba-, illetve nyúlhúst, valamint nyúlpörköltet készítettünk a különböző kezelések húsából, és a bírálók által adott pontok alapján értékeltük az egyes kezelések hatását. Az érzékszervi vizsgálatok eredményei alapján mind a ludak, mind a nyulak takarmányát 2% lenolajjal javasoljuk kiegészíteni, amely koncentráció csak minimális mértékben változtatja meg az ilyen húsból készült ételek organoleptikus tulajdonságait. A 4% lenolaj-kiegészítés már mind a lúd-, mind a nyúlhúsból készült ételek érzékszervi tulajdonságait érdemben rontja.

A lenolaj-kiegészítésnek a nyers hús zsírsavösszetételére gyakorolt hatásán túlmenően azt is vizsgáltuk, hogy egyes konyhatechnikai műveletek miként befolyásolják a takarmányozás útján elért kedvező zsírsavösszetételt a csirke-, illetve nyúlhús esetében. Ezért mindkét állatfaj húsát eltérő módon, hagyományosan, illetve kuktában főztük; valamint sütöttük, majd az így elkészült ételek zsírsavösszetételét megvizsgáltuk. Ez alapján megállapítottuk, hogy a megnövelt n-3 zsírsavtartalmú húsok hagyományos módon, vagy kuktában történő főzése nem változtatja meg a húsok főzés előtti zsírsavösszetételét. Nem változik meg a hús zsírsavösszetétele akkor sem, amikor azt a saját zsírjában sütjük. Amikor a húst sertészsír, vagy napraforgóolaj hozzáadásával sütjük, változik ugyan a húsok

zsírsavösszetétele, azonban a változás nem az n-3 zsírsavak abszolút csökkenésének az eredménye, hanem azzal áll összefüggésben, hogy a sütés során a hús csak kevés  $\alpha$ -linolénsavat tartalmazó sertézsírt, illetve napraforgóolajat vesz fel. A hús n-6/n-3 aránya azonban a sütést követően még így is alig lépi túl az optimálisnak tartott 3-5:1 arányt.

Összefoglalva a kapott eredményeket megállapítható, hogy a takarmány 2% lenolajjal történő kiegészítésével a liba-, illetve nyúlhús zsírsavösszetétele is előnyösen módosítható, a humán igényekhez közelíthető. E-vitaminnal - lehetőleg természetes eredetű tokoferollal - kiegészítve a takarmányt a hús oxidációs stabilitása megfelelő szinten tartható. A 2% lenolajjal történő kiegészítés nem rontja érdemben az ilyen liba-, illetve nyúlhúsból készített ételek érzékszervi tulajdonságait.

## 5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az elvégzett kísérletek adatai alapján a következő új tudományos eredmények fogalmazhatók meg:

1. Zöldtakarmányok etetése vagy a takarmány 4 % lenolajjal történő kiegészítése szignifikánsan csökkentette a ludak, valamint a nyulak szöveteinek zsírjában a MUFA, és növelte a PUFA zsírsavak részarányát. Legnagyobb mértékben az  $\alpha$ -linolénsav és az arachidonsav, a májban pedig az EPA és a DHA mennyisége növekedett. A lenolaj-kiegészítés és a zöldtakarmány-etetés MUFA és PUFA zsírsavakra gyakorolt hatása kumulálódik. Mindkét kiegészítés szűkítette a vizsgált állatfajok zsírjában az n-6/n-3 arányt. A lenolaj hatása ebben a tekintetben lényegesen nagyobb a zöldtakarmányokénál.
2. A ludak tömése növeli az olajsav, és nagymértékben csökkenti a PUFA részarányát a májban. A tömés során a zsírsavösszetételben bekövetkező változásokat a libák tömés előtti takarmányozása is befolyásolja.
3. Az etetett takarmányok zsírsavösszetétele a ludak esetében eltérő hatást gyakorol a test különböző helyeiről származó zsír zsírsavösszetételére.
4. A zsírsavpárlat - mint természetes E-vitamin forrás - D- $\alpha$ -tokoferolja a húslibák, a brojlercsirkék, valamint a nyulak esetében hatékonyabb antioxidáns, mint az iparilag előállított DL-  $\alpha$ -tokoferol-acetát.

5. A nyulak és a ludak takarmányának 2 % lenolajjal történő kiegészítése nem okoz számottevő változást az ilyen húsból készült ételek organoleptikus tulajdonságaiban.
6. Megnövelt n-3 zsírsav tartalmú húsk hagyományos módon 2 órán át vagy kuktában 20 percig történő főzése, illetve kb 40 percig saját zsírjában történő sütése nem változtatja meg a húsk zsírsavösszetételét. Amikor a húst sertészsír vagy napraforgóolaj hozzáadásával 15-20 percig sütjük, változik a húsk zsírsavösszetétele, amely változás azonban nem jelenti az n-3 zsírsavak mennyiségének abszolút csökkenését a húsban.

## TÁBLÁZATOK ÉS ÁBRÁK JEGYZÉKE

### Táblázatok:

1. táblázat	Az n-6 és n-3 zsírsavakból képződő eikozanoidok fiziológiás hatása	14.o.
2. táblázat	Táplálkozási ajánlások az egyes zsírsavak bevitelére	16.o.
3. táblázat	A sertészsír és néhány növényi olaj n-6 és n-3 zsírsavtartalmának alakulása	20.o.
4. táblázat	A humán ételmezésben és a takarmányozásban leggyakrabban felhasznált olajok és zsírok fontosabb zsírsavcsoportjai	34.o.
5. táblázat	A húslibák átlagos testtömegének, testtömeg-gyarapodásának, energia-és fehérjehasznosításának alakulása a kísérlet során (2005)	74.o.
6. táblázat	Májlibák átlagos testtömegének, tömeg-gyarapodásának, energia-és fehérjehasznosításának alakulása a kísérlet során (2005)	78.o.
7. táblázat	A húslibák átlagos testtömegének, tömeg-gyarapodásának, energia-és fehérjehasznosításának alakulása a kísérlet során (2006)	82.o.
8. táblázat	A májlibák átlagos testtömegének, tömeg-gyarapodásának, energia-és fehérjehasznosításának alakulása a kísérlet során (2006)	83.o.
9. táblázat	Hízlalási eredmények alakulása az 1. nyúlhízlalási kísérlet során (2005)	88.o.
10. táblázat	Hízlalási eredmények alakulása a 2. nyúlhízlalási kísérlet során (2006)	89.o.
11. táblázat	A takarmányozás hatása a vágott libatest zsírsavösszetételére	92.o.
12. táblázat	A takarmányozás egységesítésének hatása a húslibák zsírjának zsírsavösszetételére	102.o.
13. táblázat	Eltérő takarmányt fogyasztó májlibák mellzsírjának és májának zsírsavösszetétele	110.o.
14. táblázat	A napraforgó- és lenolaj-kiegészítés hatása a nyúlcomb zsírjának zsírsavösszetételére	118.o.
15. táblázat	A fontosabb zsírsavak és zsírsavcsoportok alakulása a különböző olajkiegészítésben részesülő nyulakban	122.o.
16. táblázat	A nyúlpörkölt organoleptikus vizsgálatának eredményei	152.o.
17. táblázat	A sült nyúlhús organoleptikus vizsgálatának eredményei	153.o.
18. táblázat	Kuktában főtt csirkehús zsírsavösszetétel vizsgálatának eredményei	156.o.
19. táblázat	Nyers és natúr sültcsirke hús zsírsavösszetétel vizsgálatának eredményei	157.o.
20. táblázat	Nyers és sertészsírban sült rántott csirkehús zsírsavösszetétel vizsgálatának eredményei	160.o.

## A függelékben található táblázatok:

F1. táblázat	A liba hízlalótáp összetétele és táplálóanyag-tartalma	186.o.
F2. táblázat	A növendék libatáp összetétele és táplálóanyag-tartalma	187.o.
F3. táblázat	A brojlerekkel végzett kísérletben etetett takarmányok	188.o.
F4. táblázat	Az 1. nyúlkísérletben 35-56 napos korban etetett hízónyúltáp összetétele és táplálóanyag-tartalma (2005)	189.o.
F5. táblázat	Az 1. nyúl kísérletben 56. napos kortól vágásig etetett befejező nyúltáp összetétele	190.o.
F6. táblázat	Eltérő takarmányt fogyasztó húslibák mell- és combzsírjának zsírsavösszetétele	191.o.
F7. táblázat	Eltérő takarmányt fogyasztó húslibák hasúri- és bőralatti zsírjának zsírsavösszetétele	192.o.
F8. táblázat	Eltérő takarmányt fogyasztó húslibák májának zsírsavösszetétele (2005)	193.o.
F9. táblázat	A húslibák zsírsavösszetételének alakulása a takarmányozás egységesítése után mintavételi helyek szerint (2005)	194.o.
F10. táblázat	A tömés hatása a libazsír fontosabb zsírsavaira (az összes zsírsav %-ában)	195.o.
F11. táblázat	A napraforgó- és lenolaj-kiegészítés hatása a nyúlgerinchús zsírjának zsírsavösszetételére (2005)	196.o.
F12. táblázat	A napraforgó- és lenolaj-kiegészítés hatása a nyúlmáj zsírjának zsírsavösszetételére (2005)	197.o.
F13. táblázat	A húslibák zsírsavösszetételének (mell, comb, bőralatti zsír és máj minták átlaga) alakulása a 2006. évi kísérletben	198.o.
F14. táblázat	A májlibák zsírsavösszetételének (mell, comb, bőralatti zsír és máj minták átlaga) alakulása a tömés előtt a 2006. évi kísérletben	199.o.
F15. táblázat	A májlibák zsírsavösszetételének (mell, comb, bőralatti zsír és máj minták átlaga) alakulása a tömés utána 2006. évi kísérletben	200.o.
F16. táblázat	Fontosabb zsírsavak és zsírsavcsoportok a brojlerekkel végzett kísérlet húsmintáiban	201.o.
F17. táblázat	Fontosabb zsírsavak és zsírsavcsoportok a nyúlgerinchús esetében lenolaj- és E vitamin kiegészítés együttes alkalmazásakor (2006)	202.o.
F18. táblázat	Fontosabb zsírsavak és zsírsavcsoportok a nyúlcomb esetében lenolaj- és E-vitamin-kiegészítés együttes alkalmazásakor (2006)	203.o.
F19. táblázat	Napraforgóolajban sült rántott csirkehús zsírsav-összetétel vizsgálatának eredményei	204.o.

**Ábrák**

1. ábra	A linolsav és $\alpha$ -linolénsav metabolizmusának egyes lépései	11.o.
2. ábra	A ROS elleni védekezés mechanizmusa	30.o.
3. ábra	Az n-6/n-3 zsírsavarány alakulása az egyes mintavételi helyeken a különböző kezeléseknél a 11. héten	101.o.
4. ábra	Az n-6/n-3 zsírsavak arányának alakulása a takarmány egységesítése után a hizlalás befejezésekor (17. héten)	106.o.
5. ábra	A zsír $\alpha$ -linolénsav-tartalmának alakulása az egyes kezelésekből	124.o.
6. ábra	A zsír oxidációs stabilitásának alakulása a húslibáknál	131.o.
7. ábra	Az oxidációs stabilitás alakulása a tömött májlibák húzában	134.o.
8. ábra	A brojlercsirkehús oxidációs stabilitásának változása lenolaj és E-vitamin kiegészítés hatására	136.o.
9. ábra	A nyúlhús oxidációs stabilitásának változása lenolaj- és E-vitamin-kiegészítés hatására	140.o.
10. ábra	Az $\alpha$ -tokoferol-tartalom alakulása a libahúsban különböző E-vitamin-kiegészítések hatására	143.o.
11. ábra	A szintetikus és természetes forrásból származó E-vitamin-kiegészítés hatása a brojlerhús E-vitamin tartalmára	144.o.
12. ábra	Természetes és szintetikus E-vitamin-kiegészítés hatása a nyúlcomb E-vitamin-tartalmára	145.o.
13. ábra	A hizlalás végén levágott májlibákból készült sült libahús organoleptikus tulajdonságai	147.o.
14. ábra	A tömés után levágott májlibákból készült sült libahús organoleptikus tulajdonságai	148.o.
15. ábra	A sült libahús organoleptikus tulajdonságainak alakulása 2% lenolaj-kiegészítés esetén	149.o.
16. ábra	Nyers és edényben főtt nyúlhús zsírsavösszetétele	155.o.
17. ábra	Nyers és saját zsírában sült nyúlhús zsírsavösszetétele	158.o.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni témavezetőmnek, Schmidt János Professzor Úrnak, hogy PhD tanulmányaim folyamán végig segítette és irányította szakmai munkámat és mindig volt ideje és türelme kérdéseim, kéréseim meghallgatására. Külön köszönöm Professzor Úrnak a disszertáció elkészítésében nyújtott alapos munkáját és segítségét is.

Szeretném továbbá megköszönni munkatársaimnak: Dr. Tóth Tamásnak, Rigó Eszternek, Tanai Attilának és a tanszék valamennyi dolgozójának, hogy precíz munkájukkal, segítségükkel és biztató szavaikkal, valamint nyugodt légkör biztosításával támogatták munkámat.

A kísérletek elvégzésében nyújtott segítségért és munkáért köszönettel tartozom az Állattenyésztési Kísérleti Telep valamennyi dolgozójának, a gödöllői kutatóintézet munkatársainak, Dr. Virág Györgyinek és Dr. Eiben Csillának; valamint a dunaremetei vágóhíd munkatársainak.

Egyúttal hálás vagyok Családomnak, Barátaimnak és Ismerőseimnek, hogy szeretettel, megértéssel és türelemmel vettek körül és imádságban is hordoztak az elmúlt években, és így megfelelő körülményeket teremtettek a kutató munka végzéséhez.



## FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Abas, I. - Ozpinar, H. - Kahraman, R. - Kutay, H.C. - Eseceli, H. - Grashorn, M.A. (2004): Effect of different dietary fat sources and their levels on performance of broilers. *Archiv für Geflügelkunde*, 68. 4. 145-152.
2. Ajuyah, A.O. - Ahn, D.U. - Hardin, R.T. - Sim, J.S. (1993): Dietary antioxidants and storage affect chemical characteristics of omega-3 fatty acid enriched broiler chicken meats. *Journal of Food Science*, 58. 1. 43-46.
3. 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.
4. Andor, Á. (2006): Magas  $\omega$ -3 zsírsavtartalmú funkcionális élelmiszerek az elméletben és a gyakorlatban. Magyar Táplálkozástudományi Társaság XXXI. Vándorgyűlése, Keszthely, 2006. okt 5-7.
5. Antal, M. (2000): Tévhitek és szélsőségek a lakosság táplálkozásában. *Táplálkozás - Allergia - Diéta*, 5. 4. 2-6.
6. Antal, M. - Gaál, Ö. (1998): Többszörösen telítetlen zsírsavak jelentősége a táplálkozásban. *Orvosi Hetilap*, 139. 19. 1153-1158.
7. Arouma, O.I. (1999): Free radicles, antioxidants and international nutrition. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 8. 53-63.
8. Arslan, C. (2004). Effects of diets supplemented with grass meal and sugar beet pulp meal on abdominal fat fatty acid profile and ceecal volatile fatty acid composition in geese. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 155, 619-623.
9. Asghar, A. - Lin, C.F. - Gray, J.I. - Buckley, D.J. - Booren, A.M. - Crackel, R.L. - Flegal, C.J. (1989): Influence of oxidised dietary oil and antioxidant supplementation of membrane-bound lipid stability in broiler meat. *British Poultry Science*, 30. 4. 815-823.
10. Asghar, A. - Lin, C.F. - Gray, J.I. - Buckley, D.J. - Booren, A.M. (1990): Effects of dietary oils and  $\alpha$ -tocopherol supplementation on membranial lipid oxidation in broiler meat. *Journal of Food Science*, 55. 46-50.
11. Banaszkiwicz, T. - Osek, M. (1996): Slaughter analysis of broiler chickens, fed diets including rapeseed oil cake and meal. *Rosliny Oleiste*, 17. 2. 483-492.
12. Balevi, T. - Coskun, B. (2000): Effects of some oils used in broiler rations on performance and fatty acid compositions in abdominal fat. *Revue de Medecine Veterinaire*, 151. 10. 937-944.
13. Barna, M. (2006): A zsírsavak szerepe a táplálkozásfüggő megbetegedések megelőzésében, különös tekintettel az elégtelen n-3 zsírsav-ellátottságra. *Metabolizmus*, 4. 4. 267-272.
14. Barteczko, J. - Borowiec, F. (2001): The fatty acid content in the tissues of broiler chickens fed diets containing a brown-seed linseed var. Opal or the yellow-seed var. Linola. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 10. Supplement 2. 273-278.
15. 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 zsírsavösszetételére. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 53. 1. 63-78.
16. Bernardini, M. - Dal Bosco, A. - Castellini, C. (1999): Effect of dietary (n-3)/(n-6) ratio on fatty acid composition of liver, meat and perirenal fat in rabbits. *Animal Science*, 4. 647-654.
  17. Bianchi, M. - Petracci, M. - Cavani, C. (2006): Effects of dietary inclusion of dehydrated lucerne and whole linseed on rabbit meat quality. *World Rabbit Science*, 14. 247-258.
  18. Bickel, S. - Wetscherek, W. - Leitgeb, R. (2001). Influence of fat source on the performance of broilers, and on relevant carcass characteristics for consumers - 1(st) Report: Influence of rapeseed oil and animal fat on growing and slaughtering performance of broilers. *Bodenkultur*, 52, 45-53.
  19. Bimbo, A.P.- Crowther, J.B. (1992): Fish meal and oil - current uses. *Journal of the American Oil Chemistry Society*, 69. 3. 221-227.
  20. Bíró, Gy. (2003): Funkcionális élelmiszerek, természetes antioxidánsok szerepe az egészségmegőrzésben. *Élelmészeti ipar* 57. 117-174.
  21. Blanch, A. - Barroeta, A.C. - Baucells, M.D. - Puchal, F. (1995): The nutritive value of dietary fats in relation to their chemical- composition - apperent fat availability and metabolizable energy in 2-week-old chicks. *Poultry Science*, 74. 8. 1335-1340.
  22. Blanch, A. - Barroeta, A.C. - Baucells, M.D. - Puchal, F. (2000): Effect of nutritive value of dietary fats in relation to their chemical composition on fatty acid profiles of abdominal and skin fat in finishing chickens. *Archiv für Geflügelkunde*, 64. 1. 14-18.
  23. Bordoni, A. - Lopez-Jimenez, J.A. - Spanó, C. - Biagi, P. - Horrobin, D.F. - Hrelia, S. (1996): Metabolism of linoleic and  $\alpha$ -linolenic acids in cultured cardiomyocytes: Effect of different N-6 and N-3 fatty acid supplementation. *Molecular and Cellular Biochemistry*. 157. 1-2. 217-222.
  24. Bou, R. - Grimpa, S. - Guardiola, F. - Barroeta, A. C. - Codony, R. (2006). Effects of various fat sources, alpha-tocopheryl acetate, and ascorbic acid supplements on fatty acid composition and alpha-tocopherol content in raw and vacuum packed, cooked dark chicken meat. *Polutry Science*, 85, 1472-1481.
  25. Bourre, J.M. (2005): Effect of increasing the omega-3 fatty acid in the diets of animals on the animal products consumed by humans. *Med. Sci.*, 21. 8-9. 773-779.
  26. Brock, A. (1993): Functional foods. The Japanese approach. *International Food Ingredients* 1/2:4.
  27. Burdge, G. (2004): Alpha-linolenic acid metabolism in men and women: nutritional and biological implications. *Current Opinion in Clininical Nutrition and Metabolic Care*, 7. 2. 137-144.
  28. Burton, G.W. - Traber, M.G. (1990): Vitamin E: antioxidant activity, biokinetics and bioavailability. *Annu. Rev. Nutr.* 10. 357-382.
  29. Campo, M.M. - Nute, G.R. - Wood, J.D. - Elmore, S.J. - Mottram, D.S. - Enser, M. (2003): Modelling the effect of fatty acids in odour development of cooked meat in vitro: part 1 - sensory perception. *Meat Science*, 3. 367-375.
  30. Castellini, C. - Dal Bosco, A. - Bernardini, M. - Cyril, H.W. (1998): Effect of dietary vitamin E on the oxidative stability of row and cooked rabbit meat. *Meat Science*, 50. 2. 153-161.

31. Castellini, C. - Dal Bosco, A. - Bernardini, M. - Battaglini, M. (1999): Effect of dietary supplementation of polyunsaturated fatty acids of n-3 series on rabbit meat and its oxidative stability. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, 15. 63-70.
32. Castellini, C. - Dal Bosco, A. - Bernardini, M. (1999b): Effect of dietary vitamin E supplementation on the characteristics of refrigerated and frozen rabbit meat. *Italian Journal Food Science*, 11. 151-159.
33. Castellini, C. - Dal Bosco, A. - Mugnai, C. (2002): Effect of caecotrophy on the fatty acid profile of rabbit meat. *Progress in Nutrition*, 4. 125-130.
34. Chan, J.K. - Bruce, V.M. - McDonald, B.E. (1991): Dietary  $\alpha$ -linolenic acid is as effective as oleic acid and linoleic acid in lowering blood cholesterol in normolipidemic man. *American Journal of Clinical Nutrition*, 53. 1230-1234.
35. Chanmugam, P. - Boudreau, M. - Boutte, T. - Park, R.S. - Hebert, J. - Berrio, L. - Hwang, D.H. (1992): Incorporation of different types of n-3 fatty acids into tissue lipids of poultry. *Poultry Science*, 71. 3. 516-521.
36. Christ, b. - Lange, K. - Jeroch, H. (1996): Effect of rapeseed oil on fattening performance, carcass yield, nutrient and sensoric parameters of meat of growing rabbits. *Proceeding of the 6<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Toulouse, France*, 3. pp153-156.
37. Cobos, A. - Cambero, M.I. - Ordonez, J.A. - de la Hoz, L. (1993): Effect of fat enriched diets on rabbit meat fatty acid composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 62. 83-88.
38. Cobos, A. - de la Hoz, L. - Cambero, M.I. - Ordonez, J.A. (1994): Fatty acid composition of meat from rabbits fed diets with high levels of fat. *Journal of Food Composition and Analysis* 7. 4. 291-300.
39. Colin, M. - Raguenees, N. - Le Berre, G. - Charrier, S. - Prigent, A.Y. (2005): Influence of the increase of omega 3 fatty acid level in the feed by extruded flax seed incorporation (Tradi-Lin<sup>®</sup>) on meat lipids and hedonic characteristics of the rabbit retail cuts. *11<sup>èmes</sup> Journées de la Recherche Cunicole, 29-30 novembre 2005, Paris, Proceedings* 163-166p
40. Conner, W.E. (2000): Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71. (suppl) 171S-175S.
41. Connor, W.E. - Neuringer, M. - Reisbick, S. (1992): Essential fatty acids: the importance of n-3 fatty acids in the retina and brain. *Nutrition. Reviews*, 50. 21-29.
42. Corino, C. - Pastorelli, G. - Pantaleo, L. - Oriani, G. - Salvatori, G. (1999): Improvement of color and lipid stability of rabbit meat by dietary supplementation with vitamin E. *Meat Science*, 52. 285-289.
43. Corino, C. - Lo Fiego, D.P. - Macchioni, P. - Pastorelli, G. - Di Giancamillo, A. - Domeneghini, C. - Rossi, R. (2007): Influence of dietary conjugated linoleic acids and vitamin E on meat quality, adipose tissue in rabbits. *Meat Science*, 76.19-28.
44. Crespo, N. - Esteve-Garcia, E. (2001): Dietary fatty acid profile modifies abdominal fat deposition in broiler chickens. *Poultry Science*, 80. 71-78.
45. Crespo, N. - Esteve-Garcia, E. (2002a): Dietary polyunsaturated fatty acids decrease fat deposition in separable fat depots but not in the remainder carcass. *Poultry Science*, 81. 512-518.
46. Crespo, N. - Esteve-Garcia, E. (2002b): Nutrient and fatty acid deposition in broilers fed different dietary fatty acid profiles. *Poultry Science*, 81. 1533-1542.

47. Crespo, N. - Esteve-garcia (2002c): Dietary linseed oil produces lower abdominal fat deposition but higher de novo fatty acid synthesis in broiler chickens. *Poultry Science*, 81. 1555-1562.
48. Dal Bosco, A. - Castellini, C. - Bernardini, M. (2001): Nutritional quality of rabbit meat as affected by cooking procedure and dietary vitamin E. *Journal of Food Science*, 66. 1047-1051.
49. Dal Bosco, A. - Castellini, C. - Bianchi, L. - Mugnai, C. (2004): Effect of dietary  $\alpha$ -linolenic acid and vitamin E on the fatty acid composition, storage stability and sensory traits of rabbit meat. *Meat Science*, 66. 407-413.
50. Dalle Zotte, A. (2002): Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science*, 75. 11-32.
51. Dänicke, S. - Ahsens, P. - Strobel, E. - Brettschneider, J. - Wicke, M. (2004): Effects of feeding rapeseed to fattening rabbits on performance thyroid hormone status, fatty acid composition of meat and other meat quality traits. *Archiv für Geflügelkunde*, 68. 1. 15-24.
52. Dobrzanski, Z. - Jamroz, D. - Usyduś, Z. - Trziszka, T. (2003): Effects of modified dietary fishmeal on broiler performance and meat quality. *Medycyna Weterynaryjna*, 59. 8. 702-705.
53. Eder, K. - Grünthal, G. - Kluge, H. - Hirche, F. - Spilke, J. - Brandsch, C. (2005): Concentration of cholesterol oxidation products in raw, heat-processed and frozen-stored meat of broiler chickens fed diets differing in the type of fat and vitamin E concentrations. *British Journal of Nutrition*, 93. 5. 633-643.
54. Ensminger, A.H. – Ensminger, M.E. – Konlande, J.E. – Robson, J.R.K. (1994): *Foods & Nutrition Encyclopedia*. CRC Press, London. 2nd Edition, Volume 1. Fats & other Lipids
55. Esteve-Garcia, E. - Ruiz, J.A. - Garcia-Regueiro, J.A. - Diaz, I. - Guerrero, L. - Marraschiello, C. (1999): Dietary treatment and oxidative stability of broiler meat. Nutritive value, sensory quality and safety. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 37. 365-377.
56. FAO/WHO Expert Consultation: Diet, nutrition and prevention of chronic diseases. WHO Technical Report Series 916. Geneva, 2003. pp. 54-60.
57. Fernandez, C. - Fraga, M.J. (1996): The effect of dietary fat inclusion on growth, carcass characteristics, and chemical composition of rabbits. *Journal of Animal Science*, 74. 9. 2088-2094.
58. Fru-Nji, F. - Ekpenyong, T.E. (2003): Effects of palm kernel oil on growth carcass quality and fatty acid composition of some organs of growing rabbits. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 20. 1. 49-56.
59. Gaál, T. - Wágner, L. - Husvéth, F. - Manilla, H.A. - Vajdovich, P. - Balogh, N. - Lóth, I. - Katalin Németh S. (2000): Effects of saturated and unsaturated fats with vitamin E supplementation on the antioxidant status of broiler chicken tissues. *Acta Veterinaria Hungarica*, 48. 1. 69-79.
60. Gasztonyi, K. – Lásztity, R. (1992): *Élelmiszer-kémia 1. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*
61. Givens, D.I. - Cottril, B.R. - Davies, M. - Lee, P. A. - Mansbridge, R. J. - Moss, A. R. (2000). Corrigendum to „Sources of n-3 polyunsaturated fatty acids additional to fish

- oil for livestock diets - a review „, Nutrition Abstracts and Reviews Series B: Livestock Feeds and Feeding, 70, 8.
62. Gondret, F. - Mourot, J. - Lebas, F. - Bonneau, M. (1998): Effects of dietary fatty acids on lipogenesis and lipid traits in muscle, adipose tissue and liver of growing rabbits. *Animal Science*, 66. 483-489.
63. Gonzalez-Esquerria, R. - Leeson, S. (2000) : effects of menhaden oil and flaxseed in broiler diets on sensory quality and lipid composition of poultry meat. *British Poultry Science*, 41. 4. 481-488.
64. Gray, J.I. - Gomaa, E.A. - Buckley, D.J. (1996): Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Science*, 43. S111-S123.
65. Grau, A. - Guardiola, F. - Grimpa, S. - Barroeta, A.C. - Codony, R. (2001a): Oxidative stability of dark chicken meat through frozen storage: influence of dietary fat and alpha-tocopherol and ascorbic-acid supplementation. *Poultry Science*, 80. 11. 1630-1642.
66. Grau, A. - Codony, R. - Grimpa, S. - Baucells, M.D. - Guardiola, F. (2001b): Cholesterol oxidation in frozen dark chicken meat: influence of dietary fat source, and  $\alpha$ -tocopherol and ascorbic acid supplementation. *Meat Science*, 57. 197-208.
67. Griel, A.E. - Kris-Etherton, P.M. - Hilpert, K.F. - Zhao, G. - West, S.G. - Corwin R. L. (2007): An increase in dietary n-3 fatty acids decreases a marker of bone resorption in humans. *Nutrition Journal*, 6. 2. ....
68. Guo, Y. - Tang, Q. - Yuan, J. - Jiang Z. (2001): Effects of supplementation with vitamin E on the performance and the tissue peroxidation of broiler chicks and the stability of thigh meat against oxidative deterioration. *Animal Feed Science and Technology*, 89. 165-173.
69. Gyenis, J. - Tóth, Sz. (2004): A vitaminok szerepe a brojler takarmányozásban. *AgroNapló*, 8. 3. 115-116.
70. Halmy, L. (2006: A táplálékkiegészítők felhasználása egyes betegségek terápájában és megelőzésében. *Magyar Táplálkozástudományi Társaság XXXI. Vándorgyűlése, Keszthely, 2006. okt 5-7.*
71. Halmy, L. - Halmy, Cs. (2003): Az omega-3 zsírsavak kardiológiai jelentősége. *Cardiologia Hungarica*, 33. 184-186.
72. 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 Science*, 49. 3. 251-264.
73. Harris, W.S. (1997): n-3 fatty acids and serum lipoproteins: human studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 65. (Suppl 5) 1645S-1654S.
74. Hammal, J. - Tikk, V. - Tikk, H. - Viigimaa, M. - Kuusik, S. (2001): On increasing omega-3 fatty acid content in poultry products. *Agraarteadás*, 12. 1. 14-50.
75. He, X. - Yang, X. - Guo, Y. (2007): Effects of different dietary oil sources on immune function in cyclophosphamide immunosuppressed chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 139. 186-200.
76. Heffels-Redman, U. - Redmann, T. - Weber, G. (2003): Vitamin E supplementation influences immune reactions and performance. *World Poultry* 19. 18-19.
77. Hill, E.G. - Johnson, S.B. - Lawson, L.D. - Mahfouz, M.M. - Holman, R.T. (1982): Perturbation of the metabolism of essential fatty acids by dietary partially

- hydrogenated vegetable oil. Proceedings of the National Academy of Sciences, 79. 953-957.
78. Hilliam, M. (2000): Functional foods. How big is the market? World of Food Ingredients, December 50-52.
79. Hsieh, F-H. - Chiang, S-H. - Lu, M-Y. (2002): Effect of dietary monounsaturated/saturated fatty acid ratio on fatty acid composition and oxidative stability of tissues in broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 95. 189-204.
80. Hu, F.B. - Manson, J.E. - Willett, W.C. (2001): Types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a critical review. *Journal of the American College of Nutrition*, 20. 1. 5-19.
81. Huang, Y-S. - Liu, J-W. - Koba, K. - Anderson, S.N. (1995): N-3 and n-6 fatty acid metabolism in undifferentiated and differentiated human intestine cell line (Caco-2). *Molecular and Cellular Biochemistry*. 151. 2. 121-130.
82. Hulshof, K.F.A.M. - van Erp-Baart, M.A. - Anttolainen, M. - Becker, W. - Church, S.M. - Couet, C. (1999): Intake of fatty acids in Western Europe with emphasis on trans fatty acids: The TRANSFAIR study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 53. 143-157.
83. Husv eth, F. (2000): A gazdasági  allatok  lettana az anatómia alapjaival. Mezőgazda Kiadó, Budapest 407-445.p.
84. Husv eth, 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.
85. Ikeda, I. - Wakamatsu, K. - Inayoshi, A. - Imaizumi, K. - Sugano, M. - Yazawa, K. (1994):  $\alpha$ -linolenic, eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids affect lipid metabolism differently in rats. *The Journal of Nutrition*, 124. 1898-1994.
86. Innis, S.M. - Sprecher, H. - Hachey, D. - Edmond, J. - Anderson, R.E. (1999): Neonatal polyunsaturated fatty acid metabolism. *Lipids*. 34. 2. 139-149.
87. Jakobsen, K. - Engberg, R.M. - Hartfiel, W. (1993): The biological activity of natural source tocopherols in chickens fed fresh or oxidized fat rich in linoleic acid. *Archives of Animal Nutrition*, 44. 4. 339-355.
88. Jakobsen, K. - Engberg, R.M. - Andersen, J.O. - Jensen, S.K. - Lauridsen, C. (1995): Supplementation of broiler diets with all-rac- $\alpha$ -tocopheryl acetate or a mixture of RRR- $\alpha$ - $\gamma$ - $\delta$ -tocopheryl acetate. 1. Effect on the vitamin E status of broilers in vivo and at slaughter'. *Poultry Science*, 74. 1984-1994.
89. Jensen, C. - Skibsted, L.H. - Jakobsen, K. - Bertelsen, G. (1995): Supplementation of broiler diets with all-rac-alpha- or mixture of natural source RRR-alpha-, gamma-, delta-tocopheryl acetate. 2. Effect on the oxidative stability of raw and precooked broiler meat products. *Poultry Science*, 74. 12.2048-2056.
90. Jensen, C. - Engberg, R. - Jakobsen, K. - Skibsted, L.H. - Bertelsen, G. (1997): Influence of the oxidative quality of dietary oil on broiler meat storage stability. *Meat Science*, 47. 3/4. 211-222.
91. Jensen, C. - Lauridsen, C. - Bertelsen, G. (1998): Dietary vitamin E: Quality and storage stability of pork and poultry. *Trends in Food Science & Technology*, 9. 62-72.
92. Jiang-WenChuan - Li-YingRu - Jan-DerFang - Lin-LiangChuan (1996): Effect of different dietary fat sources on growth performance, carcass composition and lipid

- accumulation in 0- to 6-week-old geese. *Journal of the Chinese Society of Animal Science*, 25. 1. 1-12.
93. Judd, J.T. - Clevidence, B.A. - Muesing, R.A. - Wittes, J. - Sunkin, M.E. - Podezasy, J.J. (1994): Dietary trans fatty acids: effects of plasma lipids and lipoproteins of healthy men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 59. 861-868.
94. 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. *Archiv für Geflügelkunde*, 68. 2. 77-86.
95. Katan, M.B. - Zock, P.L. (1995): Trans fatty acids and their effects on lipoproteins in humans. *Annual Review of Nutrition*, 15. 473-493.
96. Kelly, C. (2002): Az étrendi zsír és a szív- és érrendszeri betegségek. *A Hús*, 12. 3. 143-147.
97. Kirchgessner, M. - Jamroz, D. - Eder, K. - Pakulska, E. (1997): Carcass quality and fatty acid composition in growing geese fed various rations. *Archiv für Geflügelkunde*, 61:191-197.
98. Kirkpinar, F. - Talug, A.M. - Erkek, R. - Sevgican, F. (1999): The effects of different fat sources on performance and fat deposition of broilers. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 23. 6. 523-532.
99. Kiss, B. (1988): *Növényolaj-ipari és háztartás vegyipari táblázatok*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
100. Klenk, E., Mohrhauer, H. (1960): Metabolism of polyene fatty acid in vitro. *Z. Physiology and Chemistry*, 320. 218-232.
101. Klose, A.A. - Hanson, H.L. - Mecchi, E.P. - Anderson, J.H. - Streeter, I.V. - Line-Weaver, H. (1953): Quality and stability of turkey as a function of dietary fat. *Poultry Science*, 32. 82-88.
102. Knights, J. (2001): The flavouring of functional foods. *World of Food Ingredients*, April/May 50-52.
103. Kris-Etherton, P.M. - Yu, S. (1997): Individual fatty acids on plasma lipids and lipoproteins: human studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 65. (Suppl 5) 1628S-1644S.
104. Kris-Etherton, P.M. - Taylor, D.S. - Yu-Poth, S. - Huth, P. - Moriarty, K. - Fishell, V. - Hargrove, R.L. - Zhao, G. - Etherton, T.D. (2000): Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71. 1. 179S-188S.
105. Koreleski, J. - Swiatkiewicz, S. (2005): Effect of fish oil and vitamin E in the diet on the fatty acid composition of breast meat in broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 14. Suppl. 1. 459-462.
106. Koreleski, J. - Swiatkiewicz, S. (2006): The influence of dietary fish oil and vitamin E on the fatty acid profile and oxidative stability of frozen stored chicken breast meat. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 15. 4. 631-640.
107. Kouba, M. - Benatmane, F. - Blochet, J.E. - Mourot, J. (2008): Effect of a linseed diet on lipid oxidation, fatty acid composition of muscle, perirenal fat, and raw and cooked rabbit meat. *Meat Science-accepted manuscript (megjelenés alatt)*
108. Kovács, Á.. (1999): *Az élelmiszertudomány alapjai II. – Élelmiszerkémia*. Jegyzet. POTE Egészségügyi Főiskolai Kar, Pécs

109. Lanari, D. - Parigi Bini, R. - Chiericato, G. M. (1972): Effetto della grassatura e di diversi rapporti energia/proteine della dieta sulla composizione delle carcasse di conigli da carne. In Xiccato, G. (1999): Feeding and meat quality in rabbits: a review. *World Rabbit Science*, 7. 2. 75-86.
110. Langseth, L. (1995): Oxidants, antioxidants, and disease prevention. Brussels, ILSI Europe, 24p
111. Lauridsen, C. - Buckley, D.J. - Morrissey, P.A. (1997): Influence of dietary fat and vitamin E supplementation on  $\alpha$ -tocopherol levels and fatty acid profiles in chicken muscle membranal fractions and on susceptibility to lipid peroxidation. *Meat Science*, 46. 1. 9-22.
112. Lea, C.H. (1960): On the antioxidant activities of the tocopherols II. - Influence of substrate, temperature and level of oxidation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 11. 4. 212-218.
113. Lee, K.H. - Olomu, J.M. - Sim, J.S. (1991): Live performance, carcass yield, protein and energy retention of broiler chickens fed canola and flax full-fat seeds and the restored mixtures of meal and oil. *Canadian Journal of Animal Science*, 71. 3. 897-903.
114. Lelovics, Zs. (2007): Halkonzervek választéka. Új Diéta a magyar dietetikusok lapja, 2007.02.04. ([www.uj-dieta.hu/index.php?content=607](http://www.uj-dieta.hu/index.php?content=607))
115. Lelovics, Zs. - Kegyes, R. Bozóné - Henter, I. (2006): Étrendkiegészítők használati szokásai dietetikusok körében, valamint a dietetikusok állásfoglalása. Magyar Táplálkozástudományi Társaság XXXI. Vándorgyűlése, Keszthely, 2006. okt 5-7.
116. Lin, C.F. - Gray, J.I. - Asghar, A. - Buckley, D.J. - Booren, A.M. - Flegal, C.J. (1989): Effect of dietary oils and  $\alpha$ -tocopherol supplementation on lipid composition and stability of broiler meat. *Journal of Food Science*, 54. 1457-1460.
117. Lopez-Bote, C. - Rey, A.I. - Sanz, J.I. - Gray, J.I. - Buckley, D.J. (1997a): Dietary vegetable oils and alpha tocopherol reduce lipid oxidation in rabbit muscle. *Journal of Nutrition*, 127. 6. 1176-1182.
118. Lopez-Bote, C. - Rey, A. - Isabel, B. - Sanz, R. (1997b): Dietary fat reduces odd-numbered and branched-chain fatty acids in depot lipids of rabbits. *Journal of the Science of Food and Agricultural*, 73. 4. 517-524.
119. López-Ferrer, S. - Baucells, M.D. - Barroeta, A.C. - Grashorn, M.A. (1999a): n-3 enrichment of chicken meat using fish oil: alternative substitution with rapeseed and linseed oils. *Poultry Science*, 78. 356-365.
120. López-Ferrer, S. - Baucells, M.D. - Barroeta, A.C. - Grashorn, M.A. (1999b) Influence of vegetable oil sources on quality parameters of broiler meat. *Archiv für Geflügelkunde*, 63. 1. 29-35.
121. López-Ferrer, S. - Baucells, M.D. - Barroeta, A.C. - Grashorn, M.A. (2001a): n-3 enrichment of chicken meat. 1. Use of very long-chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality: fish oil. *Poultry Science*, 80. 6. 741-752.
122. López-Ferrer, S. - Baucells, M.D. - Barroeta, A.C. - Galobart, J. - Grashorn, M.A. (2001b): n-3 enrichment of chicken meat. 2. Use of precursors of long-chain polyunsaturated fatty acids: linseed oil. *Poultry Science*, 80. 753-761.
123. de Lorgil, M. - Serge, R. (1994): Mediterranean alpha-linolenic acid-rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. *Lancet*. 343. 1454-1459.



124. Lugasi, A. (2006): Az étrend-kiegészítők ellentmondásai és a várható módosítások. Magyar Táplálkozástudományi Társaság XXXI. Vándorgyűlése, Keszthely, 2006. okt 5-7.
125. Manilla, H.A. - Husvéth, F. (1999): N-3 fatty acid enrichment and oxidative stability of broiler chicken. - (A review). *Acta Alimentaria*, 28. 3. 235-249.
126. Manilla, H.A. - Husvéth, F. - Németh, K. (1999): Effects of dietary fat origin on the performance of broiler chickens and on the fatty acid composition of selected tissues. *Acta Agraria Kaposvariensis*, 3. 3. 47-57.
127. Martins, R. T. - Cascabulho A. R. - Baiao N.C. - Baião, N. C. - Afonso, R. J. C. F. (2003). Effect of different soybean oils on fatty acids composition of broiler carcass. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia*, 55, 92-98.
128. Mata, P. - Alvarez-Sala, L.A. - Rubio, M.J. - Nuno, J. - De Oya, M. (1992): Effects of long-term monosaturated- vs polysaturated-enriched diets on lipoproteins in healthy men and women. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 55. 846-850.
129. Mensink, R.P.M. - Katan, M.B. (1990): Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *The New England Journal of Medicine*, 323. 439-445.
130. Mézes, M. (2000): Antioxidáns vitaminok a baromfitakarmányozásban. *Takarmányozás*, 3. 1. 10-11.
131. Mézes, M. (2001): A hús- és zsírtelítés élettani és biokémiai alapjai. tantárgyi tájékoztató Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Takarmányozástani Tanszék
132. Mézes, M. - Vetési, M. - Husvéth, F. - Kővári, L. (2002): A tojásmínőség befolyásolása eltérő zsírkiegészítők alkalmazásával. *Proc. XXIX. Óvári Tudományos Napok, Mosonmagyaróvár, 2002 október 3-4.* (CD kiadvány)
133. Mézes, M. - Erdélyi, M. (2003): Prooxidánsok és antioxidánsok a baromfitakarmányozásban. *Takarmányozás*, 6. 3. 11-14.
134. 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.
135. Mieczkowska, A. - Nguyen, V.C. - Smulikowska, S. (2001): Effect of dietary fat on fatty acid composition of lipids from breast muscle and abdominal fat of broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 10. Supplement 2. 279-284.
136. Mihályi Gy-né (1993): Új, korszerű irányzat a húskészítmények fejlesztésében. *A Hús*, 3. 3. 139-140.
137. Mlodkowski, M. - Swiatkiewicz, S. - Koreleski, J. - Kubicz, M. (2003): The effect of supplemental vitamin E and dietary rape seed oil level on broiler performance, meat and fat quality. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 12. 1. 121-132.
138. Monahan, F.J. - Buckley, D.J. - Morrissey, P.A. - Lynch, P.B. - Gray, J.I. (1992): Influence of dietary fat and  $\alpha$ -tocopherol supplementation on lipid oxidation in pork. *Meat Science*, 31. 229-241.
139. Morrissey, P.A. - Sheehy, P.A.J. - Galvin, K. - Kerry, J.P. - Buckley, D.J. (1998): Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*, 49. S73-S86.
140. Nair, S.S.D. - Leitch, J.W. - Falconer, J. - Garg, M.L. (1997): Prevention of cardiac arrhythmia by dietary (n-3) polyunsaturated fatty acids and their mechanism of action. *The Journal of Nutrition*, 127. 383-393.

141. Nam, Ki-Taeg - Lee, Hui-Ae - Min, Bnag-Sik - Kang, Chang-Won (1997): Influence of dietary supplementation with linseed and vitamin E on fatty acids,  $\alpha$ -tocopherol and lipid peroxidation in muscles of broiler chicks. *Animal Feed Science Technology*, 66. 149-158.
142. Németh, E. - Fehér, J. - Nagy, V. - Lengyel, G (2006): Antioxidánsok szerepe a prevencióban. *Orvosi Hetilap*, 147. 13. 603-607.
143. O'Keefe, S.F. - Proudfoot, F.G. - Ackman, R.G. (1995): Lipid oxidation in meats of omega-3 fatty acid-enriched broiler chickens. *Food Research International*, 28. 4. 417-424.
144. Oliver, M.A. - Guerrero, L. - Diaz, I. - Gispert, M. - Pla, M. - Blasco, A. (1997): The effect of fat enriched diets on the perirenal fat quality and sensory characteristics of meat from rabbits. *Meat Science*, 47. 1/2. 95-103.
145. Olomu, J.M. - Baracos, V.E. (1991): Influence of dietary flaxseed oil on the performance, muscle protein deposition, and fatty acid composition of broiler chicks. *Poultry Science*, 70. 6. 1403-1411.
146. Olsen, S.F. - Dalby-Sorensen, J.D. - Secher, N.J. (1992): Randomised controlled trial of effect of fish-oil supplementation on pregnancy duration. *The Lancet*, 339. 1003-1007.
147. O'Neill, L.M. - Galvin, K. - Morrissey, P.A. - Buckley, D.J. (1998): Comparison of effects of dietary olive oil, tallow and vitamin E on the quality of broiler meat and meat products. *British Poultry Science*, 39. 3. 365-371.
148. Onibi, G.E. - Scaife, J.R. - Murray, I. - Fowler, V.L. (2000): Supplementary alpha-tocopherol acetate in full-fat rapeseed-based diets for pigs: influence on tissue alpha-tocopherol content, fatty acid profiles and lipid oxidation. *J. Sci. Food Agric.*, 80. 11. 1625-1632.
149. Oriani, G. - Salvatori, G. - Mariorano, G. - Belisario, M.A. - Pastinese, A. - Manchisi, A. - Pizutti G. (1997): Vitamin E nutritional status and serum lipid pattern in normal weanling rabbits. *Journal of Animal Science*, 75. 2. 402-408.
150. Oriani, G. - Corino, C. - Pastorelli G. - Pantaleo, L. - Ritieni, A. - Salvatori, G. (2001): Oxidative status of plasma and muscle in rabbits supplemented with dietary vitamin E. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 12. 138-143.
151. Ozpinar, H. - Kahraman, R. - Abas, I. - Kutay, H.C. - Eseceli, H. - Grashorn, M.A. (2003): Effect of dietary fat source on n-3 fatty acid enrichment of broiler meat. *Archiv für Geflügelkunde*, 67. 2. 57-64.
152. Pálffy, T. – Fébel, H. – Ács, T. – Vadáné, K. M. – Hermán, A. – Gundel, J. (2006): A takarmány zsírsav – összetételének hatása csirkék antioxidáns rendszerére, valamint a hús oxidatív stabilitására és színére. XXXI. Óvári Tudományos Napok., Mosonmagyaróvár, 82.o.
153. Peisker, M. (2004): Natürliches Vitamin E in Sauen- und Ferkelfutter. *Kraftfutter* 4. 154-160.
154. Perédi, J. (2002): A hazai lakosság alacsony n-3 zsírsavellátottságának javítási lehetőségei. *Olaj Szappan Kozmetika*, 51. 2. 45-49.
155. Pietras, M. - Barowitz, T. - Grasiór, R. (2000). The effect of vegetable fat supplements on carcass quality and fatty acid profile of meat in broiler chickens. *Annales of Animal Science - Roczniki Naukowe Zootechniki*, 27, 209-219.

156. Pla, M. (2004): Effects of nutrition and selection on meat quality. 8<sup>th</sup> World Rabbit Congress, Puebla, Mexico, Proceeding 1337-1348.
157. Pla, M. és Cervera, C. (1997): Carcass and meat quality of rabbits given diets having high level of vegetable or animal fat. *Animal Science*, 65. 299-303.
158. Pomerleau, J. - McKee, M. - Robertson, A. - Kadziauskiene, K. - Abravicius, A. - Vaask, S. - Pudule, I. - Grinberga, D. (2001): Macronutrient and food intake in the Baltic republics. *European Journal of Clinical Nutrition*, 55. 200-207.
159. Raimondi, R. - Auxilia, M.T. - De Maria, C. - Masoero, G. (1974): Effetto della grassatura die mangimi sulla produzione di carne di coniglio. I.-Accescimento, consumo alimentare, resa alla macellazione. In: Xiccato, G. (1999): Feeding and meat quality in rabbits: a review. *World Rabbit Science*, 7. 2. 75-86.
160. Ramanathan, L. - Das, N. (1992): Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural products. *J. Agric. Food Chem.*, 40. 17-21.
161. Ramirez, J.A. - Diaz, I. - Pla, M. - Gil, M. - Blasco, A. - Oliver, M.A. (2005): Fatty acid composition of leg meat and perirenal fat of rabbits selected by growth rate. *Food Chemistry*, 90. 251-256.
162. Rebole, A. - Rodriguez, M.L. - Ortiz, L.T. - Alzueta, C. - Centeno, C. - Viveros, A. - Brenes, A. - Arijá, I. (2006): Effect of high-oleic acid sunflower seed, palm oil and vitamin E supplementation on broiler performance, fatty acid composition and oxidation susceptibility of meat. *British Poultry Science*, 47. 5. 581-591.
163. Révész, E. Siklósné (2007): Az omega-3 zsírsavak szerepe a táplálkozásban. <http://www.elet-eroo.hu/Artic-Sea.htm>.
164. Rey, A. I. - Lopez-Bote, C.J. - Castaño, A.- Thos, J. - Sanz, R.A. (1997): Dietary fat rich in mono or di-unsaturated fatty acids reduces lipid oxidation in hepatic tissue of rabbits. *Nutrition Research*, 17. 10. 1589-1596.
165. Rodler, I. (2005): Új Tápanyagtáblázat. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 2005.
166. Romics, L. - Szollár L. - Zajkás G. (1993): Az atherosclerosisral összefüggő zsírsavanyagcserezavarok kezelése. *Orvosi Hetilap*, 134. 227-238.
167. Rymer, C. - Givens, D.I. (2005): n-3 fatty acid enrichment of edible tissue of poultry: A review. *Lipids*, 40. 2. 121-130.
168. Rymer, C. - Givens, D.I. (2006): Effect of species and genotype on the efficiency of enrichment of poultry meat with n-3 polyunsaturated fatty acids. *Lipids*, 41. 5. 445-451.
169. Sanders, T.A.B. (2000): Polyunsaturated fatty acids in the food chain in Europe. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71. 1. 176S-178S.
170. Sanz, M. - Flores, A. - Lopez-Bote, C.J. (1999): Effect of fatty acid saturation in broiler diets on abdominal fat and breast muscle fatty acid composition and susceptibility to lipid oxidation. *Poultry Science* 78. 3. 378-382.
171. Sanz, M. - Lopez-Bote, C.J. - Flores, A. - Carmona, J.M. (2000a) : Effect of the inclusion time of dietary saturated and unsaturated fats before slaughter on the accumulation and composition of abdominal fat in female broiler chickens. *Poultry Science*, 79. 9. 1320-1325.
172. Sanz, M. - Lopez-Bote, C.J. - Menoyo, D. - Bautista, J.M. (2000b): Abdominal fat deposition and fatty acid synthesis are lower and beta-oxidation is higher in broiler chickens fed diets containing unsaturated rather than saturated fat. *Journal of Nutrition*, 130. 12. 3034-3037.

173. Schaefer, E.J. (2002): Lipoproteins, nutrition, and heart disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 75. 191-212.
174. Schmidt J. (2003): A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest
175. Schmidt J. - Perédi J. - Tóth T. - Zsédely E. (2007): Fontosabb állati eredetű élelmiszerek zsírsavösszetételének módosítása takarmányozással, II. Tojás és brojlerhús. *Élelmezési Ipar*, 61. 3. 81-86
176. Schmidt J. - Tóth T. - Zsédely E. (2008): A tojás n-3 zsírsav- és E-vitamin tartalmának növelése takarmányozás útján. *Állattenyésztés és Takarmányozás* (közlésre elfogadva, megjelenés:2008/4. szám)
177. Sheehy, P.J. - Morrissey, P.A. - Flynn, A. (1993): Influence of heated vegetable oils and alpha-tocopheryl acetate supplementation on alpha-tocopherol, fatty acid and lipid peroxidation in chicken muscle. *British Poultry Science*, 34. 2. 367-381.
178. 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 Journal of Animal Science*, 49. 2. 71-79.
179. Simopoulos, A.P. (1991): Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54. 438-463.
180. Sugano, M. - Hirahara, F. (2000): Polyunsaturated fatty acids in the food chain in Japan. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71. 1. 189S-196S.
181. Surai, P. F. - Sparks, N. H. C. (2000). Tissue-specific fatty acid and alpha-tocopherol profiles in male chickens depending on dietary tuna oil and vitamin E provision. *Poultry Science*, 79, 1132-1142.
182. Szabó, A. - Romvári, R. - Fébel, H. - Szendrő, Zs. (2002): Két eltérő izmoszövet zsírsavösszetétele, valamint annak változása, telített és telítetlen zsírsav-kiegészítés hatására, nyulakban. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 51. 6. 617-624.
183. 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. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 63. 897-903.
184. Uauy, R. - Birch, E. - Birch, D. (1992): Visual and brain function measurements in studies of n-3 fatty acid requirements of infants. *The Journal of Pediatrics*, 120. 168S-180S.
185. Utlu, N. - Kaya, N. 2002. Influence of inclusion of sunflower oil in the diet of geese on essential fatty acids and composition of serum and adipose tissues. *Indian Journal of Animal Science*, 72, 1046-1047.
186. Utlu, N. - Kaya, N. (2004). Influence of different levels of sunflower oil containing diets on saturated and monosaturated fatty acids composition of serum, subcutaneous and adiposa tissues of geese. *The Indian Veterinary Journal*, 81, 511-514.
187. van der Varst, R. (2001): Antioxidánsok, mint takarmányadalékok. *Takarmányozás*, 4. 4. 22-25.
188. Verdelhan, S. - Bourdillon, A. - Renouf, B. - Audoin, E. (2005): Influence of the incorporation of 2 % of flaxseed oil in diet of fattening rabbits on growth performances and health. *11èmes de la Recherche Cunicola*, 29-30 novembre 2005, Paris
189. Vetési, M. - Bokori, J. (1990): Tömésre szánt ludak fölnevelése nagy mennyiségű tömegtakarmány (zöldlucerna) etetésével. I. A takarmányozás hatása a fölnevelés

- eredményességére, az emésztőszervek állapotára és a nyersrostemésztés intenzitására. Magyar Állatorvosok Lapja, 45. 4. 211-222.
190. Villaverde, C. - Baucells, M.D. - Cortinas, L. - Barroeta, A.C. (2006): Effects of dietary concentration and degree of polyunsaturation of dietary fat on endogenous synthesis and deposition of fatty acids in chickens. *British Poultry Science*, 47. 2. 173-179.
191. Wahrburg, U. (2004): What are the health effects of fat? *European Journal of Nutrition*, 43. (Suppl 1) I/6-I/11.
192. Weber, M. - Mézes, M. (2001): E-vitamin kiegészítés hatása a pulykahús E-vitamin tartalmára és oxidatív stabilitására. *A Baromfi*, 4. 4. 60-63.
193. Whitehead, C.C. (2003): A gazdasági állatok vitaminszükségletét befolyásoló tényezők. *Takarmányozás*, 6. 4. 5-8.
194. WHO and FAO Joint Consultation (1995): Fats and oils in human nutrition. *Nutrition Reviews*, 53. 202-205.
195. Yamauchi, K. - Murata, H. - Ohashi, T. - Katamaya, H. - Pearson A.M. (1991): Effect of  $\alpha$ -tocopherol supplementation on the molar ratio of polyunsaturated fatty acids/  $\alpha$ -tocopherol in broiler skeletal muscles and subcellular membranes and its relationship to oxidative changes'. *Japan Food of Science Technology*, 38. 545-552.
196. Zajkás, G. (2004): Magyarország Nemzeti Táplálközpolitikája. OÉTI (Összeállította: Zajkás Gábor)
197. Zsarnóczay, G. (2001): Funkcionális húskészítmények, különös tekintettel a többszörösen telítetlen zsírsavakra. *A Hús*, 11. 4. 207-212.
198. Zsinka, Á. (1997): Zsírsavak a szervezetben - zsírsavak a táplálékban. *Táplálkozás-Anyagcsere-Diéta*, 2. 1. 10-15.
199. Zollitsch, W. - Wetscherek, W. - Lettner, F. (1992): Use of full fat soyabeans in broiler diets. *Archiv für Geflügelkunde*, 56. 6. 256-263.
200. Zollitsch, W. - Knaus, W. - Aichinger, F. - Lettner, F. (1997): Effects of different dietary fat sources on performance and carcass characteristics of broilers. *Animal Feed Science Technology*, 66. 63-73.

## FÜGGELÉK

**F1. táblázat: A liba hizlalótáp összetétele és táplálóanyag-tartalma**

<b>Alapanyagok</b>		
Kukorica	%	20.82
Extrahált szójadara (46% nyersfeh.)	%	16.20
Búza	%	15.00
Csírátlanított kukorica	%	15.00
Florisoy <sup>1</sup>	%	6.50
Árpa	%	5.00
Búzakorpa	%	5.00
Búza takarmányliszt	%	5.00
Extrahált napraforgódara	%	3.50
Zab	%	2.50
Napraforgóolaj	%	1.90
Takarmánymész	%	1.60
MCP	%	1.05
Vitamin és mikroelem premix <sup>2</sup>	%	0.50
Só	%	0.33
DL- metionin	%	0.10
<i>Összesen</i>	%	<i>100.00</i>
<b>Táplálóanyag-tartalom</b>		
Szárazanyag	%	88.55
ME	MJ/kg	12.13
Nyersfehérje	%	17.95
Nyerszsír	%	5.17
Nyersrost	%	4.65
Ca	%	0.96
P (hasznosítható)	%	0.39
Lizin	%	0.90
Metionin	%	0.38
Metionin+ cisztin	%	0.70
Treonin	%	0.63
Triptofán	%	0.22

<sup>1</sup> Frakcionált extrahált napraforgódara finom frakciója (40 % nyersfehérje)

<sup>2</sup> Egy kg takarmányhoz hozzáadva: A-vitamin 3300 µg, D<sub>3</sub>-vitamin 68,75 µg, E-vitamin 33,0 mg, K-vitamin 2,2 mg, tiamin 2,2 mg, riboflavin 5,5 mg, niacin 33,0 mg, folsav 1,1 mg, pantoténsav 8,8 mg, piridoxin 4,4 mg, biotin 0,11 mg, kolinklorid 200,0 mg, kobalamin 0,02 mg, Mn 100,0 mg, Zn 80,0 mg, Fe 19,95 mg, Cu 10 mg, I 4,0 mg, Se 0,3 mg, Co 1,0 mg

**F2. táblázat: A növendék libatáp összetétele és táplálóanyag-tartalma**

Alapanyagok		2005	2006	
			Kontroll	Kísérleti
Kukorica	%	66,2	76,2	71,2
Extrahált napraforgó	%	20,0	20,0	20,0
Lenolajos Perfett	%	10,0	-	5,0
Takarmány mész	%	1,5	1,5	1,5
MCP	%	1,5	1,5	1,5
NaCl (tak.só)	%	0,3	0,3	0,3
Premix	%	0,5	0,5	0,5
<i>Összesen</i>	%	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
<b>Táplálóanyag-tartalom</b>				
Szárazanyag	g/kg	889,4	895,2	897,2
Nyersfehérje	g/kg	131,0	134,2	132,6
Nyerszsír	g/kg	68,8	30,6	49,6
Nyersrost	g/kg	51,7	52,7	52,2
AME <sub>n</sub>	MJ/kg	12,75	11,86	12,31
Ca	g/kg	9,0	9,03	9,03
P	g/kg	7,7	7,82	7,76

**F3. táblázat: A brojlerekkel végzett kísérletben etetett takarmányok**

<b>Alapanyagok</b>		<b>Indító</b>	<b>Nevelő</b>	<b>Befejező</b>
Kukorica	%	47,75	58,00	61,42
Búza	%	9,00	-	-
Extrahált szójadara (46 %-os)	%	37,00	33,90	31,00
Olajkiegészítés	%	2,00	4,00	4,00
Takarmány mész	%	1,50	1,50	1,10
MCP	%	1,50	1,50	1,70
NaCl (tak.só)	%	0,30	0,30	0,28
L-lizin – HCl	%	0,25	0,20	-
DL-metionin	%	0,20	0,10	-
Premix	%	0,50	0,50	0,50
<i>Összesen</i>	%	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>	<i>100,00</i>
<b>Táplálóanyag-tartalom</b>				
Szárazanyag	%	89,22	89,37	89,27
Nyersfehérje	%	22,19	20,47	19,42
Nyerszsír	%	4,29	6,38	6,42
Nyersrost	%	3,52	3,37	3,27
Nyershamu	%	6,59	6,37	5,82
AME <sub>n</sub>	MJ/kg	12,58	13,29	13,48
Lizin	%	1,41	1,27	1,04
Metionin	%	0,55	0,56	0,42
Ca	%	1,00	0,94	0,87
P	%	0,74	0,72	0,76



**F4. táblázat: Az 1. nyúlkísérletben 35-56 napos korban etetett  
hízonyúltáp összetétele és táplálóanyag-tartalma (2005)**

Megnevezés		1. csoport	2. csoport	3. csoport	4. csoport	5. csoport
Lucernaliszt	%	33,2	33,3	33,30	33,30	33,30
Búza	%	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Kukoricapehely	%	6,0	-	-	-	-
Extrahált szójadara (46% ny.f.)	%	1,30	2,8	2,8	2,8	2,8
Extrahált napraf.dara (I.o.)	%	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Búzakorpa	%	3,5	-	-	-	-
Kukorica növényi liszt	%	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Fasermix (szalmapellet)	%	6,0	7,50	7,5	7,5	7,5
Szárított répaszelet	%	12,5	9,0	9,0	9,0	9,0
Szárított almadara	%	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Biolizin (lizinkiegészítő) <sup>1</sup>	%	0,50	0,4	0,4	0,4	0,4
Komplett premix <sup>2</sup>	%	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Wafolin-S (pelletragasztó)	%	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Perfett friss lenolaj <sup>3</sup>	%	-	-	2,5	5,0	10,0
Perfett friss napraf.olaj <sup>4</sup>	%	-	10,0	7,5	5,0	-
<i>Összesen</i>		<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
<b>Táplálóanyag-tartalom</b>						
Szárazanyag	g/kg tak.	900,1	904,8	904,8	904,8	904,8
DE <sub>ny</sub>	MJ/kg tak.	10,60	11,30	11,30	11,30	11,30
Nyersfehérje	g/kg tak.	155,5	154,6	154,6	154,6	154,6
Nyerszsír	g/kg tak.	19,3	56,0	56,0	56,0	56,0
Nyersrost	g/kg tak.	157,4	155,3	155,3	155,3	155,3
Keményítő	g/kg tak.	129,8	124,7	124,7	124,7	124,7
Lizin	g/kg tak.	7,6	7,5	7,5	7,5	7,5
Metionin+cisztin	g/kg tak.	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
Ca	g/kg tak.	12,2	11,9	11,9	11,9	11,9
P	g/kg tak.	5,8	5,6	5,6	5,6	5,6
A-vitamin	µg /kg tak.	3000	3000	3000	3000	3000
D <sub>3</sub> -vitamin	µg /kg tak.	25	25	25	25	25
E-vitamin	mg/kg tak.	60	60	60	60	60

<sup>1</sup> gyártja: Bábolna Takarmányipari Kft.

<sup>2</sup> KNP-843-Ro/Ti+OTC (gyártja: Bábolna Takarmányipari Kft.) robenidin: 50 mg/kg tak., oxitetraciklin: 500 mg/kg tak., tiamulin: 50 mg/kg tak.

<sup>3</sup> 60% kukoricapehely+40% lenolaj tartalmú kiegészítő (gyártja: ABOMIX Rt.)

<sup>4</sup> 60% kukoricapehely+40% napraforgóolaj tartalmú kiegészítő (gyártja: ABOMIX Rt.)

**F5. táblázat: Az 1. nyúlkísérletben 56. napos kortól vágásig etetett befejező nyúltáp összetétele**

Megnevezés		1. csoport	2. csoport	3. csoport	4. csoport	5. csoport
Lucernaliszt	%	30,5	34,0	34,0	34,0	34,0
Búza	%	11,0	11,5	11,5	11,5	11,5
Kukoricapehely	%	6,0	-	-	-	-
Extrahált szójadara (46% ny.f.)	%	2,4	3,0	3,0	3,0	3,0
Extrahált napraforgódara (I.o.)	%	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Búzakorpa	%	2,5	-	-	-	-
Kukorica növényi liszt	%	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Fasermix (szalmapellet)	%	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Szárított répaszelet	%	9,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Szárított almadara	%	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Biolizin (lizinkiegészítő) <sup>1</sup>	%	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
Komplett premix <sup>2</sup>	%	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Wafolin-S (pelletragasztó)	%	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Perfett friss lenolaj <sup>3</sup>	%	-	-	2,5	5,0	10,0
Perfett friss napraforgóolaj <sup>4</sup>	%	-	10,0	7,5	5,0	-
<i>Összesen</i>		<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>	<i>100,0</i>
<b>Táplálóanyag-tartalom</b>						
Szárazanyag	g/kg tak.	900,2	904,5	904,5	904,5	904,5
DE <sub>ny</sub>	MJ/kg tak.	10,6	11,3	11,3	11,3	11,3
Nyersfehérje	g/kg tak.	165,2	165,1	165,1	165,1	165,1
Nyerszsír	g/kg tak.	19,3	56,8	56,8	56,8	56,8
Nyersrost	g/kg tak.	152,3	149,7	149,7	149,7	149,7
Keményítő	g/kg tak.	136,6	136,7	136,7	136,7	136,7
Lizin	g/kg tak.	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Metionin+cisztin	g/kg tak.	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Ca	g/kg tak.	11,5	11,2	11,2	11,2	11,2
P	g/kg tak.	6,1	5,9	5,9	5,9	5,9
A-vitamin	µg /kg tak.	3000	3000	3000	3000	3000
D <sub>3</sub> -vitamin	µg /kg tak.	25	25	25	25	25
E-vitamin	mg/kg tak.	60	60	60	60	60

<sup>1</sup> gyártja: Bábolna Takarmányipari Kft.

<sup>2</sup> KNP-843 (gyártja: Bábolna Takarmányipari Kft.)

<sup>3</sup> 60% kukoricapehely+40% lenolaj tartalmú kiegészítő (gyártja: ABOMIX Rt.)

<sup>4</sup> 60% kukoricapehely+40% napraforgóolaj tartalmú kiegészítő (gyártja: ABOMIX Rt.)

F6. táblázat: Eltérő takarmányt fogyasztó húslibák mell- és combzsírjának zsírsavösszetétele (2005)

zsírsavak <sup>1</sup>	MELL				COMB			
	K	Z	L	LZ	K	Z	L	LZ
C <sub>12:0</sub>	0,03±0,000 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,03±0,005 <sup>a</sup>	0,03±0,005 <sup>a</sup>	0,03±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,000 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>
C <sub>14:0</sub>	0,33±0,019 <sup>a</sup>	0,25±0,040 <sup>a</sup>	0,28±0,053 <sup>a</sup>	0,26±0,017 <sup>a</sup>	0,32±0,010 <sup>a</sup>	0,31±0,025 <sup>a</sup>	0,28±0,041 <sup>a</sup>	0,27±0,010 <sup>a</sup>
C <sub>15:0</sub>	0,05±0,010 <sup>ab</sup>	0,06±0,010 <sup>ab</sup>	0,04±0,000 <sup>b</sup>	0,06±0,005 <sup>a</sup>	0,04±0,005 <sup>ab</sup>	0,06±0,010 <sup>b</sup>	0,04±0,005 <sup>a</sup>	0,06±0,010 <sup>b</sup>
C <sub>16:0</sub>	20,80±1,06 <sup>a</sup>	19,49±0,021 <sup>ab</sup>	18,13±1,095 <sup>b</sup>	18,20±0,293 <sup>b</sup>	20,09±1,388 <sup>a</sup>	18,86±0,323 <sup>ab</sup>	16,92±1,135 <sup>b</sup>	17,30±0,272 <sup>b</sup>
C <sub>17:0</sub>	0,09±0,005 <sup>b</sup>	0,12±0,033 <sup>ab</sup>	0,10±0,016 <sup>b</sup>	0,15±0,005 <sup>a</sup>	0,08±0,005 <sup>a</sup>	0,10±0,016 <sup>a</sup>	0,08±0,013 <sup>a</sup>	0,09±0,013 <sup>a</sup>
C <sub>18:0</sub>	6,84±0,355 <sup>b</sup>	8,79±0,577 <sup>a</sup>	7,63±0,800 <sup>ab</sup>	7,97±0,477 <sup>ab</sup>	5,93±0,134 <sup>a</sup>	6,29±0,253 <sup>a</sup>	5,57±0,610 <sup>a</sup>	5,47±0,573 <sup>a</sup>
C <sub>20:0</sub>	0,09±0,005 <sup>b</sup>	0,12±0,005 <sup>a</sup>	0,09±0,013 <sup>b</sup>	0,12±0,013 <sup>a</sup>	0,07±0,010 <sup>b</sup>	0,10±0,016 <sup>a</sup>	0,07±0,005 <sup>b</sup>	0,08±0,005 <sup>ab</sup>
C <sub>23:0</sub>	0,15±0,042 <sup>b</sup>	0,38±0,039 <sup>a</sup>	0,21±0,071 <sup>b</sup>	0,21±0,017 <sup>b</sup>	0,03±0,010 <sup>a</sup>	0,04±0,016 <sup>a</sup>	0,04±0,010 <sup>a</sup>	0,04±0,017 <sup>a</sup>
<b>SFA</b>	28,38±1,459 <sup>ab</sup>	29,23±0,522 <sup>a</sup>	26,50±0,421 <sup>cd</sup>	27,00±0,432 <sup>bd</sup>	26,59±1,242 <sup>a</sup>	25,79±0,157 <sup>a</sup>	23,01±0,710 <sup>b</sup>	23,33±0,852 <sup>b</sup>
C <sub>14:1 n-5</sub>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,008 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,008 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>
C <sub>16:1 n-7</sub>	2,61±0,193 <sup>a</sup>	1,95±0,180 <sup>b</sup>	1,72±0,254 <sup>b</sup>	1,85±0,218 <sup>b</sup>	3,06±0,106 <sup>a</sup>	2,91±0,092 <sup>a</sup>	2,45±0,548 <sup>a</sup>	2,46±0,195 <sup>a</sup>
C <sub>17:1</sub>	0,13±0,026 <sup>ab</sup>	0,13±0,008 <sup>a</sup>	0,09±0,014 <sup>b</sup>	0,12±0,017 <sup>ab</sup>	0,08±0,010 <sup>a</sup>	0,09±0,013 <sup>a</sup>	0,08±0,005 <sup>a</sup>	0,09±0,005 <sup>a</sup>
C <sub>18:1 n-9</sub>	44,74±2,067 <sup>a</sup>	36,95±1,950 <sup>b</sup>	37,65±1,213 <sup>b</sup>	33,89±1,782 <sup>b</sup>	48,08±0,614 <sup>a</sup>	44,76±2,230 <sup>b</sup>	42,99±0,697 <sup>bc</sup>	40,69±1,407 <sup>c</sup>
C <sub>18:1 n-7</sub>	1,34±0,067 <sup>b</sup>	1,79±0,217 <sup>a</sup>	1,30±0,148 <sup>b</sup>	1,33±0,106 <sup>b</sup>	1,17±0,053 <sup>a</sup>	1,34±0,475 <sup>a</sup>	1,11±0,083 <sup>a</sup>	1,11±0,083 <sup>a</sup>
C <sub>20:1 n-9</sub>	0,11±0,013 <sup>a</sup>	0,11±0,024 <sup>a</sup>	ND	ND	0,12±0,005 <sup>b</sup>	0,17±0,029 <sup>a</sup>	ND	ND
<b>MUFA</b>	48,96±1,912 <sup>a</sup>	40,94±1,947 <sup>b</sup>	40,78±1,280 <sup>b</sup>	37,21±1,813 <sup>b</sup>	52,53±0,752 <sup>a</sup>	49,29±1,815 <sup>b</sup>	46,65±1,174 <sup>bc</sup>	44,36±1,593 <sup>c</sup>
C <sub>18:2 n-6</sub>	17,44±0,886 <sup>b</sup>	19,14±0,840 <sup>ab</sup>	17,72±0,849 <sup>b</sup>	19,98±0,483 <sup>a</sup>	17,47±0,936 <sup>c</sup>	20,10±0,854 <sup>ab</sup>	18,54±0,935 <sup>bc</sup>	20,64±0,922 <sup>a</sup>
C <sub>18:3 n-6</sub>	0,03±0,005 <sup>a</sup>	0,03±0,005 <sup>a</sup>	0,03±0,000 <sup>a</sup>	0,03±0,000 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,03±0,000 <sup>a</sup>	0,04±0,010 <sup>a</sup>	0,03±0,005 <sup>a</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	0,92±0,116 <sup>b</sup>	1,23±0,227 <sup>b</sup>	7,96±1,550 <sup>a</sup>	8,31±0,503 <sup>a</sup>	0,95±0,132 <sup>b</sup>	1,34±0,222 <sup>b</sup>	8,97±0,671 <sup>a</sup>	9,35±1,120 <sup>a</sup>
C <sub>20:2 n-6</sub>	0,13±0,013 <sup>b</sup>	0,24±0,008 <sup>a</sup>	0,19±0,041 <sup>ab</sup>	0,21±0,045 <sup>a</sup>	0,10±0,024 <sup>b</sup>	0,14±0,014 <sup>a</sup>	0,12±0,021 <sup>ab</sup>	0,12±0,013 <sup>ab</sup>
C <sub>20:3 n-6</sub>	0,08±0,013 <sup>b</sup>	0,14±0,024 <sup>a</sup>	0,13±0,026 <sup>a</sup>	0,12±0,008 <sup>ab</sup>	0,05±0,010 <sup>a</sup>	0,05±0,013 <sup>a</sup>	0,05±0,010 <sup>a</sup>	0,04±0,005 <sup>a</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	2,42±0,175 <sup>b</sup>	4,32±0,790 <sup>a</sup>	2,25±0,260 <sup>b</sup>	2,90±0,267 <sup>b</sup>	1,11±0,353 <sup>a</sup>	0,87±0,086 <sup>a</sup>	1,06±0,247 <sup>a</sup>	0,93±0,270 <sup>a</sup>
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,04±0,006 <sup>c</sup>	ND	0,18±0,016 <sup>a</sup>	0,11±0,012 <sup>b</sup>	ND	0,15±0,003 <sup>a</sup>	ND	0,08±0,007 <sup>b</sup>
C <sub>22:4 n-6</sub>	0,44±0,127 <sup>b</sup>	0,93±0,168 <sup>a</sup>	0,34±0,051 <sup>b</sup>	0,49±0,056 <sup>b</sup>	0,28±0,102 <sup>a</sup>	0,25±0,029 <sup>a</sup>	0,21±0,050 <sup>a</sup>	0,20±0,049 <sup>a</sup>
C <sub>22:5 n-3</sub>	0,09±0,024 <sup>c</sup>	0,30±0,054 <sup>b</sup>	0,52±0,096 <sup>a</sup>	0,64±0,102 <sup>a</sup>	0,06±0,010 <sup>b</sup>	0,11±0,041 <sup>b</sup>	0,25±0,059 <sup>a</sup>	0,20±0,029 <sup>a</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,11±0,017 <sup>c</sup>	0,29±0,057 <sup>b</sup>	0,48±0,036 <sup>a</sup>	0,36±0,033 <sup>b</sup>	0,04±0,014 <sup>b</sup>	0,08±0,031 <sup>b</sup>	0,17±0,029 <sup>a</sup>	0,08±0,017 <sup>b</sup>
<b>PUFA</b>	21,70±0,833 <sup>c</sup>	26,62±1,282 <sup>b</sup>	29,80±2,444 <sup>ab</sup>	33,15±1,393 <sup>a</sup>	20,08±1,577 <sup>b</sup>	23,12±1,170 <sup>b</sup>	29,42±1,702 <sup>a</sup>	31,67±1,723 <sup>a</sup>

**F7. táblázat: Eltérő takarmányt fogyasztó libák hasúri- és bőralatti zsírájának zsírsavösszetétele (2005)**

zsírsavak <sup>1</sup>	HASÚRI ZSÍR				BŐRALATTI ZSÍR			
	K	Z	L	LZ	K	Z	L	LZ
C <sub>12:0</sub>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,000 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,000 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,000 <sup>a</sup>	0,02±0,000 <sup>a</sup>
C <sub>14:0</sub>	0,34±0,031 <sup>a</sup>	0,33±0,040 <sup>a</sup>	0,30±0,066 <sup>a</sup>	0,30±0,014 <sup>a</sup>	0,33±0,021 <sup>a</sup>	0,32±0,039 <sup>a</sup>	0,29±0,053 <sup>a</sup>	0,30±0,014 <sup>a</sup>
C <sub>15:0</sub>	0,04±0,005 <sup>bc</sup>	0,06±0,010 <sup>ab</sup>	0,04±0,000 <sup>c</sup>	0,06±0,008 <sup>a</sup>	0,04±0,005 <sup>a</sup>	0,06±0,010 <sup>a</sup>	0,04±0,000 <sup>a</sup>	0,05±0,005 <sup>a</sup>
C <sub>16:0</sub>	21,48±1,671 <sup>a</sup>	20,48±0,474 <sup>a</sup>	18,97±1,630 <sup>a</sup>	19,05±0,649 <sup>a</sup>	20,61±1,075 <sup>a</sup>	19,70±0,095 <sup>ac</sup>	17,69±1,090 <sup>b</sup>	18,21±0,697 <sup>bc</sup>
C <sub>17:0</sub>	0,08±0,013 <sup>b</sup>	0,10±0,014 <sup>ab</sup>	0,09±0,013 <sup>ab</sup>	0,11±0,016 <sup>a</sup>	0,08±0,008 <sup>a</sup>	0,10±0,022 <sup>a</sup>	0,07±0,008 <sup>a</sup>	0,09±0,016 <sup>a</sup>
C <sub>18:0</sub>	6,08±0,114 <sup>a</sup>	7,01±0,945 <sup>a</sup>	6,38±0,701 <sup>a</sup>	6,14±0,434 <sup>a</sup>	5,76±0,185 <sup>a</sup>	6,03±0,783 <sup>a</sup>	4,85±0,627 <sup>a</sup>	5,19±0,888 <sup>a</sup>
C <sub>20:0</sub>	0,07±0,010 <sup>bc</sup>	0,10±0,013 <sup>a</sup>	0,06±0,008 <sup>c</sup>	0,08±0,005 <sup>ab</sup>	0,07±0,008 <sup>b</sup>	0,10±0,008 <sup>a</sup>	0,05±0,008 <sup>c</sup>	0,07±0,010 <sup>b</sup>
C <sub>23:0</sub>	ND	ND	0,01±0,005	ND	ND	ND	0,01±0,005	ND
<b>SFA</b>	28,11±1,782 <sup>a</sup>	28,10±1,167 <sup>a</sup>	25,86±1,205 <sup>a</sup>	25,77±0,905 <sup>a</sup>	26,91±1,045 <sup>a</sup>	26,33±0,775 <sup>a</sup>	23,02±0,512 <sup>b</sup>	23,94±1,540 <sup>b</sup>
C <sub>14:1 n-5</sub>	0,02±0,000 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,01±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,000 <sup>a</sup>	0,02±0,000 <sup>a</sup>	0,02±0,013 <sup>a</sup>	0,02±0,008 <sup>a</sup>
C <sub>16:1 n-7</sub>	2,58±0,318 <sup>a</sup>	2,21±0,319 <sup>a</sup>	1,89±0,519 <sup>a</sup>	1,89±0,210 <sup>a</sup>	2,66±0,270 <sup>a</sup>	2,69±0,400 <sup>a</sup>	2,70±0,707 <sup>a</sup>	2,48±0,639 <sup>a</sup>
C <sub>17:1</sub>	0,06±0,005 <sup>a</sup>	0,08±0,010 <sup>a</sup>	0,06±0,000 <sup>a</sup>	0,08±0,013 <sup>a</sup>	0,06±0,005 <sup>b</sup>	0,09±0,008 <sup>a</sup>	0,07±0,005 <sup>bc</sup>	0,08±0,008 <sup>ac</sup>
C <sub>18:1 n-9</sub>	49,23±1,193 <sup>a</sup>	46,94±0,960 <sup>a</sup>	43,36±1,040 <sup>b</sup>	41,41±1,625 <sup>b</sup>	49,26±0,979 <sup>a</sup>	46,93±0,940 <sup>b</sup>	45,34±0,476 <sup>b</sup>	42,85±1,516 <sup>c</sup>
C <sub>18:1 n-7</sub>	1,16±0,147 <sup>a</sup>	1,00±0,110 <sup>ab</sup>	1,04±0,132 <sup>ab</sup>	0,82±0,107 <sup>b</sup>	1,02±0,008 <sup>a</sup>	0,90±0,111 <sup>a</sup>	0,96±0,082 <sup>a</sup>	0,92±0,104 <sup>a</sup>
C <sub>20:1 n-9</sub>	0,13±0,014 <sup>b</sup>	0,20±0,005 <sup>a</sup>	ND	ND	0,13±0,005 <sup>a</sup>	0,20±0,021 <sup>b</sup>	ND	ND
<b>MUFA</b>	53,18±1,008 <sup>a</sup>	50,44±1,296 <sup>a</sup>	46,37±1,435 <sup>b</sup>	44,21±1,607 <sup>b</sup>	53,15±1,070 <sup>a</sup>	50,3±1,275 <sup>ac</sup>	49,09±0,948 <sup>bc</sup>	46,35±2,112 <sup>b</sup>
C <sub>18:2 n-6</sub>	17,37±1,497 <sup>a</sup>	19,58±1,153 <sup>a</sup>	17,04±1,004 <sup>a</sup>	19,59±0,939 <sup>a</sup>	18,48±1,045 <sup>bc</sup>	20,88±0,633 <sup>a</sup>	18,34±1,036 <sup>c</sup>	20,52±0,949 <sup>ab</sup>
C <sub>18:3 n-6</sub>	0,02±0,000 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,03±0,005 <sup>a</sup>	0,04±0,010 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,03±0,005 <sup>a</sup>	0,03±0,000 <sup>a</sup>	0,02±0,008 <sup>a</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	0,89±0,074 <sup>b</sup>	1,36±0,242 <sup>b</sup>	10,15±0,877 <sup>a</sup>	9,55±1,574 <sup>a</sup>	0,91±0,097 <sup>b</sup>	1,35±0,276 <sup>b</sup>	8,96±0,453 <sup>a</sup>	8,62±0,868 <sup>a</sup>
C <sub>20:2 n-6</sub>	0,07±0,016 <sup>a</sup>	0,11±0,017 <sup>a</sup>	0,09±0,026 <sup>a</sup>	0,10±0,026 <sup>a</sup>	0,08±0,013 <sup>b</sup>	0,12±0,014 <sup>a</sup>	0,10±0,017 <sup>ab</sup>	0,10±0,014 <sup>ab</sup>
C <sub>20:3 n-6</sub>	0,02±0,000 <sup>a</sup>	0,02±0,000 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,005 <sup>a</sup>	0,03±0,005 <sup>a</sup>	0,03±0,005 <sup>a</sup>	0,03±0,008 <sup>a</sup>	0,02±0,000 <sup>a</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	0,08±0,014 <sup>a</sup>	0,09±0,021 <sup>a</sup>	0,09±0,005 <sup>a</sup>	0,07±0,014 <sup>a</sup>	0,11±0,021 <sup>ab</sup>	0,15±0,021 <sup>a</sup>	0,11±0,013 <sup>ab</sup>	0,09±0,013 <sup>b</sup>
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,01±0,002 <sup>c</sup>	0,05±0,008 <sup>a</sup>	0,04±0,006 <sup>ab</sup>	0,03±0,006 <sup>b</sup>	0,02±0,003 <sup>b</sup>	0,07±0,012 <sup>a</sup>	0,03±0,008 <sup>b</sup>	0,03±0,005 <sup>b</sup>
C <sub>22:4 n-6</sub>	0,03±0,005 <sup>b</sup>	0,04±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,000 <sup>bc</sup>	0,02±0,005 <sup>c</sup>	0,05±0,005 <sup>b</sup>	0,07±0,000 <sup>a</sup>	0,03±0,000 <sup>ac</sup>	0,02±0,010 <sup>c</sup>
C <sub>22:5 n-3</sub>	ND	0,02±0,008 <sup>b</sup>	0,06±0,013 <sup>a</sup>	0,05±0,013 <sup>a</sup>	0,01±0,000 <sup>d</sup>	0,03±0,008 <sup>c</sup>	0,07±0,013 <sup>a</sup>	0,05±0,005 <sup>b</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	ND	ND	0,02±0,005	ND	ND	ND	0,02±0,000	ND
<b>PUFA</b>	18,49±1,570 <sup>b</sup>	21,29±1,412 <sup>b</sup>	27,56±1,922 <sup>a</sup>	29,47±2,548 <sup>a</sup>	19,71±1,145 <sup>b</sup>	22,66±0,892 <sup>b</sup>	27,69±1,466 <sup>a</sup>	29,44±1,823 <sup>a</sup>

**F8. táblázat: Eltérő takarmányt fogyasztó húslibák májának zsírsavösszetétele (2005)**

zsírsavak <sup>1</sup>	MÁJ			
	K	Z	L	LZ
C <sub>12:0</sub>	0,02±0,000 <sup>a</sup>	0,02±0,008 <sup>a</sup>	0,01±0,005 <sup>a</sup>	0,02±0,000 <sup>a</sup>
C <sub>14:0</sub>	0,37±0,081 <sup>a</sup>	0,19±0,059 <sup>b</sup>	0,34±0,073 <sup>ab</sup>	0,23±0,071 <sup>ab</sup>
C <sub>15:0</sub>	0,01±0,005 <sup>b</sup>	0,04±0,012 <sup>a</sup>	ND	0,04±0,000 <sup>a</sup>
C <sub>16:0</sub>	23,09±3,419 <sup>a</sup>	17,15±0,207 <sup>b</sup>	19,61±3,445 <sup>ab</sup>	17,13±1,561 <sup>b</sup>
C <sub>17:0</sub>	0,08±0,039 <sup>b</sup>	0,21±0,000 <sup>a</sup>	0,07±0,021 <sup>b</sup>	0,20±0,033 <sup>a</sup>
C <sub>18:0</sub>	12,85±2,245 <sup>b</sup>	20,08±1,339 <sup>a</sup>	13,13±3,234 <sup>b</sup>	18,33±2,890 <sup>ab</sup>
C <sub>20:0</sub>	0,07±0,009 <sup>b</sup>	0,10±0,008 <sup>a</sup>	0,07±0,019 <sup>b</sup>	0,10±0,008 <sup>a</sup>
C <sub>23:0</sub>	0,04±0,022 <sup>b</sup>	0,08±0,012 <sup>a</sup>	0,04±0,005 <sup>b</sup>	0,05±0,016 <sup>ab</sup>
<b>SFA</b>	<b>36,53±1,262<sup>a</sup></b>	<b>37,87±1,442<sup>a</sup></b>	<b>33,28±0,322<sup>b</sup></b>	<b>36,09±2,013<sup>ab</sup></b>
C <sub>14:1 n-5</sub>	0,02±0,012 <sup>a</sup>	ND	0,02±0,008 <sup>a</sup>	ND
C <sub>16:1 n-7</sub>	3,00±0,049 <sup>a</sup>	0,67±0,143 <sup>c</sup>	2,11±0,494 <sup>b</sup>	0,61±0,061 <sup>c</sup>
C <sub>17:1</sub>	0,04±0,000 <sup>a</sup>	0,05±0,012 <sup>a</sup>	0,04±0,009 <sup>a</sup>	0,05±0,009 <sup>a</sup>
C <sub>18:1 n-9</sub>	40,68±2,488 <sup>a</sup>	22,10±3,479 <sup>b</sup>	41,56±4,858 <sup>a</sup>	22,56±3,103 <sup>b</sup>
C <sub>18:1 n-7</sub>	1,58±0,193 <sup>a</sup>	1,48±0,085 <sup>ab</sup>	1,42±0,160 <sup>ab</sup>	1,19±0,088 <sup>b</sup>
C <sub>20:1 n-9</sub>	0,14±0,025 <sup>a</sup>	ND	0,07±0,046 <sup>a</sup>	ND
<b>MUFA</b>	<b>45,46±2,584<sup>a</sup></b>	<b>24,30±3,18<sup>b</sup></b>	<b>45,22±5,469<sup>a</sup></b>	<b>24,42±3,226<sup>b</sup></b>
C <sub>18:2 n-6</sub>	7,51±0,929 <sup>c</sup>	12,95±0,830 <sup>ab</sup>	10,54±2,479 <sup>bc</sup>	14,24±1,037 <sup>a</sup>
C <sub>18:3 n-6</sub>	0,05±0,008 <sup>a</sup>	0,05±0,000 <sup>a</sup>	0,04±0,008 <sup>a</sup>	0,05±0,012 <sup>a</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	0,52±0,102 <sup>c</sup>	0,65±0,127 <sup>c</sup>	3,52±0,497 <sup>b</sup>	4,34±0,282 <sup>a</sup>
C <sub>20:2 n-6</sub>	0,20±0,074 <sup>b</sup>	0,47±0,048 <sup>a</sup>	0,24±0,095 <sup>bc</sup>	0,42±0,139 <sup>ac</sup>
C <sub>20:3 n-6</sub>	0,26±0,024 <sup>a</sup>	0,37±0,094 <sup>a</sup>	0,35±0,146 <sup>a</sup>	0,47±0,102 <sup>a</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	7,50±2,610 <sup>bc</sup>	17,55±1,729 <sup>a</sup>	4,91±1,487 <sup>c</sup>	11,44±2,200 <sup>b</sup>
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,03±0,005 <sup>d</sup>	0,13±0,015 <sup>c</sup>	0,37±0,010 <sup>b</sup>	1,06±0,057 <sup>a</sup>
C <sub>22:4 n-6</sub>	0,52±0,124 <sup>b</sup>	1,10±0,037 <sup>a</sup>	0,27±0,092 <sup>c</sup>	0,51±0,065 <sup>b</sup>
C <sub>22:5 n-3</sub>	0,08±0,025 <sup>c</sup>	0,38±0,065 <sup>bc</sup>	0,41±0,108 <sup>b</sup>	0,95±0,242 <sup>a</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,55±0,147 <sup>b</sup>	1,10±0,274 <sup>ab</sup>	1,10±0,367 <sup>ab</sup>	1,76±0,583 <sup>a</sup>
<b>PUFA</b>	<b>17,22±3,954<sup>b</sup></b>	<b>34,75±2,615<sup>a</sup></b>	<b>21,75±5,204<sup>b</sup></b>	<b>35,24±3,229<sup>a</sup></b>

### **F6-F8. táblázatok jelmagyarázata**

<sup>1</sup> % az összes zsírsav %-ában

ND = nem detektált

a,b,c,d: A különböző betűvel jelölt értékek azonos sorokon belül minimum P<0.05 szinten szignifikánsan különböznek

K = kontroll (1. csoport)

Z = 30 % abrak helyett zöldtakarmány (2. csoport)

L = lenolajos abrak (3. csoport)

LZ = 30 % lenolajos abrak helyett zöldtakarmány (4. csoport)

**F9. táblázat: A húslibák zsírsavösszetételének alakulása a takarmányozás egységesítése után mintavételi helyek szerint (2005)**

	Mell	Comb	Hasúri zsír	Bóralatti	Máj
C <sub>14:0</sub>	0,33±0,07 <sup>a</sup>	0,32±0,08 <sup>ab</sup>	0,32±0,05 <sup>ab</sup>	0,31±0,05 <sup>ab</sup>	0,25±0,08 <sup>b</sup>
C <sub>16:0</sub>	18,03±1,43 <sup>ab</sup>	17,18±1,28 <sup>b</sup>	18,42±1,80 <sup>a</sup>	17,38±1,60 <sup>ab</sup>	16,73±1,73 <sup>b</sup>
C <sub>16:1</sub>	2,34±0,50 <sup>ab</sup>	2,61±0,52 <sup>a</sup>	2,05±0,37 <sup>b</sup>	2,49±0,49 <sup>ab</sup>	0,75±0,20 <sup>c</sup>
C <sub>18:0</sub>	6,30±0,81 <sup>b</sup>	5,05±0,52 <sup>c</sup>	5,80±0,63 <sup>b</sup>	4,87±0,59 <sup>c</sup>	19,50±2,98 <sup>a</sup>
C <sub>18:1 n-9</sub>	40,64±4,34 <sup>b</sup>	43,69±2,86 <sup>ab</sup>	43,63±3,06 <sup>ab</sup>	44,81±2,91 <sup>a</sup>	25,25±7,64 <sup>c</sup>
C <sub>18:1 n-7</sub>	1,09±0,22 <sup>ab</sup>	0,94±0,18 <sup>b</sup>	0,98±0,18 <sup>b</sup>	0,92±0,16 <sup>b</sup>	1,23±0,22 <sup>a</sup>
C <sub>18:2 n-6</sub>	17,91±1,32 <sup>a</sup>	18,66±1,30 <sup>a</sup>	17,59±1,51 <sup>a</sup>	18,65±1,53 <sup>a</sup>	13,00±2,64 <sup>b</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	9,09±2,46 <sup>a</sup>	9,60±2,49 <sup>a</sup>	10,20±2,75 <sup>a</sup>	9,58±2,82 <sup>a</sup>	4,08±1,39 <sup>b</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	1,42±0,99 <sup>b</sup>	0,48±0,19 <sup>c</sup>	0,09±0,02 <sup>d</sup>	0,12±0,03 <sup>d</sup>	11,48±3,14 <sup>a</sup>
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,11±0,07 <sup>b</sup>	0,04±0,02 <sup>c</sup>	0,02±0,02 <sup>d</sup>	0,02±0,01 <sup>d</sup>	1,36±0,38 <sup>a</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,14±0,11 <sup>b</sup>	0,05±0,03 <sup>b</sup>	0,00±0,01 <sup>c</sup>	0,01±0,03 <sup>c</sup>	1,43±0,63 <sup>a</sup>
<b>SFA</b>	<b>25,06±1,61<sup>b</sup></b>	<b>22,86±1,21<sup>c</sup></b>	<b>24,80±1,78<sup>b</sup></b>	<b>22,81±1,64<sup>c</sup></b>	<b>36,94±2,45<sup>a</sup></b>
<b>MUFA</b>	<b>44,28±4,18<sup>b</sup></b>	<b>47,41±2,96<sup>ab</sup></b>	<b>46,80±2,97<sup>ab</sup></b>	<b>48,36±2,89<sup>a</sup></b>	<b>27,39±7,71<sup>c</sup></b>
<b>PUFA</b>	<b>29,47±3,60<sup>ab</sup></b>	<b>29,26±3,40<sup>b</sup></b>	<b>28,12±3,83<sup>b</sup></b>	<b>28,63±3,60<sup>b</sup></b>	<b>33,74±6,43<sup>a</sup></b>
<b>n-6</b>	<b>19,83±1,88<sup>b</sup></b>	<b>19,43±1,35<sup>b</sup></b>	<b>17,83±1,53<sup>b</sup></b>	<b>18,94±1,55<sup>b</sup></b>	<b>25,88±5,14<sup>a</sup></b>
<b>n-3</b>	<b>9,64±2,54<sup>a</sup></b>	<b>9,84±2,55<sup>a</sup></b>	<b>10,29±2,77<sup>a</sup></b>	<b>9,69±2,85<sup>a</sup></b>	<b>7,86±1,98<sup>a</sup></b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>2,20±0,60<sup>b</sup></b>	<b>2,11±0,58<sup>b</sup></b>	<b>1,86±0,55<sup>b</sup></b>	<b>2,14±0,69<sup>b</sup></b>	<b>3,41±0,73<sup>a</sup></b>

*a,b,c, d: A különböző betűvel jelölt értékek P<0,05 szinten szignifikánsan különböznek*

**F10. táblázat: A tömés hatása a libazsír fontosabb zsírsavaira**  
(az összes zsírsav %-ában)

	Csoport és mintavételi hely	zsírsav %								
		C <sub>16:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>	C <sub>20:4</sub>	C <sub>20:5</sub>	C <sub>22:6</sub>	
M E L L	tömés előtt	1.	20,88	6,51	49,52	14,47	0,46	2,14	0,11	0,19
		2.	22,04	6,61	45,01	16,57	1,88	1,37	0,08	0,07
		3.	23,69	9,26	37,01	13,49	2,49	3,22	0,16	0,24
		4.	17,63	6,23	38,70	17,75	12,03	1,68	0,29	0,15
		5.	19,18	7,24	36,86	17,14	12,42	0,68	0,23	0,17
		6.	18,51	5,69	39,70	17,86	11,91	1,27	0,18	0,19
	tömés után	1.	21,78	7,44	52,41	11,59	0,39	1,59	0,08	0,09
		2.	17,78	6,71	52,65	11,46	3,96	1,20	0,22	0,13
		3.	20,77	6,41	50,95	9,13	4,58	1,04	0,25	0,18
		4.	19,59	7,33	47,76	10,88	7,54	1,01	0,27	0,15
		5.	21,07	7,11	48,38	9,54	7,07	0,95	0,22	0,13
		6.	19,23	7,37	45,77	12,83	8,40	1,29	0,30	0,11
C O M B	tömés előtt	1.	18,47	4,94	53,46	15,55	0,47	0,71	0,12	0,11
		2.	20,34	5,88	46,84	17,44	1,41	0,84	0,17	0,10
		3.	22,62	7,35	43,28	14,66	2,85	1,63	0,12	0,06
		4.	16,57	5,18	41,47	18,20	12,19	0,72	0,12	0,13
		5.	18,35	6,63	38,57	17,73	12,11	1,00	0,13	0,09
		6.	16,80	4,30	43,85	18,37	11,18	0,57	0,07	0,08
	tömés után	1.	20,59	6,25	54,63	11,90	0,38	0,46	0,03	0,04
		2.	22,32	6,16	50,91	9,38	4,30	0,28	0,07	0,06
		3.	20,74	5,89	52,00	8,89	4,82	0,43	0,14	-
		4.	19,03	6,32	50,43	10,68	7,47	0,36	0,12	0,06
		5.	20,10	6,40	50,24	9,65	7,14	0,36	0,13	0,03
		6.	18,48	5,67	49,18	12,74	8,43	0,38	0,11	-
M Á J	tömés előtt	1.	19,16	9,57	47,65	12,26	0,38	3,68	0,25	0,45
		2.	21,27	12,81	37,49	12,87	1,21	8,77	0,33	1,26
		3.	21,65	19,83	22,53	10,85	1,63	13,26	1,08	2,83
		4.	17,86	8,39	37,33	16,24	11,36	0,95	0,22	0,56
		5.	18,45	6,30	32,66	15,57	10,76	0,86	0,26	1,31
		6.	19,01	8,39	41,41	14,42	8,75	1,28	0,73	0,16
	tömés után	1.	20,91	13,21	60,14	1,42	0,07	0,60	0,09	0,06
		2.	20,86	11,99	60,72	1,14	0,40	0,34	0,11	0,07
		3.	19,26	11,56	62,97	1,06	0,46	0,39	0,17	-
		4.	20,65	12,05	59,20	1,26	0,82	0,20	0,13	0,06
		5.	19,52	12,26	59,76	1,57	0,96	0,50	0,24	0,04
		6.	19,35	13,12	59,47	2,16	1,40	0,61	0,37	0,09

1. csoport: liba befejezőtáp (LB) 2. csoport: LB 30 %-a helyett ad libitum zöldtakarmány

3. csoport: LB 50 %-a helyett ad libitum zöldtakarmány

4. csoport: 4 % lenolajjal kiegészített LB 30 %-a helyett ad libitum zöldtakarmány

5. csoport: 4 % lenolajjal kiegészített LB 50 %-a helyett ad libitum zöldtakarmány

6. csoport: 4 % lenolajjal kiegészített LB

**F11. táblázat: A napraforgó- és lenolaj-kiegészítés hatása a nyúlgerinc-hús zsírjának zsírsavösszetételére (2005)**

(adatok az összes zsírsav %-ában)

	<b>1. csoport</b>	<b>2. csoport</b>	<b>3. csoport</b>	<b>4. csoport</b>	<b>5. csoport</b>
	Negatív kontroll	Pozitív kontroll (4%napraf.olaj)	1%lenolaj+ 3%napraf.olaj	2%lenolaj+ 2%napraf.olaj	4% lenolaj
C <sub>10:0</sub>	0,29±0,13 <sup>a</sup>	0,15±0,09 <sup>ab</sup>	0,19±0,05 <sup>ab</sup>	0,18±0,08 <sup>ab</sup>	0,12±0,03 <sup>b</sup>
C <sub>12:0</sub>	0,35±0,10 <sup>a</sup>	0,23±0,11 <sup>ab</sup>	0,23±0,06 <sup>b</sup>	0,17±0,04 <sup>b</sup>	0,16±0,04 <sup>b</sup>
C <sub>14:0</sub>	3,31±0,22 <sup>a</sup>	2,00±0,30 <sup>b</sup>	1,71±0,17 <sup>bc</sup>	1,71±0,28 <sup>bc</sup>	1,66±0,20 <sup>c</sup>
C <sub>15:0</sub>	0,68±0,06 <sup>a</sup>	0,49±0,06 <sup>b</sup>	0,46±0,13 <sup>b</sup>	0,47±0,04 <sup>b</sup>	0,46±0,02 <sup>b</sup>
C <sub>16:0</sub>	29,86±1,28 <sup>a</sup>	21,51±2,11 <sup>b</sup>	18,90±1,01 <sup>c</sup>	18,99±1,8 <sup>c</sup>	17,34±1,16 <sup>c</sup>
C <sub>17:0</sub>	0,77±0,07 <sup>a</sup>	0,57±0,07 <sup>b</sup>	0,58±0,05 <sup>b</sup>	0,54±0,04 <sup>b</sup>	0,53±0,04 <sup>b</sup>
C <sub>18:0</sub>	5,90±0,38 <sup>a</sup>	5,91±0,54 <sup>a</sup>	5,76±0,39 <sup>a</sup>	5,88±0,46 <sup>a</sup>	5,48±0,42 <sup>a</sup>
C <sub>20:0</sub>	0,13±0,01 <sup>c</sup>	0,18±0,02 <sup>a</sup>	0,16±0,01 <sup>ab</sup>	0,15±0,02 <sup>b</sup>	0,12±0,01 <sup>c</sup>
<b>SFA</b>	<b>41,29±1,45<sup>a</sup></b>	<b>31,04±2,12<sup>b</sup></b>	<b>27,99±1,11<sup>cd</sup></b>	<b>28,09±2,01<sup>c</sup></b>	<b>25,87±1,23<sup>d</sup></b>
C <sub>14:1 n-5</sub>	0,24±0,06 <sup>a</sup>	0,11±0,08 <sup>b</sup>	0,09±0,06 <sup>b</sup>	0,10±0,06 <sup>b</sup>	0,08±0,04 <sup>b</sup>
C <sub>16:1 n-7</sub>	3,92±0,52 <sup>a</sup>	2,04±0,91 <sup>b</sup>	1,79±0,70 <sup>b</sup>	1,74±0,68 <sup>b</sup>	1,70±0,49 <sup>b</sup>
C <sub>17:1</sub>	0,34±0,03 <sup>a</sup>	0,19±0,05 <sup>b</sup>	0,15±0,03 <sup>b</sup>	0,16±0,03 <sup>b</sup>	0,17±0,03 <sup>b</sup>
C <sub>18:1 n-9</sub>	25,13±1,19 <sup>a</sup>	24,53±1,31 <sup>a</sup>	22,06±0,71 <sup>b</sup>	21,75±0,59 <sup>b</sup>	19,86±0,80 <sup>c</sup>
C <sub>18:1 n-7</sub>	0,84±0,14 <sup>a</sup>	0,62±0,05 <sup>b</sup>	0,64±0,13 <sup>b</sup>	0,56±0,03 <sup>b</sup>	0,58±0,06 <sup>b</sup>
C <sub>22:1</sub>	0,08±0,02 <sup>c</sup>	0,06±0,01 <sup>c</sup>	0,12±0,03 <sup>b</sup>	0,14±0,03 <sup>b</sup>	0,27±0,06 <sup>a</sup>
<b>MUFA</b>	<b>30,55±1,44<sup>a</sup></b>	<b>27,76±2,56<sup>ab</sup></b>	<b>24,85±1,45<sup>bc</sup></b>	<b>24,45±1,34<sup>cd</sup></b>	<b>22,66±1,24<sup>d</sup></b>
C <sub>18:2 n-6 trans</sub>	0,11±0,01 <sup>a</sup>	0,10±0,02 <sup>ab</sup>	0,10±0,01 <sup>ab</sup>	0,10±0,01 <sup>ab</sup>	0,08±0,01 <sup>b</sup>
C <sub>18:2 n-6</sub>	20,41±1,47 <sup>d</sup>	35,26±4,07 <sup>a</sup>	32,00±1,29 <sup>ab</sup>	30,37±2,11 <sup>b</sup>	23,22±2,01 <sup>c</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	5,11±1,24 <sup>d</sup>	3,77±0,24 <sup>d</sup>	13,10±0,84 <sup>c</sup>	15,02±0,98 <sup>b</sup>	26,01±2,10 <sup>a</sup>
C <sub>20:2 n-6</sub>	0,16±0,03 <sup>bc</sup>	0,23±0,03 <sup>a</sup>	0,18±0,03 <sup>b</sup>	0,17±0,02 <sup>bc</sup>	0,14±0,02 <sup>c</sup>
C <sub>20:3 n-6</sub>	0,08±0,01 <sup>a</sup>	0,08±0,01 <sup>ab</sup>	0,06±0,01 <sup>bc</sup>	0,06±0,01 <sup>c</sup>	0,05±0,01 <sup>c</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	0,37±0,13 <sup>a</sup>	0,39±0,09 <sup>a</sup>	0,30±0,06 <sup>ab</sup>	0,31±0,09 <sup>ab</sup>	0,23±0,05 <sup>b</sup>
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,05±0,02 <sup>b</sup>	ND	0,04±0,03 <sup>b</sup>	0,06±0,01 <sup>b</sup>	0,10±0,02 <sup>a</sup>
C <sub>22:4 n-6</sub>	0,12±0,02 <sup>a</sup>	0,15±0,03 <sup>a</sup>	0,09±0,01 <sup>b</sup>	0,08±0,01 <sup>b</sup>	0,05±0,01 <sup>c</sup>
C <sub>22:5 n-3</sub>	0,18±0,05 <sup>c</sup>	0,10±0,02 <sup>d</sup>	0,24±0,05 <sup>b</sup>	0,26±0,05 <sup>b</sup>	0,33±0,05 <sup>a</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,06±0,01 <sup>a</sup>	0,04±0,01 <sup>a</sup>	0,04±0,01 <sup>a</sup>	0,05±0,01 <sup>a</sup>	0,06±0,01 <sup>a</sup>
<b>PUFA</b>	<b>26,65±2,32<sup>d</sup></b>	<b>40,12±4,23<sup>c</sup></b>	<b>46,15±1,98<sup>b</sup></b>	<b>46,48±3,10<sup>b</sup></b>	<b>50,27±2,07<sup>a</sup></b>
<b>n-6</b>	<b>21,27±1,59<sup>c</sup></b>	<b>36,22±4,15<sup>a</sup></b>	<b>32,72±1,31<sup>ab</sup></b>	<b>31,10±2,18<sup>b</sup></b>	<b>23,78±2,08<sup>c</sup></b>
<b>n-3</b>	<b>5,38±1,30<sup>d</sup></b>	<b>3,90±0,27<sup>e</sup></b>	<b>13,40±0,83<sup>c</sup></b>	<b>15,35±1,04<sup>b</sup></b>	<b>26,46±2,12<sup>a</sup></b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>4,12±0,85<sup>b</sup></b>	<b>9,30±1,09<sup>a</sup></b>	<b>2,45±0,10<sup>c</sup></b>	<b>2,03±0,08<sup>d</sup></b>	<b>0,91±0,15<sup>e</sup></b>

*a,b,c,d,e: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (min. P<0,05)*



**F12. táblázat: A napraforgó- és lenolaj-kiegészítés hatása a nyúlmáj zsírjának zsírsavösszetételére (2005)**

Zsírsavak	(adatok az összes zsírsav %-ában)				
	1. csoport	2. csoport	3. csoport	4. csoport	5. csoport
	Negatív kontroll	Pozitív kontroll (4% napraf.olaj)	1%lenolaj+ 3%napraf.olaj	2%lenolaj+ 2%napraf.olaj	4% lenolaj
C <sub>10:0</sub>	0,003±0,0 <sup>a</sup>	0,005±0,01 <sup>a</sup>	0,004±0,01 <sup>a</sup>	0,005±0,01 <sup>a</sup>	0,011±0,03 <sup>a</sup>
C <sub>12:0</sub>	0,07±0,02 <sup>a</sup>	0,05±0,01 <sup>b</sup>	0,04±0,01 <sup>c</sup>	0,03±0,01 <sup>d</sup>	0,03±0,01 <sup>d</sup>
C <sub>14:0</sub>	1,15±0,21 <sup>a</sup>	0,66±0,26 <sup>b</sup>	0,48±0,11 <sup>bc</sup>	0,39±0,15 <sup>c</sup>	0,39±0,10 <sup>c</sup>
C <sub>15:0</sub>	0,38±0,08 <sup>a</sup>	0,35±0,09 <sup>a</sup>	0,37±0,05 <sup>a</sup>	0,37±0,07 <sup>a</sup>	0,40±0,06 <sup>a</sup>
C <sub>16:0</sub>	23,49±2,17 <sup>a</sup>	19,35±2,57 <sup>b</sup>	16,59±2,13 <sup>bc</sup>	16,56±1,20 <sup>bc</sup>	16,17±0,92 <sup>c</sup>
C <sub>17:0</sub>	0,87±0,24 <sup>ab</sup>	0,83±0,18 <sup>b</sup>	1,02±0,16 <sup>ab</sup>	1,08±0,21 <sup>ab</sup>	1,11±0,23 <sup>a</sup>
C <sub>18:0</sub>	15,39±2,20 <sup>b</sup>	18,37±3,03 <sup>ab</sup>	20,09±3,11 <sup>a</sup>	21,21±2,82 <sup>a</sup>	21,77±3,28 <sup>a</sup>
C <sub>20:0</sub>	0,08±0,02 <sup>c</sup>	0,10±0,01 <sup>b</sup>	0,11±0,02 <sup>abc</sup>	0,13±0,02 <sup>ab</sup>	0,12±0,02 <sup>abc</sup>
<b>SFA</b>	<b>41,43±3,23<sup>a</sup></b>	<b>39,72±3,20<sup>a</sup></b>	<b>38,70±4,18<sup>a</sup></b>	<b>39,77±2,87<sup>a</sup></b>	<b>40,00±3,70<sup>a</sup></b>
C <sub>14:1 n-5</sub>	0,09±0,02 <sup>a</sup>	0,04±0,02 <sup>b</sup>	0,01±0,00 <sup>b</sup>	0,01±0,00 <sup>b</sup>	0,001±0,00 <sup>b</sup>
C <sub>16:1 n-7</sub>	2,25±0,36 <sup>a</sup>	1,06±0,49 <sup>b</sup>	0,55±0,22 <sup>b</sup>	0,50±0,22 <sup>b</sup>	0,47±0,13 <sup>b</sup>
C <sub>17:1</sub>	0,32±0,05 <sup>a</sup>	0,16±0,05 <sup>b</sup>	0,12±0,02 <sup>bc</sup>	0,10±0,03 <sup>bc</sup>	0,12±0,05 <sup>c</sup>
C <sub>18:1 n-9</sub>	19,37±3,23 <sup>a</sup>	14,15±2,58 <sup>b</sup>	11,00±1,58 <sup>c</sup>	10,58±1,28 <sup>c</sup>	10,11±0,93 <sup>c</sup>
C <sub>18:1 n-7</sub>	1,32±0,27 <sup>a</sup>	0,84±0,18 <sup>b</sup>	0,71±0,10 <sup>b</sup>	0,74±0,10 <sup>b</sup>	0,76±0,13 <sup>ab</sup>
C <sub>22:1</sub>	0,13±0,04 <sup>bc</sup>	0,05±0,02 <sup>c</sup>	0,12±0,02 <sup>bc</sup>	0,20±0,09 <sup>ab</sup>	0,35±0,18 <sup>a</sup>
<b>MUFA</b>	<b>23,48±3,74<sup>a</sup></b>	<b>16,16±3,34<sup>b</sup></b>	<b>12,42±1,88<sup>bc</sup></b>	<b>12,07±1,66<sup>c</sup></b>	<b>12,61±3,29<sup>bc</sup></b>
C <sub>18:2 n-6 trans</sub>	0,20±0,06 <sup>b</sup>	0,29±0,07 <sup>ab</sup>	0,39±0,07 <sup>ab</sup>	0,42±0,09 <sup>a</sup>	0,36±0,17 <sup>ab</sup>
C <sub>18:2 n-6</sub>	21,27±4,67 <sup>c</sup>	31,16±3,07 <sup>ab</sup>	32,81±3,90 <sup>a</sup>	30,50±2,41 <sup>ab</sup>	28,02±1,87 <sup>b</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	2,31±0,69 <sup>c</sup>	1,41±0,40 <sup>d</sup>	4,12±1,51 <sup>b</sup>	4,95±0,96 <sup>b</sup>	9,12±2,52 <sup>a</sup>
C <sub>20:2 n-6</sub>	0,59±0,16 <sup>a</sup>	0,71±0,30 <sup>a</sup>	0,62±0,18 <sup>a</sup>	0,64±0,29 <sup>a</sup>	0,50±0,20 <sup>a</sup>
C <sub>20:3 n-6</sub>	0,68±0,18 <sup>a</sup>	0,59±0,24 <sup>a</sup>	0,68±0,14 <sup>a</sup>	0,67±0,16 <sup>a</sup>	0,54±0,11 <sup>a</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	4,74±1,65 <sup>ab</sup>	5,28±1,42 <sup>ab</sup>	6,00±1,21 <sup>a</sup>	5,91±0,96 <sup>a</sup>	4,38±0,54 <sup>b</sup>
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,13±0,05 <sup>bc</sup>	0,03±0,03 <sup>d</sup>	0,09±0,06 <sup>cd</sup>	0,19±0,05 <sup>b</sup>	0,40±0,16 <sup>a</sup>
C <sub>22:4 n-6</sub>	0,69±0,25 <sup>ab</sup>	0,67±0,09 <sup>a</sup>	0,53±0,18 <sup>ab</sup>	0,47±0,09 <sup>b</sup>	0,24±0,07 <sup>c</sup>
C <sub>22:5 n-3</sub>	0,49±0,15 <sup>b</sup>	0,25±0,06 <sup>c</sup>	0,75±0,24 <sup>b</sup>	1,05±0,24 <sup>ab</sup>	1,32±0,28 <sup>a</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,38±0,12 <sup>cd</sup>	0,28±0,08 <sup>d</sup>	0,50±0,16 <sup>bc</sup>	0,59±0,14 <sup>ab</sup>	0,68±0,10 <sup>a</sup>
<b>PUFA</b>	<b>31,48±7,27<sup>b</sup></b>	<b>40,67±4,67<sup>a</sup></b>	<b>46,40±6,31<sup>a</sup></b>	<b>45,39±4,23<sup>a</sup></b>	<b>45,38±5,04<sup>a</sup></b>
<b>n-6</b>	<b>28,18±6,48<sup>c</sup></b>	<b>38,72±4,18<sup>ab</sup></b>	<b>40,90±4,91<sup>a</sup></b>	<b>38,60±3,15<sup>a</sup></b>	<b>33,87±2,47<sup>bc</sup></b>
<b>n-3</b>	<b>3,31±0,96<sup>c</sup></b>	<b>1,97±0,54<sup>d</sup></b>	<b>5,47±1,67<sup>b</sup></b>	<b>6,78±1,20<sup>b</sup></b>	<b>11,51±2,94<sup>a</sup></b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>8,68±1,33<sup>b</sup></b>	<b>20,42±3,23<sup>a</sup></b>	<b>8,01±2,00<sup>bc</sup></b>	<b>5,81±0,77<sup>c</sup></b>	<b>3,11±0,76<sup>d</sup></b>

*a,b,c,d,e: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (min. P<0,05)*

**F13. táblázat: A húslibák zsírsavösszetételének (mell, comb, bőralatti zsír és máj minták átlaga) alakulása a 2006. évi kísérletben**

	<b>1. csoport</b>	<b>2. csoport</b>	<b>3. csoport</b>	<b>4. csoport</b>	<b>5. csoport</b>	<b>6. csoport</b>	<b>7. csoport</b>
	kontroll	abrak+zöld	2%LO <sup>3</sup> +zöld	2%LO+zöld +150SE <sup>1</sup>	2%LO+zöld +250SE	2%LO+zöld +150TE <sup>2</sup>	2%LO+zöld +250TE
C <sub>14:0</sub>	0,33±0,08 <sup>ab</sup>	0,36±0,08 <sup>a</sup>	0,31±0,06 <sup>ab</sup>	0,32±0,06 <sup>ab</sup>	0,31±0,09 <sup>ab</sup>	0,27±0,05 <sup>b</sup>	0,25±0,04 <sup>b</sup>
C <sub>16:0</sub>	20,21±1,13 <sup>a</sup>	20,67±1,05 <sup>a</sup>	19,42±1,11 <sup>ab</sup>	19,44±1,19 <sup>ab</sup>	18,60±0,62 <sup>b</sup>	17,64±0,64 <sup>c</sup>	17,64±1,59 <sup>bc</sup>
C <sub>16:1</sub>	2,45±1,04	2,47±0,94	2,40±0,92	2,37±0,94	2,21±0,91	1,88±0,66	1,80±0,65
C <sub>18:0</sub>	8,53±5,30	9,01±5,49	8,13±5,30	8,99±6,22	8,30±5,54	8,59±5,21	8,45±5,49
C <sub>18:1</sub>	40,94±10,12	39,87±9,50	37,20±8,30	35,62±8,61	36,97±9,01	37,58±8,13	36,64±8,88
C <sub>18:2 n-6</sub>	17,96±2,72	17,39±2,92	18,80±2,35	18,83±2,98	19,81±1,84	20,57±2,99	21,99±3,16
C <sub>18:3 n-3</sub>	1,19±0,31 <sup>b</sup>	1,36±0,47 <sup>b</sup>	6,00±1,44 <sup>a</sup>	5,75±1,73 <sup>a</sup>	5,98±1,34 <sup>a</sup>	5,57±1,32 <sup>a</sup>	5,04±1,29 <sup>a</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	3,94±5,65	4,65±6,45	3,38±4,48	3,22±4,02	3,67±4,83	3,91±4,85	4,10±5,20
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,05±0,04	0,06±0,04	0,18±0,26	0,21±0,30	0,18±0,24	0,13±0,17	0,09±0,11
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,36±0,32	0,38±0,39	0,57±0,85	0,48±0,56	0,57±0,66	0,61±0,74	0,68±0,87
<b>SFA</b>	<b>29,30±5,31</b>	<b>30,31±5,16</b>	<b>28,10±6,08</b>	<b>29,01±6,77</b>	<b>27,48±5,92</b>	<b>26,76±5,39</b>	<b>26,61±6,65</b>
<b>MUFA</b>	<b>44,79±10,88</b>	<b>43,63±10,26</b>	<b>41,03±9,07</b>	<b>39,42±9,30</b>	<b>40,48±9,63</b>	<b>40,79±8,70</b>	<b>39,68±9,49</b>
<b>PUFA</b>	<b>24,32±3,78<sup>b</sup></b>	<b>24,71±4,84<sup>b</sup></b>	<b>29,89±2,8<sup>a</sup></b>	<b>29,62±2,99<sup>a</sup></b>	<b>31,14±3,74<sup>a</sup></b>	<b>31,66±3,60<sup>a</sup></b>	<b>32,80±3,02<sup>a</sup></b>
<b>n-6</b>	<b>22,66±3,63</b>	<b>22,80±4,32</b>	<b>22,72±2,69</b>	<b>22,75±3,07</b>	<b>24,08±3,67</b>	<b>25,08±3,29</b>	<b>26,74±2,83</b>
<b>n-3</b>	<b>1,61±0,43<sup>c</sup></b>	<b>1,87±0,73<sup>c</sup></b>	<b>7,05±0,68<sup>a</sup></b>	<b>6,80±0,83<sup>ab</sup></b>	<b>7,00±0,60<sup>a</sup></b>	<b>6,50±0,69<sup>ab</sup></b>	<b>6,00±0,48<sup>b</sup></b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>14,85±3,70<sup>a</sup></b>	<b>13,80±5,12<sup>a</sup></b>	<b>3,25±0,47<sup>c</sup></b>	<b>3,42±0,79<sup>c</sup></b>	<b>3,46±0,60<sup>c</sup></b>	<b>3,88±0,55<sup>bc</sup></b>	<b>4,47±0,50<sup>b</sup></b>

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

<sup>1</sup> SE = szintetikus E vitamin (DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát)

<sup>2</sup> TE= természetes E vitamin (D- $\alpha$ -tokoferol)

<sup>3</sup> LO=lenolaj

**F14. táblázat: A májlibák zsírsavösszetételének (mell, comb, bőralatti zsír és máj minták átlaga) alakulása a tömés előtt a 2006. évi kísérletben**

	1. csoport kontroll	2. csoport abrak+zöld	3. csoport 2%LO <sup>3</sup> +zöld	4. csoport 2%LO+zöld +150SE <sup>1</sup>	5. csoport 2%LO+zöld +250SE	6. csoport 2%LO+zöld +150TE <sup>2</sup>	7. csoport 2%LO+zöld +250TE
C <sub>14:0</sub>	0,35±0,09 <sup>a</sup>	0,31±0,08 <sup>a</sup>	0,33±0,06 <sup>a</sup>	0,30±0,07 <sup>a</sup>	0,30±0,07 <sup>a</sup>	0,31±0,06 <sup>a</sup>	0,29±0,07 <sup>a</sup>
C <sub>16:0</sub>	20,32±0,87 <sup>a</sup>	19,39±0,93 <sup>ab</sup>	18,70±0,94 <sup>bc</sup>	18,61±0,55 <sup>bc</sup>	18,03±1,16 <sup>c</sup>	17,71±1,05 <sup>c</sup>	17,92±0,63 <sup>c</sup>
C <sub>16:1</sub>	2,64±1,00 <sup>a</sup>	2,69±1,10 <sup>a</sup>	2,33±0,79 <sup>a</sup>	2,19±0,74 <sup>a</sup>	2,31±0,91 <sup>a</sup>	2,05±0,69 <sup>a</sup>	2,05±0,87 <sup>a</sup>
C <sub>18:0</sub>	8,58±5,47 <sup>a</sup>	8,80±6,18 <sup>a</sup>	7,72±4,29 <sup>a</sup>	8,48±5,56 <sup>a</sup>	8,18±5,72 <sup>a</sup>	7,79±4,76 <sup>a</sup>	8,92±6,28 <sup>a</sup>
C <sub>18:1</sub>	40,19±8,88 <sup>a</sup>	41,42±10,67 <sup>a</sup>	37,07±6,98 <sup>a</sup>	38,31±8,81 <sup>a</sup>	36,84±8,85 <sup>a</sup>	35,26±7,21 <sup>a</sup>	34,69±9,60 <sup>a</sup>
C <sub>18:2 n-6</sub>	18,24±3,02 <sup>bc</sup>	16,92±3,20 <sup>c</sup>	20,15±2,49 <sup>abc</sup>	18,27±2,81 <sup>bc</sup>	19,99±2,87 <sup>abc</sup>	22,41±3,05 <sup>a</sup>	22,17±3,86 <sup>ab</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	1,30±0,67 <sup>b</sup>	1,39±0,34 <sup>b</sup>	6,26±1,48 <sup>a</sup>	5,86±1,79 <sup>a</sup>	6,24±1,68 <sup>a</sup>	7,12±1,40 <sup>a</sup>	5,44±1,53 <sup>a</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	4,39±5,92 <sup>a</sup>	4,74±6,69 <sup>a</sup>	3,19±3,51 <sup>a</sup>	4,04±5,60 <sup>a</sup>	3,93±5,05 <sup>a</sup>	3,44±4,36 <sup>a</sup>	4,70±6,17 <sup>a</sup>
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,03±0,03 <sup>a</sup>	0,05±0,05 <sup>a</sup>	0,16±0,18 <sup>a</sup>	0,22±0,30 <sup>a</sup>	0,15±0,19 <sup>a</sup>	0,12±0,15 <sup>a</sup>	0,16±0,22 <sup>a</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,28±0,35 <sup>a</sup>	0,50±0,57 <sup>a</sup>	0,46±0,59 <sup>a</sup>	0,58±0,79 <sup>a</sup>	0,59±0,80 <sup>a</sup>	0,52±0,71 <sup>a</sup>	0,62±0,82 <sup>a</sup>
<b>SFA</b>	<b>29,51±5,26<sup>a</sup></b>	<b>28,74±6,04<sup>a</sup></b>	<b>27,02±4,67<sup>a</sup></b>	<b>27,63±5,60<sup>a</sup></b>	<b>26,78±6,72<sup>a</sup></b>	<b>26,11±5,54<sup>a</sup></b>	<b>27,41±6,70<sup>a</sup></b>
<b>MUFA</b>	<b>44,17±9,55<sup>a</sup></b>	<b>45,42±11,43<sup>a</sup></b>	<b>40,80±7,34<sup>a</sup></b>	<b>41,75±9,39<sup>a</sup></b>	<b>40,48±9,48<sup>a</sup></b>	<b>38,59±7,75<sup>a</sup></b>	<b>37,99±10,18<sup>a</sup></b>
<b>PUFA</b>	<b>25,09±4,1<sup>b</sup></b>	<b>24,34±5,23<sup>b</sup></b>	<b>31,19±3,38<sup>a</sup></b>	<b>29,93±3,65<sup>a</sup></b>	<b>31,83±2,95<sup>a</sup></b>	<b>34,54±2,80<sup>a</sup></b>	<b>34,19±2,82<sup>a</sup></b>
<b>n-6</b>	<b>23,67±3,75<sup>a</sup></b>	<b>22,35±4,65<sup>a</sup></b>	<b>23,93±2,47<sup>a</sup></b>	<b>22,88±3,35<sup>a</sup></b>	<b>24,54±2,93<sup>a</sup></b>	<b>26,45±2,46<sup>a</sup></b>	<b>27,58±2,92<sup>a</sup></b>
<b>n-3</b>	<b>1,78±0,67<sup>c</sup></b>	<b>1,98±0,64<sup>c</sup></b>	<b>7,19±1,39<sup>ab</sup></b>	<b>6,98±1,27<sup>ab</sup></b>	<b>7,26±0,92<sup>ab</sup></b>	<b>8,03±0,77<sup>a</sup></b>	<b>6,54±0,44<sup>b</sup></b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>15,34±6,93<sup>a</sup></b>	<b>11,86±2,53<sup>a</sup></b>	<b>3,47±0,93<sup>bc</sup></b>	<b>3,44±1,05<sup>bc</sup></b>	<b>3,45±0,73<sup>bc</sup></b>	<b>3,32±0,39<sup>c</sup></b>	<b>4,25±0,64<sup>b</sup></b>

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

<sup>1</sup> SE = szintetikus E vitamin (DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát)

<sup>2</sup> TE= természetes E vitamin (D- $\alpha$ -tokoferol)

<sup>3</sup> LO=lenolaj

**F15. táblázat: A májlibák zsírsavösszetételének (mell, comb, bőralatti zsír és máj minták átlaga) alakulása a tömés után a 2006. évi kísérletben**

	<b>T1. csoport</b> kontroll	<b>T2. csoport</b> 2%LO	<b>T3. csoport</b> 2%LO+250SE	<b>T4. csoport</b> 2%LO+250TE
C <sub>14:0</sub>	0,49±0,06	0,50±0,08	0,44±0,07	0,44±0,07
C <sub>16:0</sub>	20,97±1,85	20,43±0,92	19,52±2,15	19,27±1,35
C <sub>16:1</sub>	3,21±0,91	2,98±0,60	2,68±0,68	2,54±0,56
C <sub>18:0</sub>	8,55±3,56	8,41±3,48	8,95±3,55	8,76±3,47
C <sub>18:1</sub>	52,92±3,07	50,32±3,48	52,47±3,89	50,44±4,54
C <sub>18:2 n-6</sub>	10,05±4,73	9,84±4,92	8,73±4,48	11,52±5,65
C <sub>18:3 n-3</sub>	0,71±0,31 <sup>b</sup>	4,77±2,36 <sup>a</sup>	4,54±2,33 <sup>a</sup>	4,12±2,06 <sup>a</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	0,62±0,57	0,42±0,21	0,41±0,24	0,54±0,37
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,01±0,01 <sup>b</sup>	0,09±0,06 <sup>a</sup>	0,08±0,05 <sup>a</sup>	0,06±0,05 <sup>a</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,03±0,02	0,04±0,01	0,06±0,02	0,06±0,03
<b>SFA</b>	<b>30,17±3,63</b>	<b>29,51±4,01</b>	<b>29,06±3,83</b>	<b>28,63±3,69</b>
<b>MUFA</b>	<b>57,46±2,41</b>	<b>54,54±3,05</b>	<b>56,31±3,23</b>	<b>54,16±4,00</b>
<b>PUFA</b>	<b>11,67±4,79</b>	<b>15,44±7,21</b>	<b>14,08±6,74</b>	<b>16,59±7,57</b>
<b>n-6</b>	<b>10,90±4,53</b>	<b>10,44±4,92</b>	<b>9,31±4,44</b>	<b>12,26±5,58</b>
<b>n-3</b>	<b>0,75±0,32<sup>b</sup></b>	<b>4,98±2,32<sup>a</sup></b>	<b>4,75±2,31<sup>a</sup></b>	<b>4,30±2,03<sup>a</sup></b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>14,54±4,92<sup>a</sup></b>	<b>2,09±0,20<sup>c</sup></b>	<b>2,01±0,15<sup>c</sup></b>	<b>2,88±0,34<sup>b</sup></b>

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

T1. csoport (Kontroll)= liba tömőtáp

T2. csoport (2%LO+zöld)= 2% lenolaj tartalmú tömőtáp

T3. csoport (2%LO+zöld+250SE)= 2% lenolaj tartalmú tömőtáp  
+250mg/kg DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát

T4. csoport (2%LO+zöld+250TE)=2% lenolaj tartalmú tömőtáp  
+250mg/kg D- $\alpha$ -tokoferolt tartalmazó zsírsavpárlat

**F16. táblázat: Fontosabb zsírsavak és zsírsavcsoportok a brojlercsirkékkel végzett kísérlet húsmintáiban**

zsírsavak	1. csoport K	2. csoport L	3. csoport L+250SE	4. csoport L+250TE
C <sub>14:0</sub>	0,48±0,05 <sup>a</sup>	0,42±0,01 <sup>ab</sup>	0,44±0,04 <sup>ab</sup>	0,36±0,03 <sup>b</sup>
C <sub>14:1</sub>	0,13±0,01 <sup>a</sup>	0,12±0,01 <sup>a</sup>	0,11±0,02 <sup>ab</sup>	0,08±0,01 <sup>b</sup>
C <sub>16:0</sub>	20,64±1,08 <sup>a</sup>	19,68±1,13 <sup>a</sup>	18,59±0,75 <sup>ab</sup>	16,63±0,50 <sup>b</sup>
C <sub>16:1</sub>	4,32±0,41 <sup>a</sup>	4,34±0,11 <sup>a</sup>	3,81±0,62 <sup>ab</sup>	2,83±0,18 <sup>b</sup>
C <sub>18:0</sub>	5,91±0,30 <sup>a</sup>	5,61±0,29 <sup>a</sup>	5,60±0,44 <sup>a</sup>	5,68±0,30 <sup>a</sup>
C <sub>18:1</sub>	32,77±1,56 <sup>a</sup>	33,49±1,04 <sup>a</sup>	31,40±1,05 <sup>a</sup>	30,53±0,12 <sup>a</sup>
C <sub>18:2 n-6</sub>	30,21±2,55 <sup>a</sup>	21,71±1,24 <sup>b</sup>	23,74±1,67 <sup>b</sup>	28,47±0,48 <sup>a</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	0,67±0,08 <sup>c</sup>	9,41±0,03 <sup>b</sup>	11,19±0,47 <sup>ab</sup>	9,98±0,11 <sup>a</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	0,57±0,19	0,36±0,19	0,37±0,05	0,47±0,06
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,02±0,01 <sup>b</sup>	0,19±0,06 <sup>a</sup>	0,22±0,03 <sup>a</sup>	0,18±0,01 <sup>a</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,03±0,01 <sup>b</sup>	0,11±0,04 <sup>a</sup>	0,11±0,01 <sup>a</sup>	0,12±0,02 <sup>a</sup>
<b>SFA</b>	<b>27,30±1,33<sup>a</sup></b>	<b>25,96±1,41<sup>a</sup></b>	<b>24,99±0,33<sup>ab</sup></b>	<b>23,06±0,37<sup>b</sup></b>
<b>MUFA</b>	<b>38,87±1,94<sup>a</sup></b>	<b>39,34±1,17<sup>a</sup></b>	<b>36,66±1,76<sup>a</sup></b>	<b>34,57±0,07<sup>a</sup></b>
<b>PUFA</b>	<b>32,49±3,02<sup>b</sup></b>	<b>32,80±1,78<sup>b</sup></b>	<b>36,73±2,27<sup>ab</sup></b>	<b>40,45±0,57<sup>a</sup></b>
<b>n-6</b>	<b>31,75±2,92<sup>a</sup></b>	<b>22,84±1,62<sup>c</sup></b>	<b>24,94±1,78<sup>bc</sup></b>	<b>29,92±0,47<sup>ab</sup></b>
<b>n-3</b>	<b>0,74±0,11<sup>b</sup></b>	<b>9,93±0,17<sup>a</sup></b>	<b>11,77±0,50<sup>a</sup></b>	<b>10,50±0,10<sup>a</sup></b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>43,34±2,46<sup>a</sup></b>	<b>2,30±0,13<sup>c</sup></b>	<b>2,12±0,07<sup>c</sup></b>	<b>2,85±0,02<sup>b</sup></b>

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

K = kontroll

L = 4, illetve 2 % lenolaj-kiegészítés

L+250SE = 4, illetve 2% lenolaj-kiegészítés + 250 mg/kg DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát

L+250TE = 4, illetve 2% lenolaj-kiegészítés + 250mg/kg D-  $\alpha$ -tokoferolt tartalmazó zsírsavpárlat

**F17. táblázat: Fontosabb zsírsavak és zsírsavcsoportok a nyúlgerinchús esetében lenolaj- és E vitamin kiegészítés együttes alkalmazásakor (2006)**

	(adatok az összes zsírsav %-ában)					
	1. csoport Negatív kontroll	2. csoport Pozitív kontroll (2% lenolaj+ 60mg/kg SE <sup>1</sup> )	3. csoport 2%lenolaj 150mg/kg SE	4. csoport 2% lenola 300mg/kg SE	5. csoport 2% lenolaj 60 mg SE + 90 mg TE <sup>2</sup> /kg	6. csoport 2% lenolaj 60 mg SE + 150 mg TE /kg
C <sub>14:0</sub>	3,02±0,2 <sup>a</sup>	1,54±0,20 <sup>b</sup>	1,68±0,32 <sup>b</sup>	1,71±0,27 <sup>b</sup>	1,68±0,29 <sup>b</sup>	1,62±0,28 <sup>b</sup>
C <sub>16:0</sub>	29,13±1,66 <sup>a</sup>	18,54±0,65 <sup>b</sup>	18,67±1,22 <sup>b</sup>	19,16±1,56 <sup>b</sup>	18,47±1,38 <sup>b</sup>	17,79±1,17 <sup>b</sup>
C <sub>16:1</sub>	4,85±1,32 <sup>a</sup>	1,49±0,60 <sup>b</sup>	1,84±1,04 <sup>b</sup>	1,70±0,60 <sup>b</sup>	1,65±0,51 <sup>b</sup>	1,71±0,78 <sup>b</sup>
C <sub>18:0</sub>	5,97±0,46 <sup>a</sup>	5,95±0,64 <sup>a</sup>	5,72±0,52 <sup>a</sup>	5,64±0,35 <sup>a</sup>	5,70±0,29 <sup>a</sup>	5,63±0,36 <sup>a</sup>
C <sub>18:1</sub>	24,38±1,48 <sup>a</sup>	20,08±0,81 <sup>a</sup>	20,75±1,08 <sup>a</sup>	20,58±0,71 <sup>a</sup>	20,56±0,71 <sup>a</sup>	20,68±0,61 <sup>a</sup>
C <sub>18:2 n-6</sub>	18,73±1,77 <sup>c</sup>	31,59±1,01 <sup>b</sup>	30,56±1,96 <sup>b</sup>	30,47±1,74 <sup>b</sup>	31,88±1,63 <sup>b</sup>	34,36±1,73 <sup>a</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	3,98±0,23 <sup>c</sup>	13,17±0,85 <sup>ab</sup>	13,83±0,51 <sup>a</sup>	14,25±0,67 <sup>a</sup>	13,61±0,68 <sup>a</sup>	12,47±0,51 <sup>b</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	1,54±0,34 <sup>a</sup>	1,52±0,60 <sup>a</sup>	1,22±0,38 <sup>ab</sup>	1,13±0,32 <sup>ab</sup>	1,09±0,37 <sup>ab</sup>	0,97±0,28 <sup>b</sup>
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,11±0,02 <sup>bc</sup>	0,16±0,05 <sup>a</sup>	0,15±0,04 <sup>ab</sup>	0,14±0,03 <sup>abc</sup>	0,13±0,03 <sup>abc</sup>	0,10±0,03 <sup>c</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,11±0,04 <sup>a</sup>	0,13±0,05 <sup>a</sup>	0,13±0,06 <sup>a</sup>	0,10±0,03 <sup>a</sup>	0,09±0,02 <sup>a</sup>	0,07±0,02 <sup>a</sup>
<b>SFA</b>	<b>40,83±1,34<sup>a</sup></b>	<b>26,29±0,96<sup>b</sup></b>	<b>26,71±1,15<sup>b</sup></b>	<b>26,75±1,81<sup>b</sup></b>	<b>26,17±1,68<sup>b</sup></b>	<b>25,44±1,13<sup>b</sup></b>
<b>MUFA</b>	<b>30,56±2,90<sup>a</sup></b>	<b>22,37±1,23<sup>b</sup></b>	<b>23,12±2,14<sup>b</sup></b>	<b>22,71±1,20<sup>b</sup></b>	<b>22,58±0,84<sup>b</sup></b>	<b>22,69±0,95<sup>b</sup></b>
<b>PUFA</b>	<b>27,04±2,53<sup>b</sup></b>	<b>50,43±1,60<sup>a</sup></b>	<b>49,29±2,91<sup>a</sup></b>	<b>49,70±2,95<sup>a</sup></b>	<b>50,34±1,98<sup>a</sup></b>	<b>51,03±1,89<sup>a</sup></b>
<b>n-6</b>	<b>21,91±2,16<sup>d</sup></b>	<b>35,59±1,41<sup>b</sup></b>	<b>34,07±2,38<sup>bc</sup></b>	<b>33,93±2,31<sup>c</sup></b>	<b>35,44±1,55<sup>bc</sup></b>	<b>37,50±1,53<sup>a</sup></b>
<b>n-3</b>	<b>5,08±0,43<sup>c</sup></b>	<b>14,77±0,31<sup>ab</sup></b>	<b>15,15±0,57<sup>a</sup></b>	<b>15,70±0,67<sup>a</sup></b>	<b>14,84±0,51<sup>ab</sup></b>	<b>13,48±0,42<sup>b</sup></b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>4,32±0,24<sup>a</sup></b>	<b>2,41±0,08<sup>c</sup></b>	<b>2,25±0,09<sup>d</sup></b>	<b>2,16±0,07<sup>d</sup></b>	<b>2,39±0,06<sup>c</sup></b>	<b>2,78±0,06<sup>b</sup></b>

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

<sup>1</sup> SE = szintetikus E vitamin (DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát)

<sup>2</sup> TE= természetes E vitamin (D- $\alpha$ -tokoferol)

**F18. táblázat: Fontosabb zsírsavak és zsírsavcsoportok a nyúlcomb esetében lenolaj- és E vitamin kiegészítés együttes alkalmazásakor (2006)**

(adatok az összes zsírsav %-ában)

	<b>1. csoport</b> Negatív kontroll	<b>2. csoport</b> Pozitív kontroll (2% lenolaj+ 60mg/kg SE <sup>1</sup> )	<b>3. csoport</b> 2%lenolaj 150mg/kg SE	<b>4. csoport</b> 2% lenola 300mg/kg SE	<b>5. csoport</b> 2% lenolaj 60 mg SE + 90 mg TE <sup>2</sup> /kg	<b>6. csoport</b> 2% lenolaj 60 mg SE + 150 mg TE /kg
C <sub>14:0</sub>	3,05±0,15 <sup>a</sup>	1,49±0,18 <sup>b</sup>	1,62±0,25 <sup>b</sup>	1,58±0,29 <sup>b</sup>	1,59±0,28 <sup>b</sup>	1,50±0,20 <sup>b</sup>
C <sub>16:0</sub>	28,86±1,18 <sup>a</sup>	17,09±0,96 <sup>b</sup>	17,52±0,28 <sup>b</sup>	17,82±1,87 <sup>b</sup>	17,13±1,34 <sup>b</sup>	16,72±1,10 <sup>b</sup>
C <sub>16:1</sub>	4,26±1,11 <sup>a</sup>	1,29±0,48 <sup>b</sup>	1,62±1,08 <sup>b</sup>	1,32±0,49 <sup>b</sup>	1,40±0,39 <sup>b</sup>	1,35±0,48 <sup>b</sup>
C <sub>18:0</sub>	6,46±0,43 <sup>a</sup>	5,99±0,51 <sup>ab</sup>	5,74±0,42 <sup>b</sup>	5,77±0,42 <sup>b</sup>	5,79±0,37 <sup>b</sup>	5,75±0,27 <sup>b</sup>
C <sub>18:1</sub>	24,59±1,67 <sup>a</sup>	20,05±0,64 <sup>b</sup>	20,43±0,99 <sup>b</sup>	20,35±0,67 <sup>b</sup>	20,19±0,49 <sup>b</sup>	20,39±0,46 <sup>b</sup>
C <sub>18:2 n-6</sub>	20,82±2,13 <sup>d</sup>	34,36±1,36 <sup>bc</sup>	32,93±2,27 <sup>c</sup>	32,82±2,20 <sup>c</sup>	34,28±1,43 <sup>bc</sup>	36,42±1,42 <sup>ab</sup>
C <sub>18:3 n-3</sub>	4,74±0,42 <sup>d</sup>	14,25±0,27 <sup>b</sup>	14,64±0,49 <sup>ab</sup>	15,20±0,64 <sup>a</sup>	14,35±0,50 <sup>b</sup>	13,08±0,40 <sup>c</sup>
C <sub>20:4 n-6</sub>	0,49±0,12 <sup>a</sup>	0,65±0,13 <sup>a</sup>	0,59±0,14 <sup>a</sup>	0,57±0,14 <sup>a</sup>	0,61±0,13 <sup>a</sup>	0,56±0,12 <sup>a</sup>
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,04±0,01 <sup>c</sup>	0,07±0,01 <sup>a</sup>	0,07±0,01 <sup>ab</sup>	0,07±0,01 <sup>a</sup>	0,07±0,01 <sup>ab</sup>	0,06±0,01 <sup>bc</sup>
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,05±0,02 <sup>a</sup>	0,06±0,01 <sup>a</sup>	0,07±0,02 <sup>a</sup>	0,06±0,01 <sup>a</sup>	0,06±0,01 <sup>a</sup>	0,05±0,02 <sup>a</sup>
<b>SFA</b>	<b>39,92±1,74<sup>a</sup></b>	<b>27,44±0,91<sup>b</sup></b>	<b>27,51±1,23<sup>b</sup></b>	<b>27,82±1,52<sup>b</sup></b>	<b>27,22±1,45<sup>b</sup></b>	<b>26,31±1,15<sup>b</sup></b>
<b>MUFA</b>	<b>31,23±2,91<sup>a</sup></b>	<b>22,78±1,46<sup>b</sup></b>	<b>23,81±2,11<sup>b</sup></b>	<b>23,46±1,30<sup>b</sup></b>	<b>23,36±1,24<sup>b</sup></b>	<b>23,42±1,30<sup>b</sup></b>
<b>PUFA</b>	<b>25,98±2,48<sup>b</sup></b>	<b>48,19±1,13<sup>a</sup></b>	<b>47,29±2,69<sup>a</sup></b>	<b>47,44±2,60<sup>a</sup></b>	<b>48,11±2,36<sup>a</sup></b>	<b>49,11±2,26<sup>a</sup></b>
<b>n-6</b>	<b>21,24±2,15<sup>d</sup></b>	<b>33,91±1,06<sup>b</sup></b>	<b>32,47±2,25<sup>bc</sup></b>	<b>32,27±1,97<sup>c</sup></b>	<b>33,65±1,73<sup>b</sup></b>	<b>35,97±1,79<sup>a</sup></b>
<b>n-3</b>	<b>4,68±0,34<sup>d</sup></b>	<b>14,22±0,52<sup>bc</sup></b>	<b>14,76±0,53<sup>ab</sup></b>	<b>15,11±0,71<sup>ab</sup></b>	<b>14,39±0,71<sup>bc</sup></b>	<b>13,08±0,50<sup>c</sup></b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>4,53±0,19<sup>a</sup></b>	<b>2,39±0,12<sup>c</sup></b>	<b>2,20±0,10<sup>d</sup></b>	<b>2,14±0,07<sup>d</sup></b>	<b>2,34±0,07<sup>c</sup></b>	<b>2,73±0,06<sup>b</sup></b>

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

<sup>1</sup> SE = szintetikus E vitamin (DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát)

<sup>2</sup> TE= természetes E vitamin (D- $\alpha$ -tokoferol)

**F19. táblázat: Napraforgóolajban sült rántott csirkehús zsírsav-összetétel vizsgálatának eredményei**

zsírsavak	1. csoport K	2. csoport L	3. csoport L+250SE	4.csoport L+250TE
C <sub>14:0</sub>	0,24±0,15	0,26±0,18	0,19±0,06	0,24±0,11
C <sub>14:1</sub>	0,06±0,05	0,06±0,05	0,03±0,01	0,05±0,04
C <sub>16:0</sub>	13,11±5,72	13,25±5,94	10,89±3,05	12,37±3,49
C <sub>16:1</sub>	1,96±1,73	2,02±1,94	1,13±0,76	1,61±1,19
C <sub>18:0</sub>	4,82±0,83	4,92±0,79	4,74±0,72	5,04±0,16
C <sub>18:1 n-9</sub>	27,67±3,12	27,21±2,69	26,84±2,29	26,80±1,75
C <sub>18:2 n-6</sub>	48,91±12,14	44,27±17,02	50,31±9,69	45,36±10,63
C <sub>18:3 n-3</sub>	0,65±0,34	5,15±5,04	3,06±2,40	5,18±3,78
C <sub>20:4 n-6</sub>	0,42±0,14	0,28±0,04	0,34±0,12	0,51±0,04
C <sub>20:5 n-3</sub>	0,02±0,01	0,14±0,06	0,12±0,05	0,12±0,05
C <sub>22:6 n-3</sub>	0,03±0,01	0,09±0,01	0,11±0,01	0,13±0,02
<b>SFA</b>	18,82±6,45	19,03±6,59	16,60±3,62	18,26±3,52
<b>MUFA</b>	30,53±4,96	30,21±4,83	28,83±3,17	29,47±3,05
<b>PUFA</b>	50,56±11,42	50,53±11,68	54,49±6,93	52,05±6,63
<b>n-6</b>	<b>49,77</b>	<b>44,85</b>	<b>50,89</b>	<b>46,28</b>
<b>n-3</b>	<b>0,78</b>	<b>5,66</b>	<b>3,58</b>	<b>5,75</b>
<b>n-6/n-3</b>	<b>64,22</b>	<b>7,92</b>	<b>14,21</b>	<b>8,05</b>

K = kontroll

L = 4, illetve 2 % lenolaj-kiegészítés

L+250SE = 4, illetve 2% lenolaj-kiegészítés + 250 mg/kg DL- $\alpha$ -tokoferol-acetát

L+250TE = 4, illetve 2% lenolaj-kiegészítés + 250mg/kg D-  $\alpha$ -tokoferolt tartalmazó zsírsavpárlat