

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

ÁLLATTENYÉSZTÉSI TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

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

Témavezető:
Dr. Gundel János
CSc

A brojlercsirke funkcionális takarmányozásának lehetősége

Készítette:
Pálfy Tamás
doktorjelölt

Debrecen
2009.

A funkcionális brojlercsirke takarmányozás lehetősége

***Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
az állattenyésztési tudományok tudományágban***

Írta: Pálffy Tamás doktorjelölt

A doktori szigorlati bizottság:

	Név	Tud. fokozat
Elnök:
Tagok:

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

Az értekezés bírálói:

	Név	Tud. fokozat	Aláírás

A bíráló bizottság:

	Név	Tud. fokozat	Aláírás
Elnök:
Titkár:
Tagok:

Az értekezés védésének időpontja: 200.....

TARTALOMJEGYZÉK

1. TÉMAFELVETÉS, CÉLKITŰZÉS.....	6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	10
2.1. A zsírok felépítése	10
2.2. A zsírok felszívódása és anyagcseréje	12
2.3. A többszörösen telítetlen zsírsavak.....	12
2.3.1. Metabolizmusuk.....	12
2.3.2. Oxidációs változásaik	15
2.3.3. Jelentőségük.....	16
2.3.4. Természetes források	18
2.3.5. A humán szükséglet.....	20
2.4. A csirkehús zsírsavösszetételének befolyásolása takarmányozással	21
2.5. A növelt PUFA tartalom hatása	23
2.5.1. A vágott áru oxidatív stabilitása, íze és illata	23
2.5.2. A vágott áru színére	26
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	29
3.1. Első kísérlet.....	29
3.1.1. Kísérleti állatok és elhelyezésük.....	29
3.1.1. Kezelések	31
3.1.2. Nevelési és vágási vizsgálatok.....	35
3.1.3. Laboratóriumi húsvizsgálatok.....	36
3.2. Második kísérlet.....	40
3.2.1. Kísérleti állatok és elhelyezésük.....	40
3.2.2. Kezelések	40
3.2.3. Nevelési és vágási vizsgálatok.....	42
3.2.4. Laboratóriumi húsvizsgálatok.....	44
3.3. Az alkalmazott statisztikai módszerek.....	46
4. EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA	47
4.1. Első kísérlet.....	47
4.1.1. Termelési eredmények.....	47
4.1.2. A vágóhídi vizsgálatok eredményei.....	49
4.1.3. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei	50
4.2. Második kísérlet.....	57

4.2.1.	Termelési eredmények.....	57
4.2.2.	Vágóhídi vizsgálatok eredményei.....	58
4.2.3.	Laboratóriumi vizsgálatok eredményei	59
5.	AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE.....	77
5.1.	Első kísérlet.....	77
5.2.	Második kísérlet.....	80
6.	A VIZSGÁLAT EREDMÉNYEINEK GYAKORLATI JELENTŐSÉGE.....	85
7.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	88
8.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	89
9.	SUMMARY	93
10.	FELHASZNÁLT IRODALOM.....	97
11.	MELLÉKLETEK	112

1. TÉMAFELVETÉS, CÉLKITŰZÉS

A funkcionális takarmányozás (Functional Animal Nutrition) egy olyan újkeletű fogalom napjaink állattenyésztési kutatásában, melyet először belga kutatók használtak. A funkcionális szó azonban csak az állattenyésztési kutatásokban volt újdonság, hiszen humán vonatkozásban (funkcionális élelmiszer) már nemcsak a kutatók, de a köznyelv is hosszabb ideje ismeri és használja azt. A funkcionális takarmányozást hallva a következő kérdés merülhet fel bennünk: Mi lehet a funkcionalitása (új célja) az állatok takarmányozásának? Ismert, hogy napjainkban már állattenyésztésünknek és állattartásunknak nem az állati termelés volumenének növelése az egyetlen célja, hanem egyre inkább törekszünk a megtermelt állati termék minőségét javítani, magasabb minőségűt előállítani. Ezen kívül egyre nagyobb hangsúlyt kap az állattartás okozta környezetterhelés csökkentése. Ezen új kihívások elérésének egyik eszköze lehet az állatok funkcionális takarmányozása. Az előzőekben leírtakból kiderül, hogy a funkcionális takarmányozásnak eltérő céljai lehetnek. Egyrészt törekedhetünk arra, hogy az állat szükségleteit maximálisan kielégítsük annak érdekében, hogy a hasznosítatlanul kiürülő anyagok mennyiségét minimalizáljuk, így csökkentve a termelés környezetterhelését. Másrészt törekedhetünk arra, hogy takarmányozással úgy befolyásoljuk az állat fiziológiai folyamatait, hogy egy speciális (magasabb táplálkozásélettani minőségű) tulajdonságokkal rendelkező végterméket tudjunk előállítani. Ez a magasabb minőség többek között megnyilvánulhat az ásványi anyagtartalom, az antioxidáns tartalom vagy a zsírsavtartalom kedvező irányú megváltozásában (funkcionális élelmiszer).

A funkcionális élelmiszer elnevezésnek nincs széles körben elfogadott definíciója, azonban már számos szervezet és kutató megfogalmazta, többé-kevésbé hasonlóan. Az egyik legpontosabb ezek közül talán Goldbergé (1994), aki szerint egy élelmiszernek legalább 3 alapvető funkciónak meg kell felelnie, hogy funkcionálisnak tekinthető legyen:

- élelmiszer, nem egy kapszula vagy por, és ezt az élelmiszert természetes eredetű alapanyagokból készítették,
- napi diéta formájában lehet, és kell fogyasztani,
- speciális funkciója van (pl. erősíti a szervezet biológiai védekező

- mechanizmusát, segíti bizonyos betegségek megelőzését, vagy kezelését, segíti a fizikai és mentális kondíció fenntartását, lassítja az öregedés folyamatát).

A IFIC (International Food Information Council) szerint minden olyan élelmiszer funkcionálisnak tekinthető, amelyekben az alapvető tápanyagokon túl, valamilyen fiziológiailag aktív anyag van. Ezek alapján mindenféle kezelés nélkül, funkcionális élelmiszerek tekinthető például a répa, a paradicsom – mert béta-karotinban, likopinban gazdag – és sok egyéb zöldség, gyümölcs (ADA Reports, 2004). Mézes (2005) már különbséget tesz a konvencionális és a funkcionális élelmiszerek közt. Csak azokat az élelmiszereket tekinti funkcionálisnak, amelyekben egy vagy több, bizonyítottan betegségmegelőzési, illetve kiegészítő terápiás célra alkalmas biológiailag aktív anyag van és mennyisége legalább 20-30%-kal meghaladja ezen anyagoknak az azonos eredetű és feldolgozottsági fokú hagyományos élelmiszerekben fellelhető mennyiségét.

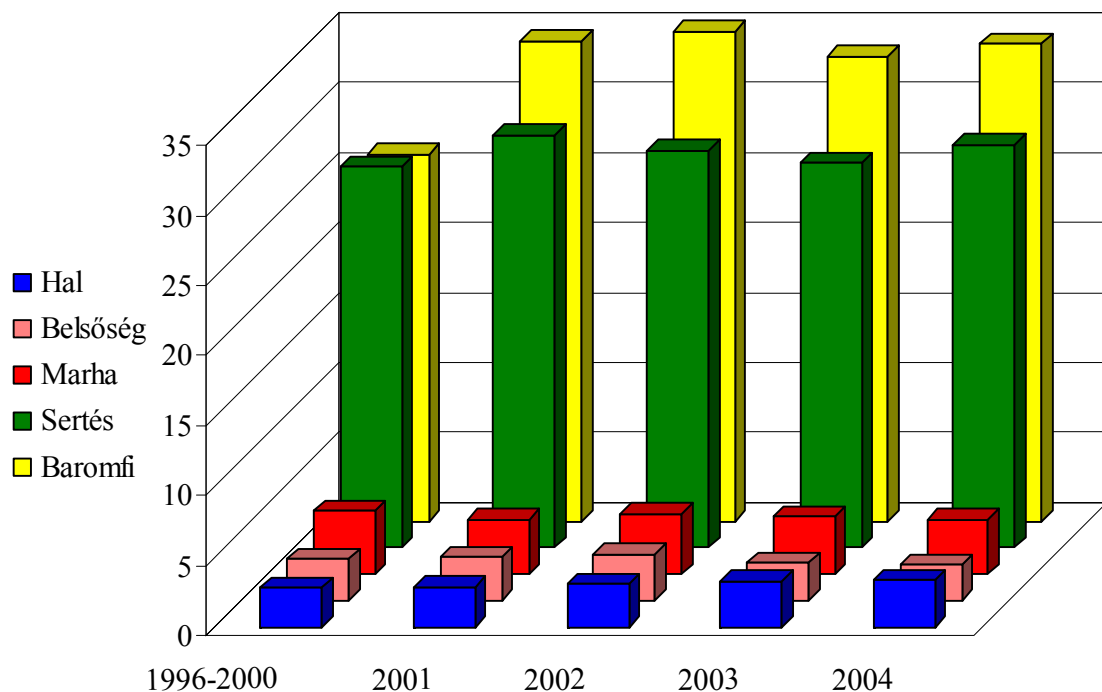
Nem minden élelmiszer alapanyag fejleszhető funkcionális élelmiszerré. Olyat kell választanunk, amelyik elkészülte után lehetővé teszi, hogy a fogyasztók folyamatos és megfelelő szinten hozzájuthassanak különböző biológiailag aktív anyagokhoz. Ezen kívül figyelembe kell venni az adott társadalom hagyományait is, hiszen hiába vannak egy élelmiszerek kitűnő táplálkozásélettani tulajdonságai, ha fogyasztásának nincsenek hagyományai (pl.: tengeri halak, olívbogyó), nem tudja funkcionális élelmiszer szerepét betölteni. Tehát olyan alapanyagot kell választanunk, amelyet a népesség jelentős része, rendszeresen fogyaszt. A fejlett társadalmakban, többek között az állati termékek, a húsok és húskészítmények, a tojás és a tej felelnek meg ezeknek a kritériumoknak. Egy Nyugat-Európai felmérés szerint az étrendben az összes zsírbevitel 26%-a tejtermékekből származik, míg húsból és húskészítményekből 21%-a (Hulshof et al., 1999).

A magyar húsfogyasztásban, eltérően a korábbi évektől, jelenleg a baromfihús adja a legnagyobb mennyiséget. Az 1. ábrán jól látható, hogy egy főre számítva évek óta ez a legnagyobb mennyiségben fogyasztott hús, és 2000 óta az éves fogyasztása meghaladja a 30 kg/fő-t. Ez részben köszönhető annak, hogy egyre inkább fokozódik az igény az „egészségesebb”-nek vélt fehér húsok iránt, illetve annak, hogy ez a legolcsóbb húsféleség. Ezen szempontok miatt a baromfihús potenciálisan jó lehetőség egy olyan termék előállítására, amely valóban funkcionális élelmiszerként működhet.

A funkcionális élelmiszerek egyik, talán legnagyobb hangsúlyt kapott csoportját a módosított zsírsavösszetételű termékek adják. Humán élelmezési szempontból az élelmiszerek zsírsavtartalma kiemelt jelentőségű. Ezen belül is előkelő helyet foglal el az n-3 zsírsavak abszolút és n-6-hoz viszonyított relatív mennyisége. Ezen esszenciális zsírsavaknak kiemelkedő szerepe van a csecsemők egészséges fejlődésben, nélkülözhetetlenek a normális mentális fejlődéshez és működéshez, valamint a kardiovaszkuláris és a daganatos betegségek megelőzésében. Ezeken túl a szervezet számtalan alkotójának építőkövei, alapanyagai (sejtmembránok, hormonok).

1. ábra

A magyar lakosság 1 főre jutó éves húsfogyasztása (kg/fő)



Forrás: KSH., 2007

Általánosan elfogadott, hogy a hazai étrend kielégítő mennyiségben tartalmaz n-6 zsírsavakat, de n-3 zsírsavakban nagymértékben hiányos (Perédi, 2002). Ezt a hiányt többféleképpen pótolhatjuk, például táplálékkiegészítők szedésével, vagy étkezési szokásaink megváltoztatásával. Azonban a fogyasztók számára a legkönnyebben megvalósítható és elfogadható módszer, ha az általuk eddig kedvelt alapanyagokat tesszük ebből a szempontból gazdagabbá. Az előzőek szerint, ha a csirkehús zsírsavtartalmát javítjuk, akkor az a lakosság napi n-6/n-3 zsírsavbevitelére is hatással lesz.

A hazai gyakorlatban, a takarmánykeverő üzemek elsősorban napraforgóolajat és sertészsírt használnak a takarmányok zsírdúsítására. Tudjuk, hogy ezek zsírsavösszetétele lényegesen különbözik egymástól. Míg a sertészsírnak általában a telített zsírsavtartalma magas, addig a napraforgóolajnak a többszörösen telítetlen (elsősorban az n-6) zsírsavtartalma. A magas SFA tartalom élettani szempontból egyértelműen előnytelen, de a magas PUFA tartalom is csak látszólag kedvező, mert a kiegyensúlyozatlan n-6/n-3 aránya rontja a termék értékét. Tehát ezek a hagyományos komponensek önmagukban nem alkalmasak egy olyan receptúra összeállításához, ami megfelelné e cél eléréséhez szükséges funkcionális takarmányozásra.

Vizsgálatainkban célul tűztük ki, hogy a hazai lehetőségeknek megfelelően összeállított takarmánnyal a csirkehús n-6/n-3 zsírsavarányát a lehető legszűkebbre csökkentjük. Azonban ennek a csökkentésnek lehetnek korlátai a takarmány, a csirke és nem utolsósorban a fogyasztó oldaláról. A takarmány szempontjából a hazánkban rendelkezésre álló alapanyagok zsírsavtartalma meghatározza a takarmánykeverékek zsírsavösszetételét (emiatl létezik egy olyan elméleti keverék, amelytől a Magyarországon rendelkezésre álló alapanyagokból nem lehetséges egy szűkebb n-6/n-3 zsírsavarányú takarmány összeállítása) így közvetlenül hat a termelt hús összetételére is.

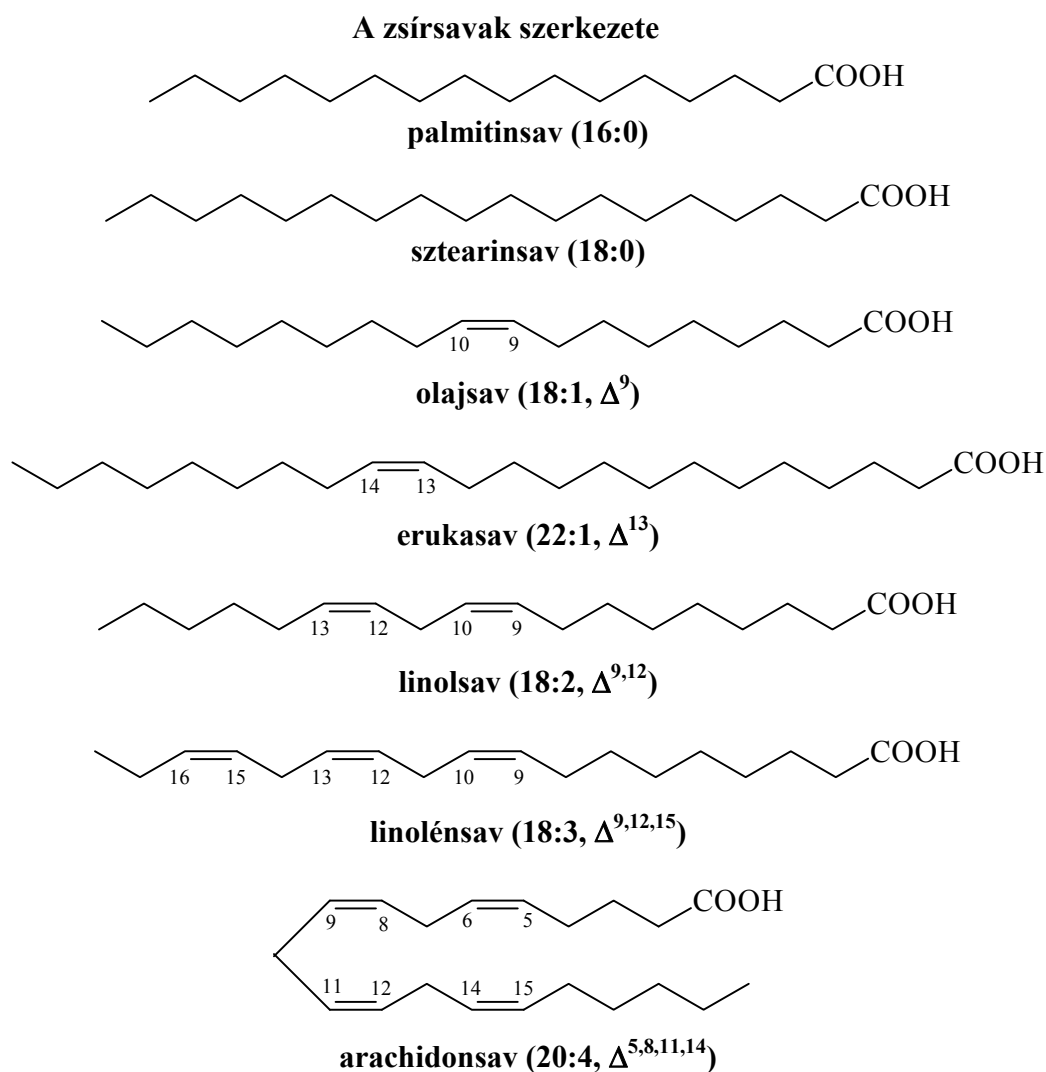
A termelési mutatók esetleges romlása döntően befolyásolja a termelés gazdaságosságát, ami korlátozza a zsírsavösszetétel túlzott mértékű módosítását. A fogyasztók szempontjából elsőrendű cél, hogy a táplálkozásélettani húsminőség javuljon, azonban ez ne járjon együtt az érzékszervi (íz, illat, szín) és a technológiai minőség (tárolás, avasodás, színtartó-képesség) romlásával. Vizsgálataink során ezen szempontok figyelembevételével alakítottunk ki egy olyan funkcionális takarmányt, ami lehetővé teszi egy funkcionális csirkehús előállítását hazai körülmények között.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A zsírok felépítése

A lipidek megtalálhatók minden élő szervezetben, különböző mennyiségben és összetételben. Kémiai formájuk egymástól eltérő, közös tulajdonságuk azonban, hogy nem oldódnak vízben, csak zsíroldó szerekben és egyéb zsírnemű anyagokban, hidrofób apoláris vegyületek. A lipidek építőkövei a zsírsavak. A zsírsavak többnyire páros szénatomszámú, szénhidrogén láncból és a két végén hozzákapcsolódó metil, ill. karboxilcsoportból állnak.

2. ábra

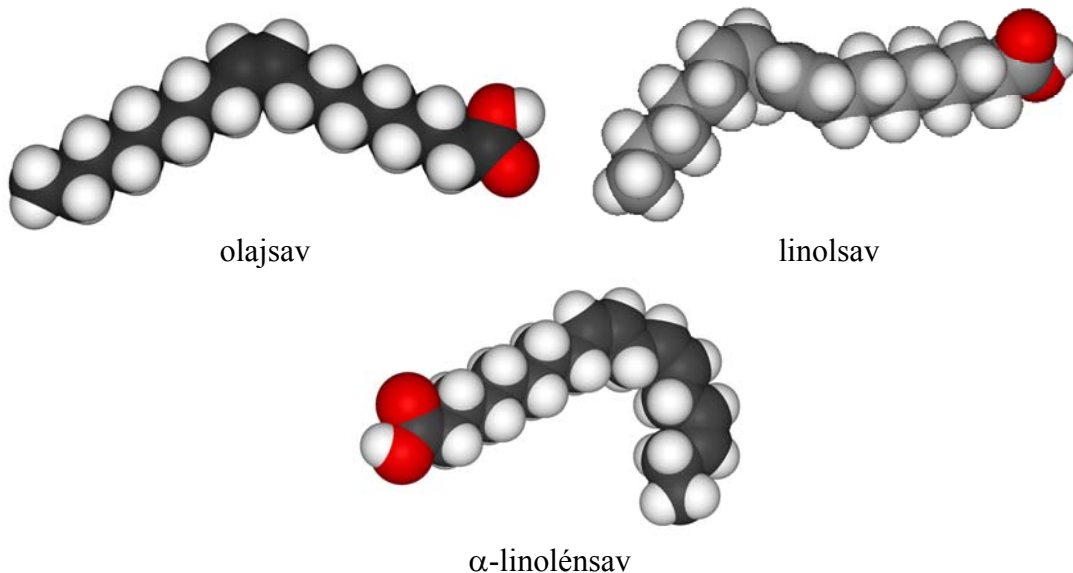


Forrás: Barna, 1999

Néhány zsírsav szerkezeti felépítését mutatja a 2. ábra. Az olaj-, linol- és linolénsav látszólag csak a kettős kötések számában különbözik, ez azonban jelentősen módosítja a molekulák alakját, és az általuk betöltött biológiai funkciókat (3. ábra).

3. ábra

A különböző telítetlenségű zsírsavak szerkezete



Az étkezési zsírok alapvető alkotóelemei a trigliceridek, melyek a glicerinnel három molekula zsírsavval képzett észterei. A trigliceridek fizikai tulajdonságát a zsírsavlánc hossza, telítettségi állapota határozza meg. A zsírsavlánc hossza alapján hosszú (>12 szénatom), közepes (6-10 szénatom) és rövid (<4 szénatom) szénláncú zsírsavakat különböztetünk meg (Barna, 1999).

A szénlánc kémiai felépítése alapján két csoportra oszthatjuk a zsírsavakat: telítettek (saturated fatty acids; SFA) és telítetlenekre. Az utóbbiakat a telítetlen kötések száma alapján további két alcsoportra oszthatjuk: az egyszeresen telítetlen (monounsaturated fatty acids; MUFA), és a többszörösen telítetlen (polyunsaturated fatty acids; PUFA) zsírsavakra. A többszörösen telítetlen zsírsavakat négy zsírsavcsalád alkotja (Bézar et al., 1994). Ezek elkülönítése a lánc metil-terminális végétől számított első kettős kötés helye szerint történik:

- n-3 sorozat (linolénsav család, ω -3)
- n-6 sorozat (linolsav család, ω -6)
- n-7 (palmitolénsav család)
- n-9 (olajsav család)

2.2. A zsírok felszívódása és anyagcseréje

A zsíremésztés a vékonybélben történik, termékei a monogliceridek és a zsírsavak, melyek a konjugált epesavakkal micellákat képeznek és nagy részük ebben a formában szívódik fel a bél epithél sejtjeibe. Itt a hosszú szénláncú zsírsavak reészterifikálódnak és trigliceridek jönnek létre. Ezek a trigliceridek fehérjékkel, foszfolipidekkel és koleszterinekkal kilomikronokat képeznek. Ezek a részecskék emlősökben a nyirokerekbe kerülnek és a mellvezeték közvetítésével jutnak a vérbe. A madarakban az intesztinális nyirokrendszer hiánya következtében az epithél sejtekben létrejövő lipoproteinek a portális vénákba jutnak. Az emlősök kilomikronjával homológ lipoproteineket a keringésbe kerülés módja alapján, portomikronoknak nevezték el (Bensadoun és Rothfield, 1972). Ezeket a részecskéket a máj vagy a perifériális szövetek veszik fel. Az hogy az izom, a zsír, vagy a májszövet milyen arányban veszi fel, elsősorban a tápláltsági állapottól függ. A májat megkerülő kilomikronok átalakulás nélkül kerülnek a szövetekbe, így a szövetekbe beépült zsírsavak megegyeznek a takarmány zsírsavaival (Husvéth, 1994).

2.3. A többszörösen telítetlen zsírsavak

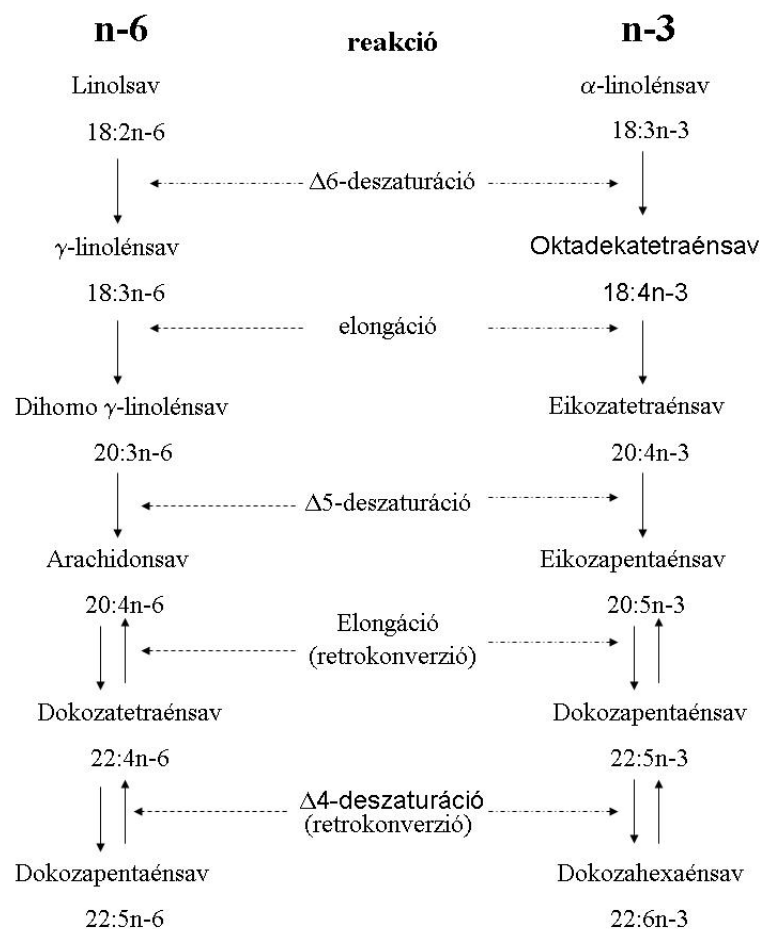
2.3.1. Metabolizmusuk

Az n-7 és n-9 csoport tagjait a legtöbb sejt *de novo* képes szintetizálni. Képződésük bonyolult enzimrendszeren keresztül, a zsírsavszintetáz komplex közreműködésével zajlik le. A kiindulás az ecetsavval aktivált koenzim-A, melyből, 2-2 szénatommal növekedve alakul ki a zsírsavlánc. Mindig telített, páros szénatomszámú lánc keletkezik, végtermékként a 16 szénatomszámú palmitinsav jön létre, mert ez az enzimrendszer hosszabb láncú zsírsavakat nem képez (Novák et al., 2001).

A továbbiakban lánchosszabbodás útján képződnek a zsírsavak acetyl-koenzim-A felhasználásával, de más mechanizmus szerint. A palmitinsavból kiindulva, oxigenázok hatására oxigénfelvétel és vízképződés, majd vízleadás következtében alakul ki a kettős kötés, és jön létre a telítetlen palmitolajsavon át az olajsav. A további lánchosszabbodási és telítetlenedési reakciókkal az olajsavból hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavak jönnek létre.

4. ábra

Az esszenciális zsírsavak képződése az állati szövetekben
(Bézar et al., 1994 nyomán)



Az n-3-as és n-6-os sorozat tagjait az állati szervezet nem képes előállítani, mert a 3. és 6. helyen nem képesek telítetlen kötést létrehozni, ezért azokat a táplálékból kell felvenniük. Azonban a sorozat kezdő tagjaiból, a linolsavból (n-6) és az α -linolénsavból (n-3) sorozatos deszaturációs és elongációs folyamatokkal a sorozat többi tagját már képesek előállítani (Bézard et al., 1994). A folyamat sematikusabban ábrázolva a 4. ábrán tekinthető meg.

A bioszintézis első lépése a $\Delta 6$ deszaturáció, ezt a reakciót a $\Delta 6$ deszaturáz enzim katalizálja. Ez egy mennyiségében erősen korlátozott reakció, aminek következtében a felvett linol- és linolénsavnak csak kis hányada alakul át hosszabb szénláncú zsírsavakká (Cunnane és Anderson, 1997, Menard et al., 1998). Mára már az is ismert, hogy az n-6 és n-3 sorozat szintézisében nemcsak a $\Delta 6$, hanem a $\Delta 5$ deszaturáz enzim is közös (Cho et al., 1999a,b). Tehát a táplálék túl nagy linolénsav tartalma miatt az enzimek nagy része az n-3 zsírsavak képzésében vesz részt, így korlátozott lesz a linolsav átalakulása magasabb telítetlenségű n-6 zsírsavakká. Azonban, ha a táplálék linolsavban (n-6) gazdag, akkor az, az n-3 zsírsavak képződését korlátozza.

A hosszabb szénláncú és magasabb telítetlenségű n-6, n-3 zsírsavak képzése a különböző állatfajokban más-más hatékonysággal megy végbe. A rágcsálókban az átalakítás határfoka igen jó, míg egyes húsevők (macskák) egyáltalán nem képesek az α -linolénsavból dokozahexaénsavat (DHA) előállítani (Pawlosky et al., 1994).

Emberben is igen kicsi az átalakítás határfoka. Férfiakban 0% (Burdge és Wootton, 2002) és 4% (Emken et al., 1994) közötti, a nőkben valamelyest hatékonyabb (Burdge et al., 2001). Ez a határfok azonban, mindkét nem esetében a kor előrehaladtával további csökkenő tendenciát mutat (Rotstein et al., 1987). A nők jobb átalakító képességének különösen nagy a jelentősége terhesség és szoptatás alatt, ugyanis a csecsemőknek igen csekély, alig 1%-os a DHA átalakító kapacitása (Salem et al., 1996).

Meglepő módon a hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavakban gazdag tengeri halak transzformációs határfoka is igen gyenge (Kyle, 2001). Azonban a táplálékukat jelentő algák zsírsavátalakító képessége kitűnő, ezért szervezetük nagy mennyiségben tartalmazza ezeket, így a halakba ezzel a táplálékkal, átalakulás nélkül kerül be.

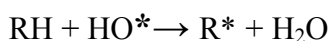
A különböző szervek, szövetek zsírsavszintetizáló képessége is jelentősen eltér egymástól. A legmagasabb a májé, a májhoz viszonyítva az agyé 6-14%, a szívé 8% és a veséké 12% körüli (Brenner, 1971).

A szervezetben két út ismert a többszörösen telítetlen zsírsavak lebontására. Az egyik az eikozanoidok képződése, ami egyirányú folyamat. Később az eikozanoidok tovább alakulnak inaktív formákká, és többnyire a vizelettel kiürülnek (Lands, 1991). A másik lehetséges út a β -oxidáció.

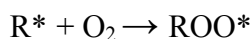
2.3.2. Oxidációs változásai

A tárolás és feldolgozás során fellépő változások közül az oxidációs elváltozások a legjelentősebbek. Ezek a folyamatok döntő mértékben befolyásolják az elszíneződés, a csepegési veszteség, a rendellenes szag és íz kialakulását, valamint a potenciónalisán toxikus anyagok megjelenését (Morrisey et al., 1994a, Gray et al., 1996).

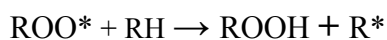
A lipid oxidáció első lépésében egy reaktív oxigén gyök (HO^*) hidrogén atomot szakít le a zsírsavlánc egyik metilén csoportjáról, és PUFA-alkil gyököt képez. Ez a reakció annál könnyebben megy végbe, minél több kettős kötés van egy szénláncban, ennek köszönhetően a többszörösen telítetlen zsírsavak igen érzékenyek erre (Halliwell és Chirico, 1993).



A kettős kötés átrendeződése után konjugált dién jön létre, ami oxigénnel peroxil gyököt (ROO^*) képez:



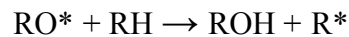
A peroxil gyök újabb zsírsavakkal reakcióba lépve hidroperoxidot (ROOH) és alkil-gyököt hoz létre, így a reakció már önfenntartóvá válik:



Vas vagy réz ionokkal a hidroperoxid reakcióba lépve alkoxil-gyök (RO*) és nagyon reakcióképes hidroxil-gyök keletkezhet (Morrissey et al., 1994b):



Ezt követően mind a peroxil és az alkoxil-gyök újabb zsírsavoxidációk iniciáló vegyülete lehet:



A láncreakció befejezése akkor következik be, ha vagy az antioxidánsok, vagy több lipid-gyök polimerizációja révén stabil termék jön létre (Tappel és Dillard, 1981).

2.3.3. Jelentőségük

A táplálkozás szempontjából az élelmiszerekben megjelenő lipidek és zsírok zsírsavösszetétele kiemelkedő jelentőséggel bír. Számos tanulmány bizonyította, hogy a különböző telítettségű zsírsavak, eltérő élettani szerepükből fakadóan, különbözőképpen befolyásolják az egészségi állapotot. A telített zsírsavakban gazdag termékek rizikófaktorként szolgálnak bizonyos szív és keringési betegségek kialakulásában. Ezzel ellentétben a többszörösen telítetlen zsírsavak egyes tagjai jelentős mértékben megakadályozhatják azok megjelenését, így védő faktorként szolgálnak (Weber et al., 1993). Klinikai vizsgálatok eredményei azt bizonyították, hogy ezen többszörösen telítetlen zsírsavak fogyasztása bizonyos emberi betegségek (koronáriás szívpanaszok, psoriasis, egyes gyulladások) tüneteit enyhítik, mérséklük, vagy teljesen megszüntetik (Barlow és Pike, 1991).

A nyugati típusú társadalmak egyik vezető elhalálozási oka még napjainkban is kardiovaszkuláris okokra vezethető vissza. Az n-3-as zsírsavak ezeknek a betegségeknek a kialakulására is hatással vannak. Számos tanulmány állapította meg ezen zsírsavak egészségmegőrző szerepét a grönlandi eszkimók esetében, akiket a sok halfogyasztás megvéd a koszorúér betegségektől annak ellenére, hogy rengeteg zsírt és emiatt sok koleszterint fogyasztanak (Dyerberg et al., 1978; Dyerberg és Bang, 1979).

Az 1. táblázat az elfogyasztott táplálék átlagos n-6/n-3 arányát és a kardiovaszkuláris mortalitás adatait mutatja be néhány országban. Látható, hogy óriási különbségek vannak az eltérő mennyiségű n-3 zsírsavat fogyasztó népcsoportok között. Az adatok jól szemléltetik, hogy a táplálék n-6/n-3 zsírsavainak aránya fordítottan arányos a kardiovaszkuláris elhalálozás mértékével.

1. táblázat:

Zsírsav bevitel és a kardiovaszkuláris mortalitás

	USA, Európa	Japán	Grönland
n-6/n-3 arány	15-20:1	7:1	1:2
Kardiovaszkuláris mortalitás (%)	28-40	12	7

Forrás: Okuyama et al., 1997; internet 'a'

Más tanulmányokban leírták, hogy növelt n-3 zsírsav fogyasztás esetén csökken a májban a zsírsavak bioszintézise, fokozódik a zsírsavak β -oxidációja. Ezek hatására pedig csökken a vérben keringő zsírok mennyisége (Harris, 1989; An et al., 1997).

Az eikozapenténsav (EPA) és a dokozaheksaénsav (DHA) nemcsak a szérumban a lipid szintjét csökkenti, hanem befolyásolja a membránok zsírsavösszetételét is, így növelve a koszorúérelmeszesedés és a trombózis kialakulásának kockázatát (Kinsella, 1987; Hwang et al., 1988; Chan et al., 1993).

Ahogy korábban már említettük, ezekből a hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavakból szintetizálódnak az eikozanoidok. Az eikozanoidok mint az autokrin/parakrin rendszer hormonjai működnek, és számos élettani folyamatban részt vesznek, úgymint az immunválasz kialakításában, a vérnyomás és a véralvadás szabályozásában (Samuelsson, 1983). Újabb kutatások az alapvető sejtfunkciók szintjén is bizonyították a PUFA-k kulcsfontosságú szerepét. Ezek szerint mind az endocitózis/exocitózis (Schmidt et al., 1999), valamint az ionszűrő szabályozásában (Leaf és Kang, 1996) részt vesznek. Szerepüket bizonyították már a DNS polimeráz gátlásában (Mizushima, 1996), valamint a gén expresszió irányításában is (Clarke és Jump, 1994).

Ezek a szakirodalmi adatok jól tükrözik a többszörösen telítetlen zsírsavak sokrétű szerepét, valamint az n-6/n-3 zsírsavbevitel egyensúlyának fontosságát.

2.3.4. Természetes források

Mint azt már bemutattuk az állatok a növényekkel ellentétben nem képesek *de novo* az n-6 és n-3 zsírsavak szintézisére. Ezért ezeknek a zsírsavaknak elsődleges forrásai a növények, melyek képesek arra, hogy a zsírsavlánc n-9 szénatomja és a metil terminális vége közötti kötéseket deszaturálják (Demandre et al., 1986).

Az ember számára a linolsav legfontosabb forrásai az ehető növényi olajok, úgymint a napraforgó-, a kukorica-, és a mogyoróolaj (Kinsella, 1991). A 2. táblázat néhány növény esszenciális zsírsavtartalmát mutatja be az összes zsírsav tartalmuk százalékában. Látható, hogy a napraforgóolajnak nagyon magas a linolsav tartalma, több mint 65%, azonban linolénsav alig található benne. A lenmagolaj linolénsav tartalma igen magas, a repce olajában viszonylag kiegyenlített mennyiségben megtalálható mindkét esszenciális zsírsav.

2. táblázat

Növényi olajok és magvak linol- és linolénsav tartalma az összes zsírsav %-ában

Név	linolsav	α -linolénsav
Búzacsíraolaj	61	5
Dió	57	13
Földimogyoróolaj	41	0,5
Kakaóvaj	3	ny.
Kókuszszír	1,5	-
Kukoricacsíraolaj	52	1
Lenmagolaj	14	60
Mák	72	ny.
Mustárolaj	9	10
Napraforgóolaj	68,5	ny.
Olívaolaj	19	1
Pálmamagolaj	1,5	
Pálmaolaj	10	
Repceolaj	14	10
Repceolaj, 00	26	10
Szójaolaj	53	7,5
Szőlőmagolaj	67	1
Tökmagolaj	64	ny.

Rodler (2005)

Az állati eredetű termékek általában kevesebb linolsavat tartalmaznak, mint a növények. Néhány kivétel azonban ezek között is van: a máj, a vese, a tojás és a baromfifélék zsírja (3. táblázat). Szintén magas linolsavtartalmú az anyatej, ami a csecsemők szükségletének megfelelően, nagy mennyiségű (10-13%) (Martin et al., 1993). Azonban a tehéntej és a tejtermékek igen szegények ebben a zsírsavban (Maniongui et al., 1991).

3. táblázat

Állati eredetű zsiradékok linol- és linolénsav tartalma az összes zsírsav %-ában

Név	linolsav	α -linolénsav
Libazsír	9	2
Tyúkszír	21	1,5
Kacsaszír	16	1,5
Sertészsír	10	ny.
Sertésmáj *	13	ny.
Szarvasmarha faggyú	2	1
Birkafaggyú	1,5	ny.
Tojás**	11	ny.

* C_{20:4} 18%; C_{20:5} 0,5%; C_{22:5} 2%; C_{22:6} 1%

** C_{20:4} 1%; C_{22:6} 0,5%

Rodler (2005)

A növényi kloroplasztisz membrán igen gazdag α -linolénsavban, azonban mivel ezen növényi részek zsírtartalma igen alacsony, ezért az össz mennyiségük is igen korlátozott (Kinsella, 1991). Egyes algák (*Aphanizomenon flosaquae*) α -linolénsav tartalma a magasabb rendű növényekhez hasonlatos (Drapeau et al., 2001). A 2. táblázat adatai szerint a lenmag-, a mustár-, és a repcemagolaj, valamint a dióolaj jelentős mennyiségű α -linolénsavat tartalmaznak. Az állati eredetű termékek általában kevesebbet tartalmaznak ebből a zsírsavból, mint a linolsavból. Egyes tengeri halak és néhány édesvízi hal olajai egyaránt gazdagok hosszú szénláncú n-6 és n-3 zsírsavakban (Kinkela és Bezar, 1993, Kyle, 2001). Az anyatej szintén gazdag α -linolénsavban (Martin et al., 1993). Néhány növényi olaj tartalmaz olyan zsírsavakat, amelyek az erősen korlátozott $\Delta 6$ deszaturációs lépés után képződnek a szintézis során. Például a ligetszépe, a feketeribizli és a borágó olaja jelentős mennyiségű α -linolénsavat tartalmaz (Lawson és Hughes, 1988).

2.3.5. A humán szükséglet

Az ember PUFA szükségletét a napi összes energia bevitel százalékában, vagy abszolút mennyiségben adják meg. A pontos szükséglet nem teljesen tisztázott, azonban több-kevesebb irodalmi adat ebben a témakörben is a rendelkezésre áll.

N-6 zsírsav hiányos táplálékkal nevelt, hiánytüneteket mutató patkányoknak adagolt 1-2% linolsav már megszüntette a hiánytüneteket (Kinsella, 1991). Ahhoz azonban, hogy a legjobb biológiai funkcióikat kifejthessék 3-6% -os kiegészítésre volt szükség.

Ember esetében a napi 5-10 g (6-8 energia%) linolsavbevitel tűnik optimálisnak, azonban az arachidonsav bevitel csökkentheti ezt. E két zsírsav optimális beviteli aránya még nem ismert (Bezard et al., 1994; Institute of Medicine of the National Academies, 2005).

A megfelelő α -linolénsav ellátás (ami az eikozapentaénsav és a dokozahexaénsav prekursora) különösen fontos terhes nők és szoptató anyák esetében, mert a DHA nélkülözhetetlen a magzati és csecsemőkori idegi és látó szervek fejlődéséhez. Több tudományos publikáció alapján az optimális α -linolénsav szükséglet 0,5-1,2 energia%, az EPA és DHA pedig 0,4 energia% körüli (Holman et al., 1982; Bjerve et al., 1987; Bourre et al., 1989; Institute of Medicine of The National Academies, 2005). Abszolút mennyiségben kifejezve a kívánatos α -linolénsav bevitel 860-990 mg, az EPA és DHA együttes mennyisége, pedig 350-400 mg (Bjerve et al., 1989).

Ismeretes, hogy a DHA egyik fő alkotója az agykéreg szürke állományának, a fotoreceptorok (pálcikák) membránjának, valamint az, hogy hiánya kapcsolatban van a gyengébb tanulási és látási képességekkel (Neuringer et al., 1988). Ezért fiatal korban egy magasabb szintű, 0,7-1,4 energia% n-3 ellátás javasolt, hogy biztosítani tudjuk az idegszövetek optimális fejlődését.

Különböző nemzetközi szervezeteknek is vannak ajánlásai az optimális PUFA ellátásra, amelyekben esetenként jelentős eltérések tapasztalhatók. A Scientific Committiee for Food (1993) és a FAO/WHO (1998), csak a linolsavat és a linolénsavat tekinti esszenciális zsírsavnak, és míg az előbbi 2% illetve 0,5%-ot addig az utóbbi 4-10% illetve 0,4-2%-ot tart elfogadható mértékűnek.

A különböző zsírsavak mennyiségén kívül, nagy jelentőségű a szervezetbe jutó n-3 és n-6 zsírsavak aránya is. Az emberi szervezet szempontjából az n-6/n-3

arányt akkor tartjuk jónak, ha 4:1 és 6:1 értékek közé esik (Neuringer et al., 1988, Yehuda és Carasso, 1993). Anyatej vizsgálatokból kiderült, hogy legtöbbszörnek 1-2% az n-3 zsírsav tartalma és az n-6/n-3 arány az előbb említett értékeknek megfelel. Az anyatej zsírsavösszetétele segíti a csecsemők optimális növekedését, valamint normális neurális és vizuális fejlődésüket. A növekedés elsősorban a szöveti arachidonsav tartalom (Carlson et al., 1992) függvénye, az idegi fejlődést pedig elsősorban a szöveti DHA tartalom befolyásolja (Uauy et al., 1992).

Ismereteink szerint a hazai lakosság α -linolénsav ellátottsága nem megfelelő, kiegészítésre szorul, a linolsav ellátottsága megfelelő, sőt túlzottnak mondható. Az n-6/n-3 arány az európai átlaghoz hasonló, 20:1 körüli érték (Antal és Gaál, 1998).

2.4. A csirkehús zsírsavösszetételének befolyásolása takarmányozással

A különböző állatfajok szervezetében lévő lipidek zsírsavösszetétele elsősorban genetikailag meghatározott, de különböző takarmányozási módszerekkel jelentősen befolyásolható. Genetikai úton általában csak a test összes zsírtartalmát lehet csökkenteni. Takarmányozással mind a beépülő zsír mennyiségét, mind annak összetételét módosíthatjuk. Ennek megfelelően a nem kívánt zsírsavösszetételű állati termékek minősége javítható. Mindezek alapján a húsok kedvező zsírsavösszetételének kialakítása, az egészségesebb és biológiailag értékeesebb állati termék előállítás megvalósítható. A takarmányozási módszereknek szinte korlátlan lehetőségei vannak. A monogasztrikus állatokban és a baromfi fajokban rejlenek a legnagyobb lehetőségek, mivel ezeknek a fajoknak a bélcsövéből többnyire változatlan formában szívódnak fel a többszörösen telítetlen zsírsavak (Sklan és Ayala, 1989; Dublec et al., 1999).

Az n-3 többszörösen telítetlen zsírsavak jelentős mennyiségben főleg a halolajokban találhatók. Néhány korábbi vizsgálat eredménye is már arra enged következtetni, hogy a baromfihúsban is növelhető a mennyiségük, különösen az eikazopentaénsav és a dokozahexaénsav tartalom, ha a brojlercsirkék tápját hallisztel, illetve halolajjal egészítik ki (Hulan et al., 1989; Chanmugam et al., 1992; Arbuckle et al., 1994). További vizsgálatok megerősítették, hogy mind az izom, mind az adiposa szövetekben növelhető az EPA, a DPA és a DHA mennyisége, a halolaj és a halliszt arányának, valamint az etetés idejének függvényében (Ratnayake et al., 1989). Ezen zsírsavak arányának növekedése egyidejűleg az n-6/n-3 arányt is a szervezet számára

kedvezőbb irányba tolta el. Az n-3 zsírsavak beépülése a különböző testtájukba eltérő lehet, például a mellizomban nagyobb, mint combizomban (Leskanich és Noble, 1997). Ugyanakkor már néhány százalékos halolaj tartalmú takarmány etetésének hatására nemkívánatos ízhatások léphetnek fel. Ez jelentősen rontja a termék versenyképességét (Hargis és Van Elswyk, 1993). Ennek a „halíznek” elkerülésére az egyik lehetőség lehet bizonyos növényi olajok alkalmazása, melyek közül a repceolaj felhasználása különösen érdekes lehetőség lehet a takarmányozásban (Gaultieri et al., 1993).

Mások (Ajuyah et al., 1991) már korábban azt közölték, ha a brojlerhús n-3 zsírsavtartalmát növényi olajokkal akarjuk növelni, akkor elsősorban full-fat lenmagot (10-20%), vagy full-fat repcemagot (10-20%), vagy repceolajat (7%) kell a takarmányba keverni. Több szerző is tapasztalta, hogy az abdominális zsír mennyisége és összetétele szignifikánsan változik, ha az állatokat különböző zsírsavforrásokkal etették (Zollitsch et al., 1992; Scaife et al., 1994). Pinchasov és Nir (1992) szerint szoros összefüggés van a takarmány PUFA-tartalma és a PUFA-nak a zsírszövetekben való megjelenése között, továbbá lineáris és négyzetes összefüggést találtak az abdominális zsír, valamint a vágott baromfitest PUFA-tartalma között.

5% lenolaj, valamint halolaj tartalmú takarmány összehasonlító vizsgálatok azt találták, hogy mindkét esetben nő a hús n-3 tartalma. A lenolaj elsősorban a szövetek linolénsav tartalmát növelte, és nem következett be az organoleptikus tulajdonságok romlása. A szövetek EPA és DHA tartalma szignifikánsan magasabb volt a halolajos kezelés esetében (Phetteplace és Watkins, 1989).

Újabb, szintén len és halolajjal végzett vizsgálatokban a kutatók azt tapasztalták, hogy míg a combszövetben elsősorban a linolénsav deponálódik, addig a mellizomban a hosszabb szénláncú n-3 zsírsavak (EPA, DHA). Eredményeik szerint a combszövet érzékenyebb a halolaj okozta izomlásra (Gonzales-Esquerra és Leeson, 2000).

Hasonló eredményeket hoztak más növényi olajokkal végzett vizsgálatok is. A halolajhoz viszonyítva az izomszövetek kevesebb EPA-t és DHA-t raktároztak repceolaj etetésekor (Hawrysh et al., 1980).

Hazai vizsgálatok is megerősítették ezt az eredményt, továbbá azt is megállapították, hogy a szövetek linolénsav tartalmának változásával nem arányosan nő az EPA és DHA tartalom (Babinszky et al., 1999). Ugyanezt találták kukoricaolajjal beállított kísérletekben, már korábban is (Chanmugan et al., 1992). A kellemetlen íz kialakulás egyik esetben sem volt jelentős.

Crespo és Esteve-Garcia (2001) tanulmányukban összehasonlították az állati zsír, az olívaolaj, a napraforgóolaj és a lenolaj etetésének hatását brojlerek testüregi zsírfelhalmozódására. Nem találtak szignifikáns különbséget sem a különböző kezelések testtömeggyarapodásában, sem pedig a takarmányhasznosításában. A szövetek zsírsavösszetétele az elvárásoknak megfelelően tükrözte a takarmányét. Megállapították, hogy az egyszeresen telítetlen zsírsavak aránya a hasüri zsírban volt magasabb, míg a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya az izmok zsírszöveteiben volt magasabb. Ezek alapján azt a következtetést vonták le, hogy a magasabb PUFA tartalmú takarmány etetése esetén a hasüri zsír felhalmozódás csökken.

Bartos et al. (2004) által végzett vizsgálatokban lenmag-, olíva-, tökmag-, halolaj és baromfizsír kiegészítés hatását vizsgálták brojlerek teljesítményére. Eredményeik szerint a halolaj javította, a lenmagolaj pedig rontotta az állatok teljesítményét a baromfizsírhoz viszonyítva. Tökmagolaj hatására romlott a fajlagos takarmányhasznosítás és fokozódott az elzsírosodás mértéke, az olívaolaj nem befolyásolta a teljesítményt a baromfizsírhoz képest.

2.5. A növelt PUFA tartalom hatása

A következőkben a magas PUFA tartalomnak a hús minőségére kifejtett hatásait mutatjuk be hazai és a nemzetközi szakirodalom felhasználásával.

2.5.1. A vágott áru oxidatív stabilitása, íze és illata

A zsírsavösszetétel módosításának korábban vázolt előnyei ellenére hátrányai is lehetnek. A nagy telítetlen zsírtartalmú anyagok ugyanis fokozottabban érzékenyek az oxidációra, és az állati szövetekbe beépülve azok oxidatív érzékenységét is növelhetik. Ez az oxidatív stabilitás csökkenés az ilyen alapanyagokból készített továbbfeldolgozott termékekben is jelentkezhet.

A telítetlen zsírok könnyen oxidálódnak, melynek során peroxidok és aldehidek keletkeznek. Ezek felelősek a hús eltarthatóságának csökkenésért, amit gyakran a magasabb PUFA tartalom következményének tartanak (Manilla és Husvéth, 1999). A lipidek oxidatív stabilitása a bennük lévő zsírsavak telítetlen kötéseinek a számával fordítottan arányos. A zsírsavak oxidálhatóságának mértékét egy peroxidálhatósági index (PI) fejezi ki, amit a következő egyenlet segítségével kalkulálhatunk (Arakawa és Sagai, 1986):

$$\text{PI} = (0,025 \times \text{énsav } \%) + (\text{diénsav } \%) + (2 \times \text{triénsav } \%) + (4 \times \text{tetraénsav } \%) + \\ + (6 \times \text{pentaénsav } \%) + (8 \times \text{hexaénsav } \%)$$

Ebből az egyenletből jól látható, hogy a magasabb telítetlenségű zsírsavak mennyiségének növekedésével exponenciálisan nő a peroxidációs hajlam. Tehát az EPA és DHA tartalom növekedésekor különösen megemelkedhet az oxidatív károsodás mértéke. Az oxidáció során keletkező illékony anyagok (szénhidrogének, ketonok, aldehidek) okozzák a halra emlékeztető kellemetlen szagokat, amivel gyakran jellemzik a n-3 zsírsavban dúsított húsokat (O'Keefe et al., 1995). A sovány húsok zsírsavösszetételének a hatása kicsi az organoleptikus tulajdonságaira (Moran, 1996).

A halolaj etetéssel növelt PUFA tartalmú baromfi húsok kellemetlen illatát befolyásolhatja az elkészítés és tálalás módja is. Már nyolcvan évvel ezelőtt közölték, hogy a frissen tálalt rántott hús esetén a bírálók nem éreztek a szokványostól eltérő illatot, azonban ha ugyanezt a húst hűtés után vizsgálták, megjelent a kellemetlen, halra emlékeztető illat. Ugyanezt a kellemetlen illatot tapasztalták párolt hús esetében is (Carrick és Hauge, 1926). A különböző szövetek illathiba iránti érzékenysége eltérő. Magas telítetlenségű fehér húsok (mell) zsírja fogékonyabb az oxidációra, mint a vörös húsoké (comb, szárny), különösen a foszfolipid frakció (fehér húsokban koncentráltabb), ami fő kiindulási anyaga az oxidációs termékeknek (Pikul et al., 1984; O'Keefe et al., 1995). Azonban mivel a vörös húsoknak magasabb az abszolút zsírtartama, ezért ezekben gyorsabban megjelennek a deffektusok jelei, mint fehér húsok esetén (Nam et al., 1997, Meynier et al., 1999). Más halolajjal végzett vizsgálatok is hasonló eredményt hoztak. Ugyanazon csirkéből származó mellhús íze megfelelő

volt, azonban a combhúsban már érezhető volt a hátrányos ízváltozás (Gonzalez-Esquerria és Leeson, 2000). A hazai vizsgálatok is megerősítették a halolajnak a hús organoleptikus tulajdonságaira gyakorolt hátrányos hatásait, még alacsony bekeverési arány esetén is (indító: 0%, nevelő: 3%, befejező:1%) (Bartos et al., 2004). Vizsgálatukban a lenmagolaj hasonló hatásáról is beszámoltak 0-3-6 % bekeverési arány esetén.

Korábbi vizsgálatok megállapították, hogy a megnövelt telítetlen zsírsavtartalom a felelős a felmelegítés utáni kellemetlen illatért, ami már a főtt hús néhány napos hűtve tárolása után jelentkezik (Wilson et al., 1976). Hallisztet fogyasztó és nem fogyasztó brojler csirkék vizsgálatakor azt az eredményt kapták, hogy a frissen főzött csirkehúsban nincs különbség az oxidációs termékek mennyiségében, szignifikáns különbséget csak négy nap hűtve tárolás után kaptak (O'Keefe et al., 1995). Más kutatók már két nap hűtve tárolás után is érzékelték a felmelegített főtt hús kellemetlen zamatát, a 120g/kg halliszt tartalmú takarmányt fogyasztó brojlerek esetén (Ratnayake et al., 1989, Poste, 1990).

A TBARS (tiobarbitursav reaktív anyagok) érték meghatározása egy általánosan használt módszer a lipidek oxidációs elváltozásainak mérésére. A TBARS és a felmelegítés után jelentkező idegen szag közt pozitív korrelációt találtak (Shu et al., 1995).

2004-ben hal-, len-, napraforgó- és szójaolajjal állítottak be broiler takarmányozási kísérletet Kahraman et al., amelyben az oxidatív elváltozás mértékét vizsgálták. A négy olaj összehasonlító vizsgálatából kiderült, hogy a hús oxidatív stabilitását a zsírtartalom erősebben befolyásolja, mint a zsírsavösszetétel.

A húsban mélyhűtött tárolás során ugyan lassan, de tovább folynak az enzimatis folyamatok, aminek következtében, Zanini et al. (2006) szerint, az idő múlásával, egy enyhén emelkedő lineáris görbét követve nő a TBARS érték.

Mercier et al. (1998) vizsgálataiban a különböző zsírforrásokkal (szója-, repceolaj, faggyú) etetett brojlerek comb és mellhúsában, a tárolás alatt lezajló oxidatív változások mértéke szignifikánsan különbözött. A harmadik napon már megjelentek a különbségek, ami trendjét megtartva a 9. napra kifejezetté vált. A legjobban a szójaolajat tartalmazó kezelés károsodott. Szója és faggyú kiegészítéskor, Sklan et al. (1983) korábbi vizsgálataikban hasonló eredményre jutottak.

Cherian et al. (2002) ciroketetési kísérletükben a zsírsavösszetétel és a TBARS összefüggését vizsgálva azt találták, hogy a n-3 zsírsavtartalom növekedésével

csökkentek ezek az értékek. Repceolajjal, szójaolajjal beállított kísérletükben Zanini et al. (2006) megállapították, hogy a combhús abszolút TBARS értékei magasabbak, mint a mellhúsé, köszönhetően a magasabb zsírtartalomnak. Ezeket az eredményeiket más kutatók is alátámasztják (Sirri et al., 2003).

2.5.2. A vágott áru színére

A nyers baromfihús színe nagyon fontos, alapvetően ennek alapján tájékozódik a fogyasztó a hús frissességéről, ez segíti őt a vásárlásban. A csirkehús több szempontból is különleges a húsok közt. Egyrészt értékesíthetik bőrrel vagy anélkül, másrészt itt vannak a legnagyobb színeltérések az egyes izomcsoportok között. Míg a mellhús esetében a halvány rózsaszínt, addig a combhús esetében a sötét pirosat várja el a vásárló. A mioglobin és származékai a fehérjék közül azok, amelyek döntő mértékben meghatározzák a hús színét. A mioglobinnon kívül vannak más vas tartalmú fehérjék is, a hemoglobin és a citokró-m-C, melyek szintén befolyásolják a színt.

A mioglobin prosztesztikus csoportja a vas, azonban a hemoglobintól eltérően csak egy polipeptidláncból áll. A mioglobin eredeti színe bíborvörös, ami a szerint változik, hogy a hem rész milyen ionsoportot köt meg. Ha nem kapcsolódik ligandum az oxigénkötő helyhez, akkor deoximioglobinnak nevezzük, melynek színe bíborvörös. Tipikusan ez a szín jellemzi a vákumcsomagolt húsokat. Ugyanis a csomagolásban nem éri el az oxigén parciális nyomása azt a kritikus értéket, ami az oxigenációhoz szükséges. Ha a húst levegőre tesszük, akkor az oxigén fokozatosan halad a külső részekből a mélyebb részek felé (egyre több oximioglobin képződik), és a bíbor színből a hús színe meggypiros lesz. Az oxigén penetráció és így az oximioglobin réteg vastagsága függ a hús hőmérsékletétől, az oxigén parciális nyomásától, a pH-tól, és más a húspanban lejátszódó egyéb oxigénigényes folyamatoktól. Élő szervezetben is hasonló változás megy végbe nagy parciális oxigén nyomás esetén, ugyanis a hem rész oxigént köt meg, és meggypiros oximioglobin keletkezik. Ha a hús hosszabb ideig marad a levegőn, ahol az oxigén parciális nyomása kisebb, az oximioglobin és a deoximioglobin is szürkésvörös metmioglobinná oxidálódik (Livingston és Brown, 1982; Wallace et al., 1982). Ekkor történik meg a hús elszíntelenedése. Ezt egyrészt a felszínen egyre növekvő mennyiségű metmioglobin, valamint a felszín alatti metmioglobin réteg (a felszíni oximioglobin és a belső deoximioglobin réteg között helyezkedik el) fokozatos vastagodása és felszín felé mozgása okoz. Ennek a kialakulását is számtalan tényező

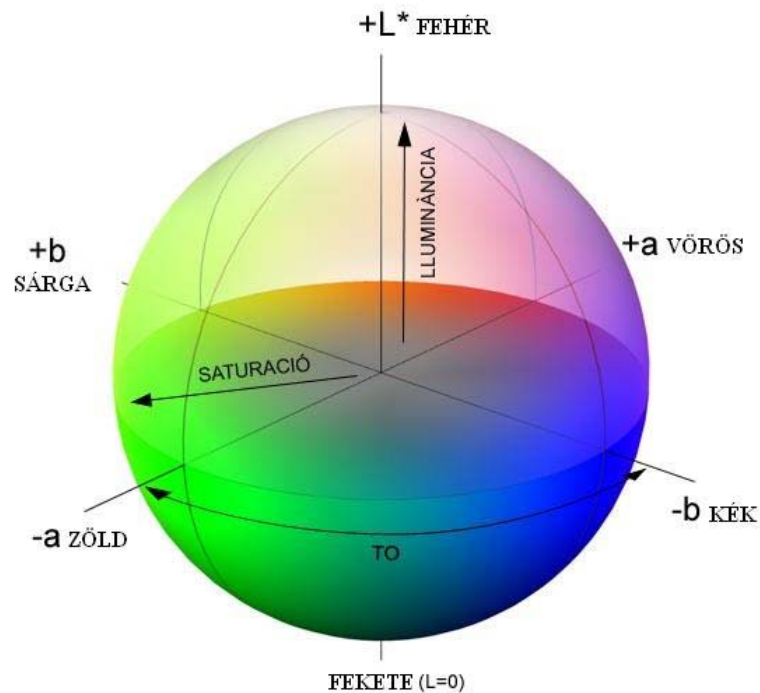
befolyásolja (hőmérséklet, pH, O₂ parciális nyomás, a hús redukáló aktivitása és mikrobiológiai állapota). A metmioglobin, reduktáz enzim segítségével (oxigén felhasználás mellett) korlátozott mértékben képes deoximioglobinná visszaalakulni, az ehhez szükséges energia (NADH) azonban csak korlátozott mértékben van jelen a húsban (Mancini és Hunt, 2005).

A zsírok oxidációja iniciálhatja a mioglobin→metmioglobin átalakulást, ami hozzájárul a nem megfelelő illat és szín kialakulásához. A hús színének elhalványodása szoros kapcsolatban lehet a lipidperoxidáció indukálta mioglobin oxidációval (Yin és Faustman, 1993).

Napjainkban számos lehetőség kínálkozik a hússzín műszeres vizsgálatára. Egyrészt többféle műszer is a rendelkezésre áll (koloriméterek, spektrofotométerek), másrészt ezek a készülékek többfajta színrendszert is használhatnak (Hunter, CIE, tristimulus). A húsvizsgálatokban a legszélesebb körben a CIE L*a*b* (Commission International d'Eclairage) színrendszert használják (Mancini és Hunt, 2005). A CIE L*a*b* rendszerrel a színintenzitás és telítettség egyaránt mérhető. Ebben a rendszerben minden szín három számmal írható le, egy háromdimenziós koordináta rendszerben és egy pont segítségével határozza meg a színt (5. ábra). Az abszcissza a zöldből vörösbe, az ordináta kékből sárgába történő átmenetet, a függőleges tengely a fehér és fekete szín közötti világossági értéket mutatja. Az L* érték 0-100-ig terjed és a fény intenzitását adja meg (0=fekete, 100=fehér). Az a* érték -60-tól +60-ig terjed és a zöld-vörös szín telítettséget jelzi (- értékek a zöld, + értékek a vörös intenzitását mutatják). A b* érték pedig a kék és sárga színek telítettségét jelzi. Ennek értéke is -60 és +60 közt változhat (- értékek a kék, + értékek a sárga intenzitását mutatják) (Tóth et al., 2006). Az a* és b* értékekből képzik a Chromát, ami a szín telítettségét mutatja meg ($\text{Chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$).

Allen et al. (1998) szubjektíven világos és sötét csoportba sorolt mellhúsok színét CIE L*a*b* rendszerben mérték, és azt az eredményt kapták, hogy a két csoport mind a három színkoordinátában szignifikánsan különbözik egymástól. A világos csoportnak az L* és b* értéke volt a nagyobb.

A CIE L*a*b* színekoordináta rendszer



Forrás: internet 'b'

1998-ban publikált adatok szerint a hús zsírsavösszetétele szignifikánsan befolyásolja az a^* értéket. A szójaolajat fogyasztó pulykák combhúsa pirosabb volt, mint a lenolajat, illetve a sertézsírt fogyasztó csoportoké, a mellhús színében azonban nem találtak eltérést (Mercier et al., 1998). A Chroma (szín intenzitás) értékeket is befolyásolta az etetett zsír, és itt is a szójaolajat tartalmazó csoporté volt a legmagasabb.

Újabb vizsgálatokban, három színosztályba sorolt mellhúsokat hasonlítottak össze. Itt néhány zsírsav (palmitoleinsav, olajsav, arachidonsav, dokozaheptaénsav) esetében szignifikáns különbségeket találtak az egyes csoportok közt, ez azonban az SFA, MUFA, PUFA tartalomra nem volt hatással. Különbséget találtak még a minták fehérje, valamint hamutartalmában is. A fehérjetartalom a világos színű csoportban volt a legalacsonyabb, a hamutartalom pedig a sötét színű csoportban volt szignifikánsan a magasabb (Qiao et al., 2001, 2002).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Első kísérlet

A kísérlet célja eltérő zsírforrású tápok etetésével a csirkehús zsírsavtartalmának kedvező irányba történő módosítása volt, miközben ellenőriztük a brojlerok teljesítményét, és vizsgáltuk megtermelt hús minőségét.

3.1.1. Kísérleti állatok és elhelyezésük

A kísérletet a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Állattenyésztés- és Takarmányozástani Tanszék kismacsi kísérleti telepén állítottuk be. Itt egy teremfűtéses épületben 20, egyformán 3,35 m²-es, mélyalmos tesztfülke állt rendelkezésünkre (6. ábra). Mindegyikben tányéros önetető és pisztolyszelepes itató volt. A nevelés első 4 napjában a fülkébe kupás önitatókat, valamint csibepapírt helyeztünk, így biztosítva a csibék megfelelő takarmány és ivóvíz ellátást. Az almozás fenyőforgáccsal történt. Az állatok a Derecskei Keltetőből származó, ROSS-308-as hibrid kakasok voltak, melyek súlyát érkezés után egyenként lemértük. A mérést követően a csibéket egyedi szárnykrotáliával láttuk el (7. ábra), majd 60-as csoportokba osztva, véletlenszerűen a fülkébe helyeztük.

6. ábra

A kismacsi tesztistálló, egy hetes állománnyal



A krotáliát a jobb szárnyba helyeztük (14. napos csibe)

Az állomány baromfipestis és bronchitis elleni immunizálása a keltetőben történt. A hőmérséklet, a páratartalom, valamint a szellőztetés szabályozása a hibridtenyésztő ajánlásainak megfelelően történt (Ross Breeders Limited, 2004). Az etető és itató felületeket szintén az ajánlásnak megfelelően határoztuk meg. Az etetés ad libitum történt. A fülkénkénti 60 állat telepítésével értük el a nagyüzemi gyakorlatnak megfelelő 18 állat/m² telepítési sűrűséget.

A szükséges vakcinákat, valamint a vitaminos kezeléseket, a közös itatórendszeren keresztül, állományszinten oldottuk meg. A Gumboroi-betegség elleni védekezés a nevelés 14. napján, a keltetői baromfipestis elleni vakcina ismétlése pedig a 21. napon történt. Az immunizálások, valamint a vitaminkezelések pontos adatait a 4. táblázat tartalmazza.

Az állományszinten felhasznált vakcinák és vitaminok

Dátum	A szer neve, dózisa
2004.03.13	15 g Reaszelén Combi ¹ , 200g Laktiferm L ₁ +C ²
2004.03.19	1200 adag CEVAC IBD L vakcina
2004.03.20	20g Reaszelén Combi, 200g Laktiferm L ₁ +C
2004.03.26	1200 adag Vitapest vakcina
2004.03.27	20g Reaszelén Combi, 250g Laktiferm L ₁ +C
2004.04.02	20g Reaszelén Combi, 250g Laktiferm L ₁ +C

¹Reaszelén Combi összetétele (50g-ban): szelén 10 mg; E-vitamin 1500 NE; Lyzozym HCl 2×10^7 NE; A-vitamin $1,5 \times 10^6$ NE; D₃-vitamin 200.000NE.

²Laktiferm L₁+C összetétele: tejsavtermelő baktériumok 1×10^9 /g; A-vitamin 800.000 NE/kg; D₃-vitamin 250.000 NE/kg; E-vitamin 2.000 mg/kg; K₃-vitamin 200 mg/kg; B₁-vitamin 250 mg/kg; B₂-vitamin 750 mg/kg; B₆-vitamin 200 mg/kg; B₁₂-vitamin 2mg/kg; pantoténsav 1.500 mg/kg; niacin 4.000 mg/kg; folsav 20 mg/kg; C-vitamin 60.000 mg/kg

3.1.1. Kezelések

A kísérleti elrendezés 4x5x60 volt, vagyis az 1200 kísérleti állatból négy kezelést alakítottunk ki, mindegyiket öt ismétlésben. Így egy-egy kezelésbe 5x60, azaz 300 csibe került. Mindegyik kezelés számára háromfázisos takarmányt készítettünk, amelyek táplálóanyag szintjei megfeleltek a Ross technológiai ajánlásának (Ross Breeders Limeted, 2004). Az indító fázist morzsázott, míg a nevelő és befejező takarmányt 3mm-es granulátum formájában adtuk a brojlereknek. Az indító fázis a 17. napig, a nevelő a 29. napig, a befejező pedig a 35. napig, vagyis a vágásig tartott. Valamennyi keverékekben azonos mennyiségű volt a fő energiahordozó, a kukorica, ugyanakkor az 1. kezelésben sertészsír, a 2. kezelésben napraforgóolaj, a 3. kezelésben szójaolaj és a 4. kezelésben lenmagolaj biztosította a szokásosnál nagyobb (5,7%) nyerszsírtartalmat. A receptúrákat úgy állítottuk össze, hogy a linolsav mennyisége a kezelésekben állandó legyen mindhárom fázisban. Az etetett olajok mért zsírsavösszetételét az 5. táblázat tartalmazza. A nevelő és befejező tápok zsírtartalma megegyezett az indítóéval, de közben fehérjetartalmuk csökkent. A zsírtartalom csökkentése a nevelési idő egésze alatt 3% volt. A takarmány fehérjekomponense az extrahált szójadara volt. Az állatok a takarmányt ad libitum kapták. A tápok összetétele és táplálóanyag tartalma a 6/a,b,c táblázatokban látható.

**Az abrakkeverékekben felhasznált olajok és zsír zsírsavösszetétele
(g/100g zsírsav)**

<i>Zsírsavak</i>	Sertészsír	Szójaolaj	Napraforgóolaj	Lenmagolaj
C10:0 Kaprinsav	0,07	0,00	0,00	0,00
C12:0 Laurinsav	0,08	0,00	0,00	0,00
C14:0 Mirisztinsav	1,33	0,09	0,08	0,05
C15:0 Pentadekánsav	0,06	0,02	0,00	0,02
C16:0 Palmitinsav	23,94	10,25	6,30	4,75
C17:0 Heptadekánsav	0,32	0,09	0,04	0,05
C18:0 Sztearinsav	12,03	4,21	3,48	2,86
C20:0 Arachidsav	0,21	0,37	0,26	0,17
C22:0 Behénsav	0,00	0,33	0,70	0,11
C24:0 Lignocerinsav	0,00	0,14	0,24	0,08
SFA	38,03	15,49	11,10	8,08
C16:1 Palmitoleinsav	2,71	0,10	0,08	0,07
C18:1 Olajsav	42,99	21,85	26,64	16,55
C20:1 Eikozénsav	1,25	0,19	0,14	0,14
C24:1 Nervonsav	0,18	0,00	0,00	0,00
MUFA	47,14	22,14	26,87	16,76
C18:2 Linolsav n-6	12,69	54,81	61,91	15,30
C18:3 n-3 α -Linolénsav	0,59	7,49	0,09	59,82
C20:2 n-6 Eikozadiénsav	0,76	0,04	0,00	0,00
C20:3 n-3 Eikozatriénsav	0,13	0,00	0,00	0,00
C20:4 n-6 Arachidonsav	0,58	0,00	0,00	0,00
C22:6 n-3 Dokozahexaénsav	0,09	0,03	0,03	0,04
PUFA	14,83	62,37	62,03	75,16

Az indító táp összetétele és táplálóanyag tartalma (%)

Összetétel	Kezelés			
	1.	2.	3.	4.
Kukorica	54,5	54,5	54,5	54,5
E. szója 46%	37,5	37,5	37,5	37,5
Szójaolaj	—	—	3	—
Napraforgóolaj	—	3	—	—
Lenmagolaj	—	—	—	3
Sertészsír	3	—	—	—
*Br. indító 5%	5	5	5	5
Táplálóanyagtartalom				
Szárazanyag	89,32	89,32	89,08	89,32
Nyersfehérje	22,47	22,47	22,44	22,47
Nyerszsír	5,74	5,74	5,68	5,74
Nyersrost	3,34	3,34	3,58	3,34
Nyershamu	2,80	2,80	2,87	2,80
Cukor	4,11	4,11	4,11	4,11
AMEn baromfi, MJ/kg	12,65	12,65	12,58	12,65
Lizin	1,36	1,36	1,37	1,36
Metionin	0,57	0,57	0,57	0,57
Met.+Cisztin	0,93	0,93	0,94	0,93
Ca	0,95	0,95	0,97	0,95
P	0,76	0,76	0,78	0,76
Na	0,14	0,14	0,14	0,14

* beltartalmi értékei: 2,9% lizin, 4,32% metionin, 4,39 met+cisztin, 0,12% treonin, 0,06% triptofán, 18,2% kalcium, 7,89% foszfor, 7,28% értékesíthető foszfor, 2,8% nátrium, 1208 mg/kg vas, 2013 mg/kg mangán, 241 mg/kg réz, 1409 mg/kg cink, 4 mg/kg selén, 20 mg/kg jód, 243000 NE/kg A-vitamin, 60750 NE/kg D₃-vitamin, 810 NE/kg E-vitamin, 60 mg/kg K₃-vitamin, 60 mg/kg B₁-vitamin, 141 mg/kg B₂-vitamin, 101 mg/kg B₆-vitamin, 0,5 mg/kg B₁₂-vitamin 243 mg/kg pantoténsav, 810 mg/kg niacin, 10010 mg/kg kolinklorid

A nevelő táp összetétele és táplálóanyag tartalma (%)

Összetétel	Kezelés			
	1.	2.	3.	4.
Kukorica	50,3	50,3	50,3	50,3
E. szója 46%	29	29	29	29
Szójaolaj	—	—	3	—
Napraforgóolaj	—	3	—	—
Lenmagolaj	—	—	—	3
Sertészsír	3	—	—	—
Búza takarmányliszt	12	12	12	12
Tak.mész	0,3	0,3	0,3	0,3
MCP	0,4	0,4	0,4	0,4
*Br.nevelő 5%	5	5	5	5
Táplálóanyagtartalom				
Szárazanyag	89,17	89,17	88,94	89,17
Nyersfehérje	19,95	19,95	19,91	19,95
Nyerszsír	5,96	5,96	5,9	5,96
Nyersrost	3,23	3,23	3,49	3,23
Nyersshamu	3,42	3,42	3,52	3,42
Cukor	4,05	4,05	4,05	4,05
AMEn baromfi, MJ/kg	12,47	12,47	12,38	12,47
Lizin	1,12	1,12	1,14	1,12
Metionin	0,497	0,497	0,501	0,497
Met.+Cisztin	0,84	0,84	0,85	0,84
Ca	1,08	1,08	1,1	1,08
P	0,89	0,89	0,91	0,89
Na	0,15	0,15	0,15	0,15

* beltartalmi értékei: 1,81% lizin, 3,56% metionin, 3,66 met+cisztin, 0,16% treonin, 0,08% triptofán, 16,4% kalcium, 7,77% foszfor, 7,14% értékesíthető foszfor, 3% nátrium, 1208 mg/kg vas, 2013 mg/kg mangán, 241 mg/kg réz, 1409 mg/kg cink, 4 mg/kg selén, 20 mg/kg jód, 243000 NE/kg A-vitamin, 60750 NE/kg D₃-vitamin, 810 NE/kg E-vitamin, 60 mg/kg K₃-vitamin, 60 mg/kg B₁-vitamin, 141 mg/kg B₂-vitamin, 101 mg/kg B₆-vitamin, 0,5 mg/kg B₁₂-vitamin 243 mg/kg pantoténsav, 810 mg/kg niacin, 8050 mg/kg kolinklorid

A befejező táp összetétele és táplálóanyag tartalma (%)

Összetétel	Kezelés			
	1.	2.	3.	4.
Kukorica	56	56	56	56
Búza	9	9	9	9
E. szója 46%	27	27	27	27
Szójaolaj	—	—	3	—
Napraforgóolaj	—	3	—	—
Lenmagolaj	—	—	—	3
Sertészsír	3	—	—	—
*Br. befejező 5%	5	5	5	5
Táplálóanyagtartalom				
Szárazanyag	89,04	89,04	88,79	89,04
Nyersfehérje	18,97	18,97	18,56	18,97
Nyerszsír	5,74	5,74	5,7	5,74
Nyersrost	2,97	2,97	3,19	2,97
Nyershamu	2,34	2,34	2,39	2,34
Cukor	3,48	3,48	3,48	3,45
AMEn baromfi, MJ/kg	13,09	13,09	13,04	13,09
Lizin	0,96	0,96	0,96	0,96
Metionin	0,42	0,42	0,42	0,42
Met.+Cisztin	0,75	0,75	0,75	0,75
Ca	0,81	0,81	0,83	0,81
P	0,66	0,66	0,68	0,66
Na	0,14	0,14	0,14	0,14

* beltartalmi értékei: 0,28% lizin, 2,27% metionin, 2,42 met+cisztin, 0,23% treonin, 0,11% triptofán, 14,7% kalcium, 6,05% foszfor, 5,40% értékesíthető foszfor, 2,8% nátrium, 1208 mg/kg vas, 2013 mg/kg mangán, 241 mg/kg réz, 1409 mg/kg cink, 4 mg/kg selén, 20 mg/kg jód, 162000 NE/kg A-vitamin, 40500 NE/kg D₃-vitamin, 540 NE/kg E-vitamin, 40,5 mg/kg K₃-vitamin, 40,5 mg/kg B₁-vitamin, 94,5 mg/kg B₂-vitamin, 67,5 mg/kg B₆-vitamin, 0,33 mg/kg B₁₂-vitamin 162 mg/kg pantoténsav, 540 mg/kg niacin, 6020 mg/kg kolinklorid

3.1.2. Nevelési és vágási vizsgálatok

A kísérletben hetente egyedileg mértük az állatok súlyát, valamint fülként a takarmányfogyasztást. Az állatok súlyát 4. hetes korig g-os, míg 4 hetes kor után dkg pontossággal mértük. Az elfogyasztott takarmányt a súlyméréssel egyidőben mértük dkg pontossággal. Az elhullások idejét, okát, valamint a hullák súlyát rögzítettük.

A hízalás végén vágóhídi próbavágásra került sor. Ekkor ismétlésekként 12 véletlenszerűen kiválasztott, tehát összesen 240 csirkét vágunk le. Kopasztás és zsigereles után a fejet és a lábakat eltávolítottuk. A belső szervek és az abdominális zsír eltávolítása a béltraktusról kézzel történt. A zsigeri szervek közül a máj, a szív és a tüdő tömegét mértük. Ezután a grilltömeget mértük és az élőtömeg ismeretében számítottuk ki a vágási kihozatalt. Az állatok darabolása után megmértük a csontos melleket, és a combokat. A darabolást, a hibák csökkentése érdekében ugyanazon gyakorlott személy végezte. A próbavágás során a mérésekhez 0,01 g-os mérleget használtunk.

3.1.3. Laboratóriumi húsvizsgálatok

Laboratóriumi húsvizsgálatra a hízalási periódus végén kezelésként 10, tehát összesen 40 brojletet vágunk le. Vizsgálatainkhoz a mellhúst használtuk fel. A pH, az összes pigmenttartalom, valamint a tiobarbitursav szám meghatározása az Országos Húsipari Kutatóintézetben (OHKI, Budapest) történt. A kémiai és a zsírsavösszetétel vizsgálata az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézetben (ÁTK, Herceghalom) történt.

3.1.3.1. A pH meghatározása

A hús pH-ját a vágást követő 40. percben és a 24. órában mértük, a felületes mellizom (*musculus pectoralis superficialis cranialis* és *caudalis*) alsó (2. pont) és felső (1. pont) felében. A méréshez szűrőszondás pH mérőt (wtw 330-as készülék, Sentix Sp elektród) használtunk, amit mind a két esetben, a hús maghőmérsékletének, és a várható pH-nak megfelelően félóránként kalibráltunk.

3.1.3.2. Kémiai összetétel meghatározása

A kémiai összetétel meghatározása a Magyar Szabvány idevonatkozó előírásai alapján történt.

A szárazanyag és víztartalom meghatározásához a friss húsmintákat ledaráltuk és homogenizáltuk. Az így előkészített 5g-os mintákat 105 °C hőmérsékletű szárítószekrényben tömegállandóságig szárítottuk (20 óra), majd exikátorban történő kihűlés után visszamértük. A kapott adatokból tömeg % -ban fejeztük ki a szárazanyag

és víztartalmat (MSZ 5874/4:1980).

A hamutartalom meghatározásához is 5g-os mintákat használtunk. A mintát izzítótégelybe raktuk, majd 1 cm³ magnézium acetát oldatot adtunk hozzá. A hevítést követően izzítókemencébe helyeztük, és 6 órán keresztül, 550 °C hőmérsékleten izzítottuk. A mérés exikkátorban történő kihülés után történt. A visszamért tömegből levontuk a magnézium-acetátból keletkezett magnéziumoxid tömegét (MSZ 5874/3:1979). Az eredményeket tömeg % -ban fejeztük ki.

A zsírtartalom megállapításához a szárazanyagtartalom meghatározásához kiszáritott anyagot használtuk, melyet Soxhlet készülékbe helyeztünk és 6 órán át petroléteres extrakciót végeztünk (MSZ 5874/2:1979). Az eredményeket tömeg % -ban fejeztük ki.

A fehérjetartalom meghatározásához, a homogenizált mintákhoz 5 g kálium-szulfátot és 0,3 g réz-szulfátot adtunk, és ezeket Kjeldahl-lombikba raktuk. Erre cc. kénsavat mértünk, majd az elegyet forraltuk. Lehűlés után 30%-os hidrogén peroxidot adtunk a lombik tartalmához, melyet az oldat kitisztulásáig forraltuk. Így a minta nitrogén tartalma ammónium ionná alakult. Az ionos formában kötött ammóniát feleslegben adott lúggal felszabadítottuk, majd az oldatból kidesztilláltuk és bórsavban nyelettük el. Ezután a minta kénsavval közvetlenül titrálható volt, és a nitrogéntartalom 6,25-tel szorozva megadta a minta összes nyersfehérje tartalmát (MSZ 6830/8:1978).

3.1.3.3. Az összes pigmenttartalom meghatározása

A friss húsmintában lévő komponensekből (mio- és hemoglobin, valamint származékai) a vasat szerves oldószerrel extraháltuk, és a kapott vas-hidroklorid mennyiségét spektrofotometriásan (530 nm) meghatároztuk (Hornsey, 1956). A méréshez Spektrofotometer VSU2-R CARL-ZEISS JENA műszert használtunk.

3.1.3.4. A tiobarbitursav szám meghatározása

A tiobarbitursav szám meghatározása Pikul et al. (1989) módszere alapján friss húsból történt. Kémcsőbe 4 g aprított húst mértünk, ehhez 0,75 ml butiro-hidroxitoluol (BHT) etanos oldatát és 5 ml 4%-os hideg perklórsavat adtunk, majd ultra-Turrax-szal (20 sec) homogenizáltuk. Ezt követően ismét 5 ml 4%-os hideg perklórsavat adtunk hozzá és ismét homogenizáltuk. Ha szükséges volt az

ultra-Turrax-ot 3 ml desztillált vízzel mostuk, és ezt is a mintához adtuk. Az így előkészített mintát Whatman N^o 1 szűrőpapíron átszűrtük, majd a 4%-os hideg perklórsavval 20 ml-re egészítettük ki (Ha a szűrlet zavaros lett, ismételten szűrtük, ha ekkor sem tisztult, akkor megismételtük a mintaelőkészítést). Az így kapott szűrletből 5 ml-t dugós kémcsőbe mértünk, és ehhez 5 ml 0,02 mólos tiobarbitursavat adtunk. Elegyítést követően a mintákat 1 órára 80 °C-os vízfürdőbe tettük. A vízfürdőt követően, 10 percig, csapvízben hűtöttük. A hűtés után, vakminta ellenében, 532 nm hullámhosszon spektrofotometrálunk. A méréshez használt műszer: Spektrofotometer VSU2-R CARL-ZEISS JENA volt. A mért értékekből a következő képlet segítségével számoltuk a TBARS értéket:

$$\text{MDA tartalom (mg/kg)} = 4,83 / A * X$$

ahol:

A : a méréshez használt kivetta mérete

X : a mért érték

3.1.3.5. A színmérés

A hús színét CIE L*a*b* színrendszerben mértük. Ez a rendszer minden színt három értékkel jellemez, ahol az L* a világosságot, az a* a vörös-zöld színösszetevők, míg a b* a sárga-kék színösszetevők számszerűsített értékét adja meg (CIE, 1976.). A mérést a mellfilé (felületes mellizom; *m. pectoralis superficialis*) három felületi pontján mértük. Minden mérési helyen 3-szor mértünk és a három mérés számtani átlaga adta a mérési értéket. Az első mérést a hús átpirosodása után friss húsból, a további méréseket a 4. és a 8. napon végeztük. A mérések között a mintákat polietilén fóliával lezárt tégelyekben, 4°C-on, fluoreszcensz (950 lux) fény alatt tároltuk. A használt műszer: Minolta Chroma Meter CR-300 (Gyártási hely: Japán), diffúz megvilágítás, D65 fényforrás, 0° nézőszög, 8 mm átmérőjű mérési felület.

3.1.3.6. A zsírsavösszetétel meghatározása

A mintaelőkészítés során a vizsgált szövetek zsírtartalmát extraháltuk. Ehhez a mérendő izommintából 1g-ot bemértünk, hozzáadtunk 5g vízmentes natrium-szulfátot, amely segítségével dörzsmozsárban homogenizáltuk az izmot. Az így eldörzsölt

izommintát áttettük egy főzőpohárba és hozzáöntöttünk 40ml kloroform-metanol 2:1 arányú oldószerkeletet (Folch extrakció). Egy napig állni hagytuk, majd másnap, szűrést és utánaöblítést követően, 10ml 0,9%-os konyhasóoldattal extrahálótölcsérben megmostuk, vízmentes nátrium-szulfáttal megszáritottuk, szűrtük, majd bepároltuk. Az előző módszerrel nyert zsírt 6ml 0,5 mólos metanos nátrium-hidroxid oldattal, 90 °C vízfürdőn, elszappanosítottuk. Ehhez hozzáadtunk 6ml 14%-os metanos bór trifluorid oldatot, ami az elszappanosított zsírt (zsírsav-nátrium só) zsírsav-metilészterre alakítja (vízfürdő). 3,5ml hexán hozzáadása után az elegyet fél percig forraltuk, majd lehűlés után, 4ml telített konyhasóoldatot adtunk a rendszerhez és vortexeltük. Néhány perc állás után, a felső hexános fázisból, egy mintatartó edénybe vittünk át pipettával kb. 1ml-t. Az így kapott minták zsírsavösszetételét gázkromatográffal mértük.

Gázkromatográfias körülmények:

Oszlop: CP SIL 88, 50mx0,25mmx0,20mikrométer

Gázkromatográf: Shimadzu GC-2010

Oszlop hőfokprogram: 80-205 °C-ig 1,7 °C /perc

205-225 °C-ig 10 °C /perc

225 °C-on 20 perc

Injektált térfogat: 2 mikroliter

Injektor hőmérséklete: 270 °C

Detektor hőmérséklete: 300 °C

Lineáris áramlási sebesség: 20,3 cm/sec

Hidrogén áramlási sebesség: 45 ml/perc

Levegő áramlási sebesség: 450 ml/perc

Hélium áramlási sebesség: 30 ml/perc

3.1.3.7. Az érzékszervi bírálat

A próbavágást követően, az OHKI-ban került sor az organoleptikus vizsgálatokra. Kezelésként két különböző módon készítettük elő a mintákat. A szárnyat 220 °C-on, olaj hozzáadása nélkül sütöttük meg, míg a maradék részekből „erőlevest” (fűszerek hozzáadása nélkül) készítettünk. A vizsgálatban résztvevő személyek valamennyien gyakorlattal rendelkeztek. A bírálat a 7. táblázatban felsorolt szempontok alapján történt. A vizsgálatban résztvevő személyek a kezeléseket nem ismerték.

Az érzékszervi bírálat szempontjai

Szárnyhús	Erőleves
Omlósság (1 rágós – 5 nagyon puha)	Szín (1 jellegtelen – 5 szép húsleves)
Illat (1 kellemetlen – 5 kellemes)	Tisztaság (1 zavaros – 5 kristálytisza)
Íz, zamat (1 gyenge jellegtelen – 5 erős jellegzetes)	Illat (1 kellemetlen – 5 kellemes)
Íz intenzitása (1 gyenge – 5 erős)	Íz, zamat (1 gyenge jellegtelen – 5 erős jellegzetes)
Idegen íz (1 erős – 5 nincs mellékíz)	Idegen íz (1 erős – 5 nincs mellékíz)
Összbenyomás (rangsor 1–4)	Összbenyomás (rangsor 1–4)

3.2. Második kísérlet

Az első kísérlet tapasztalatai kimutatták, hogy a lenmagolaj a hús érzékszervi tulajdonságait rontja. Ezért a második kísérletben a takarmányba kevert lenmagolaj egy részét, más szintén kedvező zsírsavösszetételű olajjal helyettesítettük, hogy ezt a kedvezőtlen hatást kiküszöböljük. Az így összeállított takarmányt vizsgáltuk az etetési idő függvényében. A hizlalási kísérlet végén az előállított húst ismét részletes technológiai, érzékszervi és táplálkozás élettani minőségi vizsgálatoknak vetettük alá.

3.2.1. Kísérleti állatok és elhelyezésük

A második kísérletben szintén Ross-308-as kakas csibéket használtunk, a helyszín, hasonlóan az első kísérlethez, a Debreceni Egyetem Teszttelepe volt a 3.1.1. pontban leírtakkal megegyező módon.

3.2.2. Kezelések

Ebben a kísérletben, a 3.1.2. fejezetben leírtakhoz hasonlóan 4x5x60 kísérleti elrendezést alkalmaztunk. Ennek megfelelően 4 kezelést alakítottunk ki, mindegyiket öt ismétlésben. A kezeléseket, a két kísérlet jobb együttes áttekinthetősége

érdekében 5-8 (folyamatos) sorszámmal jelöltük. A kísérlethez háromfázisos takarmánysort készítettünk. Az 5. kezelés végig napraforgóolaj kiegészítést tartalmazó, a 8. kezelés pedig végig a kísérleti olajkeveréket tartalmazó („funkcionális”) tápot fogyasztotta. A 6. kezelésben az indító és a nevelő, a 7. kezelésben az indító takarmány, az 5. kezelésben etetett takarmányokkal egyezett meg, míg a többi időszakban a 8. kezelésben adottal. A 8. táblázat a takarmányozási tervet, valamint a takarmányok n-6/n-3 zsírsavarányát mutatja. Az indító szakasz a nevelés 21. napjáig, a nevelő 35. napjáig a befejező pedig a vágásig (42. nap) tartott.

8. táblázat

Takarmányozási terv és az n-6/n-3 zsírsavak aránya

Takarmány	„5” kezelés	„6” kezelés	„7” kezelés	„8” kezelés
Indító	0 (20:1)	0 (20:1)	0 (20:1)	X (2:1)
Nevelő	0 (18:1)	0 (18:1)	X (2,2:1)	X (2,2:1)
Befejező	0 (19:1)	X (2,2:1)	X (2,2:1)	X (2,2:1)

0 = takarmány napraforgóolaj kiegészítéssel; X = takarmány kísérleti olajkeverék kiegészítéssel; (zárójelben n-6/n-3)

Az etetett takarmányok energia és fehérjetartalmukban megegyeztek, az egyetlen különbség a zsírsavforrásban volt. Míg a kontroll takarmányban napraforgó olajat használtunk, addig a kísérletiben, egy általunk összeállított len- és repcemag olajból álló keveréket. A 9. táblázat az olajok mért zsírsavösszetételét, a 10. táblázat a takarmánykeverékek összetételét és számított táplálóanyagtartalmi paramétereit tartalmazza.

A második kísérletben használt olajok zsírsavösszetétele (g/100g zsírsav)

Zsírsavak	Kísérleti (len-repce olajkeverék)	Kontroll (napraforgóolaj)
C14:0 Mirisztinsav	0,05	0,08
C15:0 Pentadekánsav	0,01	0
C16:0 Palmitinsav	6,71	5,85
C17:0 Heptadekánsav	0,05	0,04
C18:0 Sztearinsav	2,81	3,24
C20:0 Arachidsav	0,18	0,24
C22:0 Behénsav	0,15	0,66
C24:0 Lignocerinsav	0,05	0,23
SFA	10,00	10,34
C16:1 Palmitoleinsav	0,22	0,08
C18:1n9 Olajsav	30,51	25,07
C20:1 Eikozénsav	0,11	0,14
MUFA	30,84	25,29
C18:2n6 Linolsav	32,58	64,21
C18:3n3 α -Linolénsav	26,51	0,1
C22:6 Dokozahexaénsav	0,05	0,05
PUFA	59,14	64,36

3.2.3. Nevelési és vágási vizsgálatok

A hizlalási periódus alatt felvett és számított adatok köre megegyezett a 3.1.3. fejezetben leírtakkal.

Az állatok vágása a 42. napon történt. Kezelésenként 12 állatot vágunk és a további vizsgálatok alapját ez képezte. A vágás körülményei és az elvégzett vizsgálatok megegyeztek az 3.1.3. fejezetben leírtakkal.

A funkcionális és a kontroll takarmány összetétele és táplálóanyag tartalma (%)

Összetétel	Indító		Nevelő		Befejező	
	kísérleti	kontroll	kísérleti	kontroll	kísérleti	kontroll
Kukorica	50,5	50,5	45,3	45,3	50,8	50,8
E. szója 46%	40,0	40,0	32,2	32,2	30,4	30,4
Búza takarmányliszt	1,6	1,6	14,3	14,3	10,6	10,6
Tak.mész	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5
MCP	1,5	1,5	1,8	1,8	1,7	1,7
NaCl	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
DL-metionin	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
*Br. ind-nev. 0,5%	0,5	0,5	0,5	0,5	0,0	0,0
**Br. befejező 0,5%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5
Napraforgóolaj	0,0	4,0	0,0	4,0	0,0	4,0
Kísérleti olaj	4,0	0,0	4,0	0,0	4,0	0,0
Táplálóanyagtartalom						
Szárazanyag	88,0	88,0	88,0	88,0	88,0	88,0
Nyersfehérje	22,8	22,8	20,9	20,7	19,9	19,8
Nyerszsír	6,3	6,3	6,5	6,6	6,5	6,6
Nyersrost	3,7	3,6	3,6	3,5	3,5	3,4
Nyershamu	6,6	6,5	6,9	6,8	6,8	6,7
Cukor	4,4	4,4	4,4	4,4	4,1	4,1
AMEn baromfi, MJ/kg	12,6	12,7	12,7	12,7	12,8	12,8
Lizin	1,3	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1
Metionin	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6
Met.+Cisztin	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
Ca	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1
P	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Na	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

* beltartalmi értékei: 25,74% metionin, 25,74 met+cisztin, 13,86% kalcium, 12009 mg/kg vas, 20015 mg/kg mangán, 2401 mg/kg réz, 14010 mg/kg cink, 40 mg/kg selén, 200 mg/kg jód, 2403000 NE/kg A-vitamin, 600750 NE/kg D₃-vitamin, 8010 NE/kg E-vitamin, 600 mg/kg K₃-vitamin, 600 mg/kg B₁-vitamin, 1400 mg/kg B₂-vitamin, 1001 mg/kg B₆-vitamin, 5 mg/kg B₁₂-vitamin 2403 mg/kg pantoténsav, 200 mg/kg folsav, 8010 mg/kg niacin, 100030 mg/kg kolinklorid

** beltartalmi értékei: 19,80% metionin, 19,80 met+cisztin, 22,39% kalcium, 12008 mg/kg vas, 20015 mg/kg mangán, 2401 mg/kg réz, 14010 mg/kg cink, 40 mg/kg selén, 200 mg/kg jód, 2003400 NE/kg A-vitamin, 500850 NE/kg D₃-vitamin, 6678 NE/kg E-vitamin, 500 mg/kg K₃-vitamin, 500 mg/kg B₁-vitamin, 1168 mg/kg B₂-vitamin, 834 mg/kg B₆-vitamin, 4 mg/kg B₁₂-vitamin 2003 mg/kg pantoténsav, 167 mg/kg folsav, 6678 mg/kg niacin, 60060 mg/kg kolinklorid

3.2.4. Laboratóriumi húsvizsgálatok

A pH mérés, az összpigmenttartalom, a kémiai összetétel, és a TBARS meghatározás módszere megegyezett a 3.1.4. pontban leírtakkal. Ezeket a vizsgálatokat comb- és mellhúsból egyaránt elvégeztük. A pH-t az alsó (comb 1: *musculus gastrocnemius*) és a felső (comb 2: *musculus iliotibialis*) combban is mértük.

Mivel a vizsgált húsrészek nem voltak homogének a kémiai és a fizikai tulajdonságok tekintetében, ezért a pH mérést követően minden egyes húsrészt egyneműsítettünk darálás (3 mm-es tárcsaméret) után. Az egyneműsített minták egy részét a kémiai összetétel és a zsírsavösszetétel meghatározásáig $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on légmentesen lezárt állapotban tároltuk. További részekből határoztuk meg az összpigment tartalmat, és a kezdeti TBARS értékeket. Az egyedi minták másik részét pedig polietilén tasakban 6 hónapig $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on tároltuk. Minden kezelés esetében egyesítettük az egyedi minták maradékát, az így nyert négy átlagminta felét frissen, másik felét fagyaszttva tárolást (polietilén tasakban 6 hónap, $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) követően használtuk fel a húspogácsa modell készítéséhez. A húspogácsák vizsgálata az alábbiak szerint történt:

A mintákat 1% konyhasóval elkevertük, majd egy nap állás után végeztük el az első mintavételeket. A második nap 100g-os pogácsákat formáztunk a mintákból, amelyeket alufóliába csomagoltuk, és kontakt grillben, $74\text{ }^{\circ}\text{C}$ maghőmérsékletig sütöttük. A második mintavétel a sütés után történt. Ekkor a minták egyik részét vákumcsomagolásban 6 hónapra lefagyasztottuk. A másik részüket, pedig 4 napig hűtőben tároltuk, majd ismét vizsgáltuk az avasodás mértékét. A fagyasztott húspogácsák vizsgálati módszere megegyezett a frissével. Felengedés után a mintákat 1% konyhasóval kevertük össze. Egy nap állás után végeztük az első mintavételeket. Ezt követően megsütöttük a mintákat. A sütés módszere megegyezett az előbb említettel. A sült mintákat 3 napon keresztül hűtőben tároltuk, majd a hideg húsból meghatároztuk a TBARS értéket. A hűtőből kivett minták másik részét mikrohullámú sütőben, 900 W teljesítménnyel 1 percig melegítettük és ekkor újra meghatároztuk a malondialdehid tartalmat.

A friss minták vizsgálatok közötti tárolása $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on, 24 órás periodikus fluoreszcenz (950 lux) megvilágítást mellett történt. A fagyasztóból kivett mintákat $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hűtőben, kíméletesen engedték fel. A friss minták TBARS értékeit a tárolás, és a felengedés utáni 1. és 8. napon vizsgáltuk.

3.2.4.1. Színmérés

Az első kísérlethez képest, a színmérési vizsgálatok körét kibővítettük. Az első kísérlettel ellentétben itt az egyedi mintákból 35-35g darált húst PVC dobozokba tettünk, melyeket párazáró oxigén áteresztő fóliával zártunk le. Egy nap sötétben tárolást (4⁰C-on) követően kezdtük el a színmérést (t₀). Ezt követően naponta mértük a comb és a mellmintákat, 10 napon keresztül. A tárolás körülményei és a mérés módszere megegyezett az első kísérletben leírtakkal.

3.2.4.2. A zsírsavösszetétel meghatározása

A zsírsavanalíziseket mellhúson kívül elvégeztük a combhús, a bőralatti és az abdominális zsír nyers mintáiból is.

Az 5. és 8. kezelés combhúsából ismételten mintákat vettünk, és további vizsgálatoknak vetettük alá, ahol frissen, és különböző konyhatechnikai eljárások után is vizsgáltuk a zsírsavösszetételt. Két hőkezelési módszert alkalmaztunk:

- „mikrohullámú” módszer: a mintákból 50 g-os gombócokat formáztunk, melyeket 700 W-os teljesítményen, 5 percig sütöttünk (96⁰C-os maghőmérsékletig).
- „grill” módszer: az 50 g-os gombócokat alufóliába csomagolva 240⁰C-ra előmelegített sütőbe helyeztük, és mindkét oldalát megközelítőleg 3-3 percig sütöttük (75⁰C-os maghőmérsékletig)

A mintákat ezután dörzsmozsárban homogenizáltuk, és az így kapott anyagból elvégeztük a zsírsavanalíziseket. A mérés módszere megegyezett a 3.1.4.6. pontban leírtakkal.

3.2.4.3. Érzékszervi bírálat

Az organoleptikus vizsgálatához a húsmintákat ledaráltuk és 1 tömeg %-nyi konyhasóval összekevertük. Ezt követően 100 g-os gombócokat formáztunk, és alufóliába csomagoltuk. A gombócokat grillsütőbe helyeztük és 75⁰C-os maghőmérsékletig sütöttük. Az első vizsgálatra közvetlenül sütés után került sor. Ezt követően a gombócokat 4⁰C-os hűtőbe helyeztük, ahol 4 napig tároltuk. Tárolás után újra elvégeztük az érzékszervi bírálatot. A résztvevő személyek valamennyien

gyakorlattel rendelkeztek, és nem ismerték a minták jelölését. A bírálati lapot az 1. számú melléklet tartalmazza.

3.3. Az alkalmazott statisztikai módszerek

A kapott eredmények értékelése SPSS for Windows 13.0 programcsomag segítségével történt. A kezelések közti különbségek kimutatására egy- és kéttényezős varianciaanalíziseket végeztünk. A szignifikáns differenciát Tukey szerint $P < 0,05$ szinten állapítottuk meg.

4. EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA

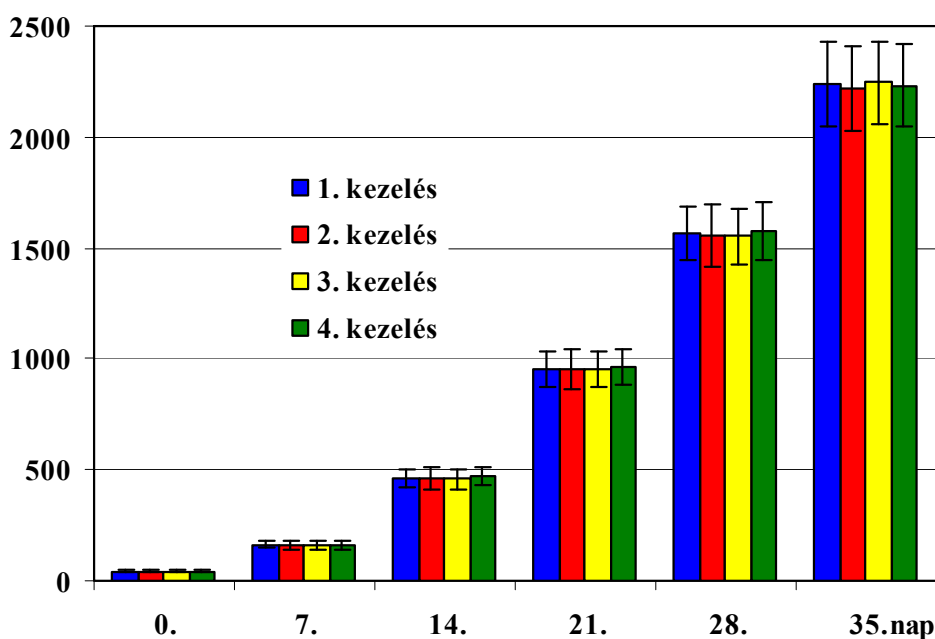
4.1. Első kísérlet

4.1.1. Termelési eredmények

A termelési eredmények a 8. ábrán, valamint a 14. mellékletben láthatók. Méréseink szerint a letelepített napocsibék súlya között különbség nem volt. Az első hét végére a kezelések között még nem találtunk szignifikáns különbséget. A kísérlet 14. napján elvégzett mérések a 4. kezelés (lenmagolaj kiegészítés) előnyét mutatták a másik három csoporthoz képest. Ez az előny a harmadik hét végére is megmaradt. Az 1. és 2. kezelés szárnyasai az ötödik mérésre behozták az élősúlybeli lemaradásukat. A 3. kezelés egyedei, csak elenyésző mértékben ugyan, de továbbra is a legkisebb élősúlyúak voltak, azonban a hizlalási periódus végére ezek a különbségek elhalványultak, és statisztikailag igazolható különbséget nem találtunk a kezelések közt. A 35. napra valamennyi kezelés élősúlya meghaladta a 2200 g-ot, ami kiemelkedő eredmény. Összességében az állatok a ROSS-308-as technológia elvárásainak megfelelően fejlődtek, és egyik csoport esetében sem tapasztaltunk szétnövést, indokolatlan elhullást, fejlődési rendellenességet.

8. ábra

A kezelésenként mért átlagos testsúlyok (g)



A 11. táblázat a kieséssel korrigált takarmányhasznosítási eredményeket, valamint a göngyöltett elhullást tartalmazza. A fajlagos takarmányhasznosítás (FCR) eredményeiből látható, hogy az első héten a kezelések között különbség nem volt. A második héten a legjobb eredményt a lenmagolaj kiegészítést fogyasztó (4. kezelés) brojlerok produkálták. Ettől szignifikánsan gyengébben szerepeltek a napraforgóolaj kiegészítést fogyasztók (2. kezelés). A harmadik heti FCR értékek közt ismét nem volt különbség. A negyedik héten újra a 2. kezelés hozta a leggyengébb eredményt, most azonban a nem a 4. kezelés, hanem a 3. (szójaolajat tartalmazó kezelés) volt a legjobb. Ezt a kedvező FCR értéket a 3. kezelés az utolsó héten is megtartotta. A 4. kezelés, amely a 2. héten a legjobban teljesített hozta a leggyengébb eredményt ebben a szakaszban. A teljes hizlalási periódus alatt 1,7 kg/kg körüli FCR értékeket kaptunk valamennyi kezelésben, a szójaolajat tartalmazó kezelés látszólag jobb eredményét statisztikailag nem tudtuk igazolni.

11. táblázat

A hetenkénti fajlagos takarmányhasznosítás (kg/kg) és az összes elhullás (%)

	1. kezelés		2. kezelés		3. kezelés		4. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
1.hét	0,88 ^a	0,074	0,85 ^a	0,089	0,94 ^a	0,082	0,87 ^a	0,075
2.hét	1,35 ^{ab}	0,057	1,40 ^a	0,058	1,35 ^{ab}	0,053	1,30 ^b	0,074
3.hét	1,48 ^a	0,024	1,44 ^a	0,071	1,44 ^a	0,042	1,47 ^a	0,080
4.hét	1,83 ^{ab}	0,082	1,88 ^a	0,046	1,79 ^b	0,040	1,82 ^{ab}	0,060
5.hét	2,22 ^{ab}	0,123	2,24 ^{ab}	0,110	2,10 ^b	0,127	2,31 ^a	0,179
1-5.hét	1,72 ^a	0,046	1,73 ^a	0,040	1,68 ^a	0,028	1,72 ^a	0,051
Elhullás	4,67		3,67		2,67		5,00	

Statisztikai próba: ANOVA a,b: a sorokban lévő szignifikáns különbségek (P<0,05) n=5/kezelés

4.1.2. A vágóhídi vizsgálatok eredményei

A hízlalás vágási vizsgálattal zárult, és a 12. táblázat az ott megállapított értékek átlagát tartalmazza. Jól látható, hogy sem a véletlenszerűen kiválasztott brojlerok élősúlyában, sem a grillsúlyban a kezelések között eltérés nincs. Az értékes húsrészek mennyiségében abszolút mértékben is kevesebb, mint 7g eltérést találtunk, ez a különbség olyan kicsi, hogy még a nagy elemszám ellenére sem igazolható statisztikailag a különbség.

A zsigeri szervek vizsgálatokor viszonylag nagy szórásértékeket kaptunk, de ennek ellenére bizonyítható volt néhány különbözőség. A 4. kezelés brojlereinek mája kisebb volt, mint az 1. és 2. kezelésé. Az 1. és 4. csoport közt jelentős, mintegy 15% -os (9,7g) különbség volt. A szív és a tüdő méretében nem tapasztaltunk különbséget. A vesék súlyát tekintve a 2. és 3. kezelés jelentette a két szélső értéket, és közöttük jelentős különbség volt, azonban a nagy szórásértékek miatt ezeket az eredményeket fenntartásokkal kell kezelni. Az abdominális zsír az 1. kezelésben volt a legtöbb és ennél szignifikánsan kevesebb volt a 3. és 4. kezelés egyedeiben.

12. táblázat

A vágóhídi vizsgálatok eredményei (g)

	1. kezelés		2. kezelés		3. kezelés		4. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
élősúly	2631,50 ^a	315,840	2770,01 ^a	243,720	2686,30 ^a	177,460	2697,22 ^a	160,520
grillsúly*	1577,56 ^a	193,073	1578,24 ^a	103,428	1568,21 ^a	138,153	1574,54 ^a	135,575
mellsúly	555,34 ^a	70,363	556,73 ^a	51,675	552,98 ^a	52,939	549,68 ^a	56,640
combsúly	499,56 ^a	64,075	498,73 ^a	32,966	500,25 ^a	50,687	497,89 ^a	47,173
máj súlya	71,13 ^b	8,701	67,37 ^b	8,117	64,16 ^{ab}	6,934	61,37 ^a	10,457
szív súlya	13,81 ^a	1,711	13,02 ^a	1,798	12,25 ^a	1,611	12,86 ^a	1,971
vese súlya	4,61 ^{ab}	1,527	3,71 ^a	1,041	5,03 ^b	1,381	4,05 ^{ab}	0,954
tüdő súlya	12,24 ^a	2,114	12,33 ^a	1,456	12,62 ^a	2,588	12,05 ^a	1,274
abd. zsír	24,58 ^b	3,533	21,55 ^b	9,241	9,39 ^a	3,062	12,66 ^a	3,018

Statisztikai próba: ANOVA a,b: a sorokban lévő szignifikáns különbségek (P<0,05); * a zsigerelt test fej és láb nélkül; n=60/kezelés

4.1.3. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei

4.1.3.1. A takarmányok zsírsavösszetétele

A 13. táblázat adatai mutatják, hogy az általunk kialakított tápsorok mindhárom fázisát hasonló SFA/MUFA/PUFA arányok jellemezték. A sertészsírt tartalmazó tápsort - várakozásainknak megfelelően - viszonylag magas SFA tartalom jellemezte. A nyers zsírban lévő PUFA tartalomhoz viszonyítva a kész takarmány PUFA tartalma magasabb volt, ennek oka, hogy a többi komponens (kukorica) olajtartalma módosította azt. Számításainknak megfelelően a 4. kezelés (lenmagolaj biztosította a 3% hozzáadott olajat) SFA tartalma volt a legalacsonyabb, és a PUFA tartalma pedig a legmagasabb. A 2. és 3. kezelés átmeneti értékeket képviselt. A linol- és α -linolénsav tartalom az 1. kezelésben volt a legkevesebb. A legmagasabb linolsav tartalom a 2. kezelésben volt, míg a 4. kezelés esetében az α -linolénsav tartalom több mint ötszöröse volt a másik három csoporténak. A takarmány teljes zsírsavanalíziseinek eredményeit a 2. melléklet tartalmazza.

13. táblázat

A kísérleti tápsorok mért zsírsavtartalma (g/100g zsírsav)

	Kezelések	SFA	MUFA	Linolsav	α -Linolénsav	PUFA
Indító	1.	22,76	31,88	36,83	7,81	45,35
	2.	13,02	25,85	59,40	1,61	61,14
	3.	15,50	22,65	56,33	5,41	61,84
	4.	12,09	20,63	40,32	26,83	67,28
Nevelő	1.	25,87	35,03	36,68	1,59	39,10
	2.	12,38	25,17	59,50	2,85	62,45
	3.	15,39	23,75	55,09	5,65	60,86
	4.	11,91	21,35	35,35	31,17	66,75
Befejező	1.	25,96	34,98	36,56	1,75	39,06
	2.	13,96	26,30	56,40	3,15	59,74
	3.	15,17	23,58	55,75	5,39	61,25
	4.	11,98	21,49	36,91	29,41	66,54

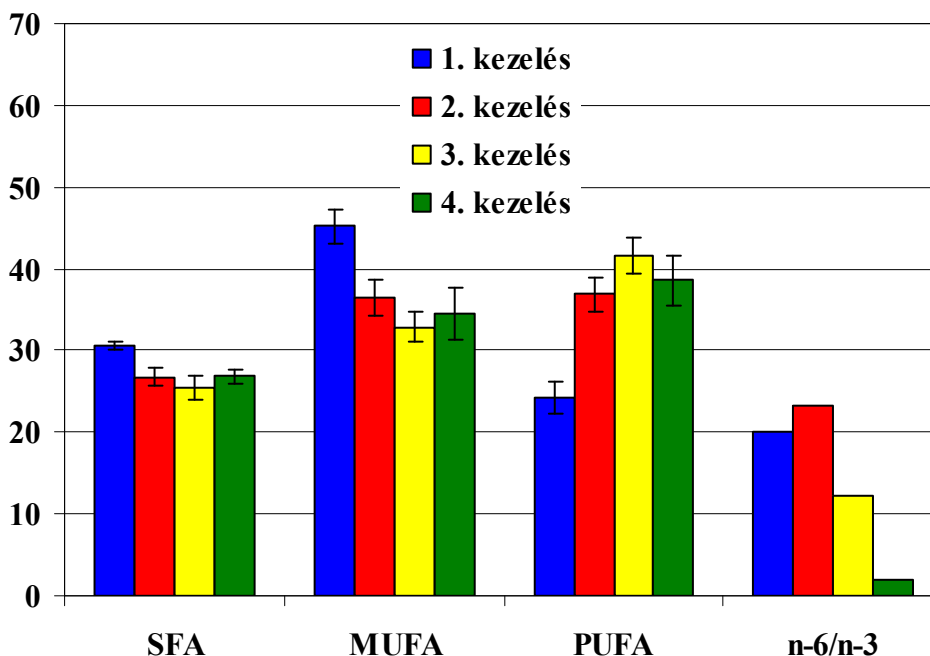
4.1.3.2. A húsminták zsírsavtartalma

A mellhús zsírsavösszetételét vizsgálva jelentős eltéréseket tapasztaltunk. A 9. ábra adataiból kitűnik, hogy a telítetlen zsírsavakat nagyobb arányban tartalmazó tápot fogyasztó állatok mellében megnőtt a táplálkozásélettani szempontból fontos, többszörösen telítetlen zsírsavak abszolút és relatív mennyisége egyaránt.

Az SFA az 1. kezelésben 30,59 g, míg a többi kezelésben megközelítően azonos (25,55–26,86 g) értékű volt, vagyis a sertészsír kiegészítést fogyasztóknál kb. 15%-kal nagyobb értéket kaptunk, mint a többi kezelésben. A MUFA ugyancsak a legtöbb (45,20 g) az 1. kezelésben és legkevesebb a szójaolajat fogyasztókban (32,90 g); a különbség megközelíti a 30%-ot. A többszörösen telítetlen zsírsavak aránya legkedvezőbb a szójaolajat tartalmazó takarmányt fogyasztó brojlerok mellmintájában (41,55 g) volt, ezt követte a lenmagolajat, ill. napraforgóolajat fogyasztó kezelés. A sertészsír hatására kapott PUFA érték kb. 40%-kal maradt el a 3. kezeléstől. Az adatok statisztikai elemzése a 14. mellékletben található.

9. ábra

A mellhúsok zsírsavtartalma (SFA, MUFA, PUFA: g/100g zsírsav)



Az esszenciális zsírsavösszetételt vizsgálva látható, hogy a linolsavtartalom több mint 50%-kal nőtt a 2. és 3. kezelésben a sertészsírt tartalmazó takarmányt

fogyasztókhöz képest. A lenmagolaj hatására a linolénsav tartalom változott, még pedig az 1. kezeléshez viszonyítva mintegy tízszeresére nőtt. A többi többszörösen telítetlen zsírsav közül még az eikozapentaénsav és a dokozahexaénsav mennyisége nőtt meg jelentősen ebben a kezelésben. Ezek az értékek jól követik a diétákban nyújtott különböző zsírforrásokban kimutatott zsírsavak előfordulását. (13. táblázat). A teljes zsírsavanalízis eredményeit a 3. számú melléklet tartalmazza.

4.1.3.3. A pH mérés eredményei

A pH₁ értékek mérési pontonként nem különböztek. Az 1. mérési ponthoz viszonyítva 2. pontban a 3. kezelés kivételével valamennyi kezelésben magasabb pH₁ értékeket mértünk. A két mérési pont közötti eltérés a 24. órára már csak az 1. kezelésben maradt meg. A kezelések hatását vizsgálva azt állapítottuk meg, hogy a 4. kezelés végső pH-ja volt a legmagasabb. A pH mérések eredményét az 14. táblázat tartalmazza.

14. táblázat

A pH vizsgálatok eredménye

	1. kezelés		2. kezelés		3. kezelés		4. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
pH(40 perces)								
1. mérési pont	6,44 ^{a*}	0,203	6,21 ^{a*}	0,318	6,34 ^{a*}	0,321	6,29 ^{a*}	0,192
2. mérési pont	6,59 ^{b*}	0,170	6,61 ^{b*}	0,278	6,42 ^{a*}	0,256	6,47 ^{b*}	0,218
pH(24 órás)								
1. mérési pont	5,70 ^{c*}	0,056	5,69 ^{c*}	0,128	5,70 ^{b*}	0,099	5,80 ^{c**}	0,120
2. mérési pont	5,77 ^{d*}	0,047	5,71 ^{c*}	0,078	5,70 ^{b*}	0,081	5,87 ^{c**}	0,161

Statisztikai próba: ANOVA a,b,c,d: az oszlopokban, *: sorokban lévő szignifikáns különbségek (P<0,05); n=10/kezelés

4.1.3.4. Kémiai összetétel

A mellmintákból elvégzett kémiai analízisek eredményét a 15. táblázat mutatja be. A 3. kezelés szárazanyag, nyersfehérje és nyerszsír tartalma meghaladta a többi kezelését, de a különbség statisztikailag nem igazolható. A minták hamutartalma közt számottevő különbséget találtunk. A legmagasabb hamutartalom a 4. kezelés mintáiban volt, ettől kevesebb volt a 3. kezelésnél, és ezeket követte közel azonos hamutartalommal az 1. és a 2. kezelés.

A mellhúsok kémiai összetétele (%)

	1. kezelés		2. kezelés		3. kezelés		4. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
Szárazanyag	28,06 ^a	2,334	28,21 ^a	1,714	28,82 ^a	1,932	28,09 ^a	1,718
Nyersfehérje	24,50 ^a	1,487	24,80 ^a	1,202	25,51 ^a	1,109	24,73 ^a	1,349
Nyerszsír	1,81 ^a	0,782	1,65 ^a	0,58	1,99 ^a	0,772	1,47 ^a	0,432
Hamu	1,26 ^a	0,052	1,26 ^a	0,041	1,32 ^b	0,051	1,39 ^c	0,067

Statisztikai próba: ANOVA a,b,c,d: a sorokban lévő szignifikáns különbségek ($P < 0,05$); $n=10$ /kezelés

4.1.3.5. Összes pigment tartalom

Az összes pigment tartalomban jelentős eltéréseket tapasztaltunk a kezelések közt (16. táblázat). A szignifikánsan legalacsonyabb értéket a 2. kezelés esetében kaptuk, a legmagasabbakat pedig az 1. és a 4. kezelésben.

A mellhúsok összes pigment tartalma (mg/g hús)

1. kezelés		2. kezelés		3. kezelés		4. kezelés	
\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
0,68 ^b	0,062	0,52 ^a	0,101	0,62 ^{ab}	0,103	0,69 ^b	0,049

Statisztikai próba: ANOVA a,b: a sorokban lévő szignifikáns különbségek ($P < 0,05$); $n=10$ /kezelés

4.1.3.6. Oxidációs elváltozások

A zsírsavak oxidációs átalakulásának számszerűsítésére a TBARS értéket használtuk. A kezelések TBARS változását megfigyelve jól látható, hogy az idő múlásával valamennyi esetben nőtt az oxidációs termékek mennyisége. Az 1. kezelésben egy intenzíven emelkedő első szakaszt egy lassabb növekedési szakasz követett. A 2. kezelés is hasonló tendenciát mutatott, csak ebben az esetben nem volt olyan éles törés a két szakasz között. A 3. kezelés változása kiegyensúlyozottabb volt, míg a 4. kezelést egy lassabb, de folyamatos változás jellemezte. Kezdetben a 4. kezelésnek volt a legalacsonyabb TBARS értéke. A negyedik napi mérésre ez a különbség eltűnt és csak az 1. kezelés tűnt ki igen magas értékeivel. A vizsgálat végén

mérve a legkevesebb bomlásterméket a 2. és a hozzá hasonló 4. kezelés produkálta. Ezeknél lényegesen magasabb értékeket mértünk a másik két kezelésben. A TBARS mérések eredményeit a 17. táblázat tartalmazza. Abszolút mértékben a 2. kezelés (ennek volt a legalacsonyabb az összes pigmenttartalma) változott a legkisebb mértékben.

17. táblázat

Oxidációs elváltozások a tárolás alatt (TBARS: MDA mg/kg hús)

nap	1. kezelés		2. kezelés		3. kezelés		4. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
1.	0,13 ^{a+}	0,016	0,14 ^{a+}	0,026	0,13 ^{a*}	0,037	0,10 ^{a*}	0,015
4.	0,29 ^{b*+}	0,017	0,22 ^{b*}	0,041	0,25 ^{b*}	0,025	0,20 ^{b*}	0,045
8.	0,32 ^{c+}	0,020	0,26 ^{b*}	0,050	0,33 ^{c*}	0,051	0,28 ^{c*}	0,029
Δ₁₋₈	0,19 [*]	0,023	0,12 ⁺	0,046	0,20 [*]	0,045	0,18 [*]	0,035

Statisztikai próba: ANOVA a,b,c: az oszlopokban, *,+: sorokban lévő szignifikáns különbségek (P<0,05); n=10/kezelés

4.1.3.7. A színmérés eredményei

A tárolás közben elvégzett színvizsgálatok eredményét a 18. táblázat, a varianciaanalízisek eredményét, pedig a 3. melléklet mutatja. A grafikonok alapján megfigyelhetjük, hogy mind a négy csoportban hasonló folyamatok mentek végbe. Míg az L* (világosság) a 4. napig emelkedett és utána csökkent, addig az a* és b* ezzel ellentétes változást mutatott. A tárolás kezdetén a húsok mért színe nem különbözött egymástól. A 4. napra az 1. és 2. kezelés esetében a b* (kék – sárga) értékeket meghaladták a másik két kezelését. A nyolcadik napra ez a különbség az 1. és 4. kezelés között kifejezettebbé vált, míg a 2. és 3. kezelés e kettő közt helyezkedett el.

A hús színének változása a tárolás alatt (CIE L*a*b*)

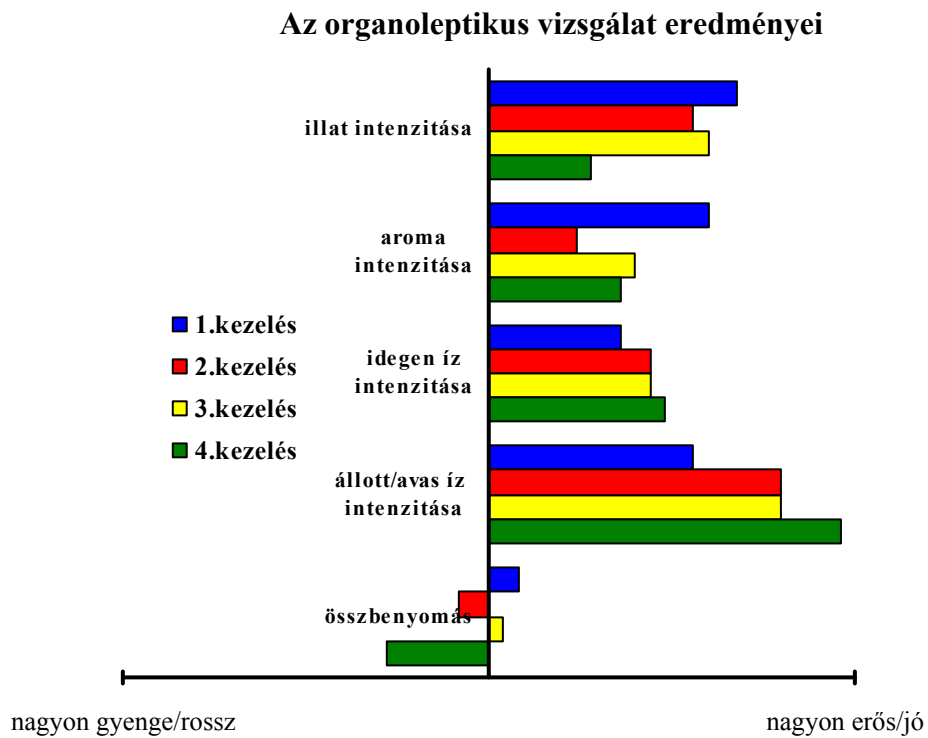
			1.nap	4.nap	8.nap
1. kezelés	L*	\bar{x}	49,17 ^{a*}	52,03 ^{b*}	47,84 ^{a*}
		sd	1,502	1,313	1,767
	a*	\bar{x}	2,5 ^{b*}	1,34 ^{a*}	1,59 ^{a*}
		sd	0,717	0,469	0,894
	b*	\bar{x}	7,26 ^{a*}	6,92 ^{a**}	7,75 ^{a**+}
		sd	1,237	1,350	1,443
2. kezelés	L*	\bar{x}	49,77 ^{a*}	53,28 ^{b*}	48,24 ^{a*}
		sd	1,833	1,628	1,767
	a*	\bar{x}	2,27 ^{b*}	1,08 ^{a*}	1,59 ^{a*}
		sd	0,539	0,329	0,389
	b*	\bar{x}	6,96 ^{a*}	5,92 ^{a**}	6,77 ^{a**+}
		sd	0,840	0,945	1,801
3. kezelés	L*	\bar{x}	50,47 ^{a*}	54,26 ^{b*}	48,22 ^{a*}
		sd	3,124	2,856	2,914
	a*	\bar{x}	2,34 ^{a*}	0,93 ^{a*}	2,09 ^{a*}
		sd	1,064	0,633	0,713
	b*	\bar{x}	6,62 ^{a*}	5,39 ^{a*}	6,59 ^{a**+}
		sd	1,320	1,135	1,750
4. kezelés	L*	\bar{x}	48,03 ^{a*}	52,63 ^{b*}	49,48 ^{a*}
		sd	2,112	1,566	2,020
	a*	\bar{x}	2,49 ^{b*}	1,23 ^{a*}	1,39 ^{a*}
		sd	0,915	0,501	0,763
	b*	\bar{x}	7,12 ^{b*}	5,55 ^{a*}	5,61 ^{a*}
		sd	1,041	0,730	1,173

Statisztikai próba: ANOVA a,b,c: a kezelések közti, *,+: a napok közti szignifikáns különbségek (P<0,05); n=10/kezelés

4.1.3.8. Az organoleptikus vizsgálat

A vizsgálat értékelését a 10. ábra mutatja. Legjellegzetesebb színűnek a 2. kezelést találtuk, leggyengébb pedig az egyest. A 4. kezelés mintáin tapasztaltunk nem jellegzetes illatot, néhány bíráló avas szagot is feljegyzett. Az íz tekintetében egyértelműen az 1. kezelés volt a legjobb, itt az idegen íz mennyisége is elhanyagolható volt. A bírálók a 4. kezelés mintáiban, az illathoz hasonlóan, nem megfelelő ízt éreztek. Ezen eredmények alapján a végső sorrendben az 1. 2. és 3. kezelést egyformának ítéltük, és a 4. kezelés hátrébb szorult a rangsorban.

10. ábra

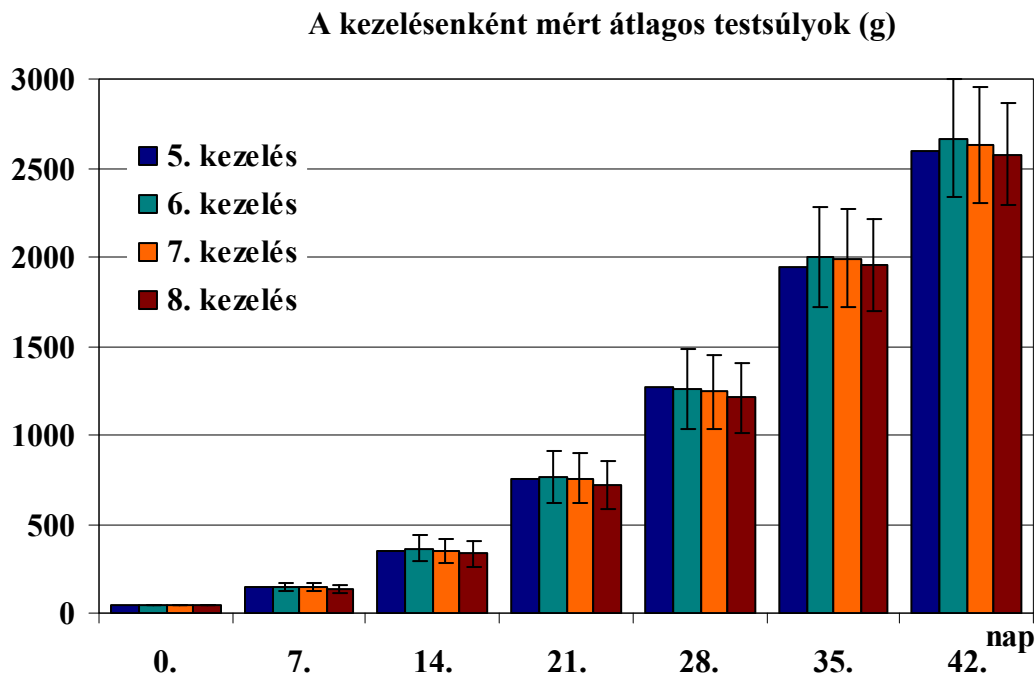


4.2. Második kísérlet

4.2.1. Termelési eredmények

A hízalás eredményeit a 11. ábrán foglaltuk össze, a statisztikai értékelés részletes eredményei a 15. mellékletben találhatóak. A telepített naposcsibék súlyában nem volt különbség, mégis az 1. hét végére már jelentős eltérések alakultak ki. A 8. kezelés majdnem 10%-os elmaradásban volt a 6-hoz képest. Összességében is, a kezdetektől kísérleti olajkiegészítést fogyasztó csoport elmaradásban volt a többihez képest. Ez a különbség az indító fázisban végig jelen volt, de a relatív lemaradás a 21. napra valamelyest csökkent. A nevelő fázisban tovább csökkent a különbség és az ötödik hét végére el is tűnt. A hízalás végére a legjobban a 6. kezelés teljesített, amelyik 1-3%-kal ért el jobb teljesítményt, mint a másik három. Az 5. és 8. kezelés közt nem volt különbség.

11. ábra



A fajlagos takarmányhasznosításban csak a 4. héten találtunk szignifikáns különbséget, amikor az 5. és 6. kezelés jobb eredményt ért el, mint a 7. A hízalás egészét tekintve a fajlagos takarmányhasznosításban nem volt különbség. A fajlagos takarmányhasznosítási eredményeket a 19. táblázat mutatja.

A hetenkénti fajlagos takarmányhasznosítás (kg/kg) és az összes elhullás (%)

	5. kezelés		6. kezelés		7. kezelés		8. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
1.hét	1,08	0,093	1,10	0,088	1,02	0,102	1,14	0,168
2.hét	1,70	0,317	1,60	0,199	1,55	0,283	1,54	0,189
3.hét	1,52	0,173	1,53	0,081	1,52	0,103	1,59	0,077
4.hét	1,73 ^a	0,111	1,75 ^a	0,099	1,94 ^b	0,200	1,86 ^{ab}	0,083
5.hét	1,97	0,140	1,91	0,072	1,96	0,170	1,89	0,167
6.hét	3,70	0,737	3,53	0,395	3,70	0,577	3,64	0,414
1-6. hét	2,15	0,052	2,14	0,090	2,17	0,115	2,16	0,072
Elhullás:	3,4		3,2		3,7		3,5	

Statisztikai próba: ANOVA a,b: a sorokban lévő szignifikáns különbségek ($P < 0,05$); $n=5$ /kezelés

4.2.2. Vágóhídi vizsgálatok eredményei

A vágóhídi vizsgálatok eredményei a 20. táblázatban láthatók. A próbavágásra került brojlerek élősúlyban nem különböztek egymástól. A vizsgált paraméterek közül csupán a csontos mell súlyában találtuk különbséget a kezelések között. A 8. kezelés szignifikánsan kisebb mellet eredményezett, mint az 5. és a 7. kezelés. A 6. kezelés az előzőek között helyezkedik el. A többi mért tulajdonságra nem volt a kezelésnek hatása.

A vágóhídi vizsgálatok eredményei (g)

	5. kezelés		6. kezelés		7. kezelés		8. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
élősúly	2714,2	156,81	2736,7	112,28	2822,5	201,73	2732,5	112,10
mell	624,0 ^b	70,37	611,0 ^{ab}	53,33	621,8 ^b	53,82	569,8 ^a	45,33
comb	564,7	28,20	560,3	25,07	579,7	31,33	579,1	26,19
máj	48,6	6,36	48,3	4,47	50,5	6,02	50,8	6,04
szív	13,1	1,73	13,3	1,66	13,3	3,68	13,3	2,15
mellfilé	458,3	52,18	442,2	51,57	465,8	46,72	448,0	45,80
combfilé	366,8	52,12	355,8	16,83	367,1	28,56	352,3	17,07
grillsúly*	1846,4	81,78	1840,2	76,06	1908,3	109,55	1866,3	95,13

Statisztikai próba: ANOVA a,b: a sorokban lévő szignifikáns különbségek ($P < 0,05$); $n=12$ /kezelés

* a zsigerelt test fej nélkül

4.2.3. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei

4.2.3.1. A takarmányok zsírsavösszetétele

A két tápsorban megegyezett a telített és telítetlen zsírsavak mennyisége. A kísérleti táp összeállításakor az n-6/n-3 zsírsavarány szűkítése volt a célunk. A 21. táblázat adataiból látható, hogy ez az arány a kontroll táp mindhárom fázisában meghaladta a 30:1-et, míg a kísérleti tápban ez a tizedére csökkent. Jelentősebb mennyiségű eikozapentaénsav és dokozahexaénsav csak az indító tápban volt. Összességében a kontroll táp telítetlen zsírsav tartalma magasabb volt (64%). A teljes takarmány zsírsavanalíziseket az 5. melléklet tartalmazza.

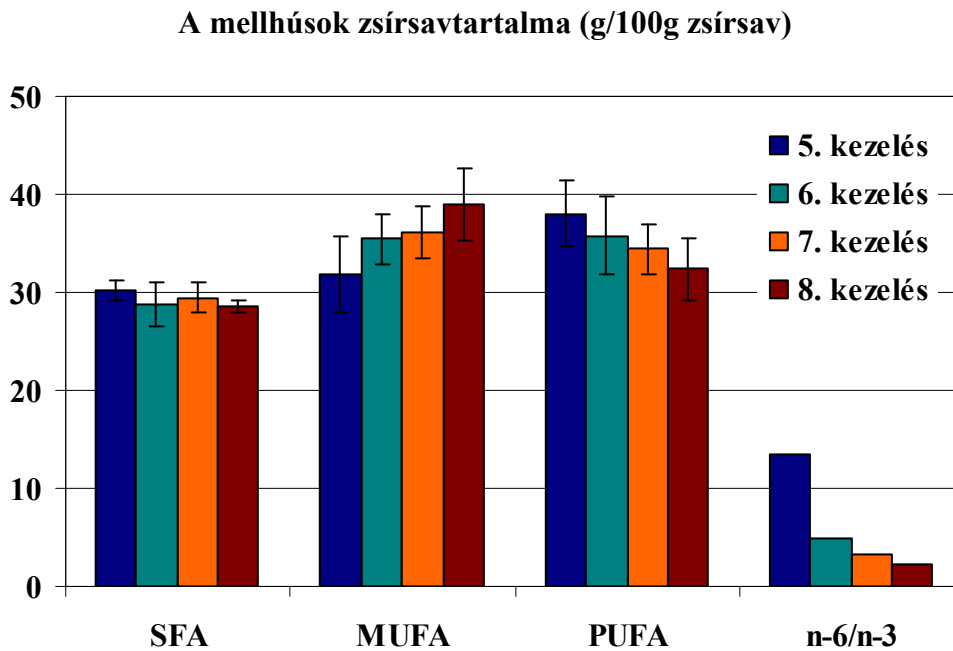
21. táblázat

A tápsorok mért zsírsavtartalma (g/100g zsírsav)

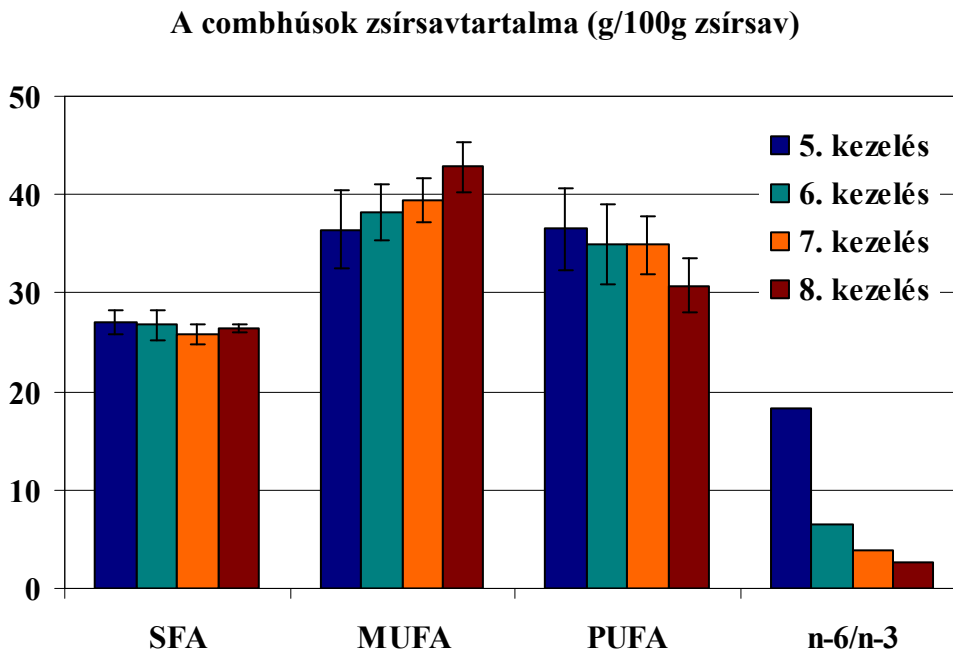
Takarmány		SFA	MUFA	linolsav	α -linolénsav	n-6/n-3	PUFA
Indító	kísérleti	12,80	28,35	42,92	15,39	3	58,68
	kontroll	12,85	22,55	62,27	1,82	30	64,34
Nevelő	kísérleti	12,88	28,67	40,07	18,28	2	58,44
	kontroll	12,65	23,82	61,35	1,25	34	63,53
Befejező	kísérleti	12,84	28,09	42,19	16,78	2	59,07
	kontroll	12,83	21,63	63,44	1,99	30	65,53

4.2.3.2. A hús és zsír minták zsírsavtartalma

A csirkemellek SFA tartalmára nem volt hatással a kezelés (12. ábra), de látható, hogy azokban a kezeléseknél, amelyek fogyasztottak a kísérleti tápból, azokban a minták MUFA tartalma megemelkedett. Az etetési idő hossza szintén pozitívan befolyásolta a MUFA mennyiségét. A linol- és linolénsav tartalom egymással ellentétes irányban változott. Az α -linolénsav tartalom a nevelő fázistól történő etetésig (7. kezelés) nőtt. Ennél nagyobb mennyiségben a 8. csoportban sem jelent meg annak ellenére, hogy ez a csoport végig a kísérleti takarmányt fogyasztotta. Az n-6/n-3 arány ezeknek megfelelően az etetési idő növekedésével szűkült. Az összes PUFA tartalom is megfelelt a takarmány alapján elvárható értékeknek. A 6. melléklet a teljes zsírsavanalízisek statisztikailag értékelt eredményét tartalmazza.



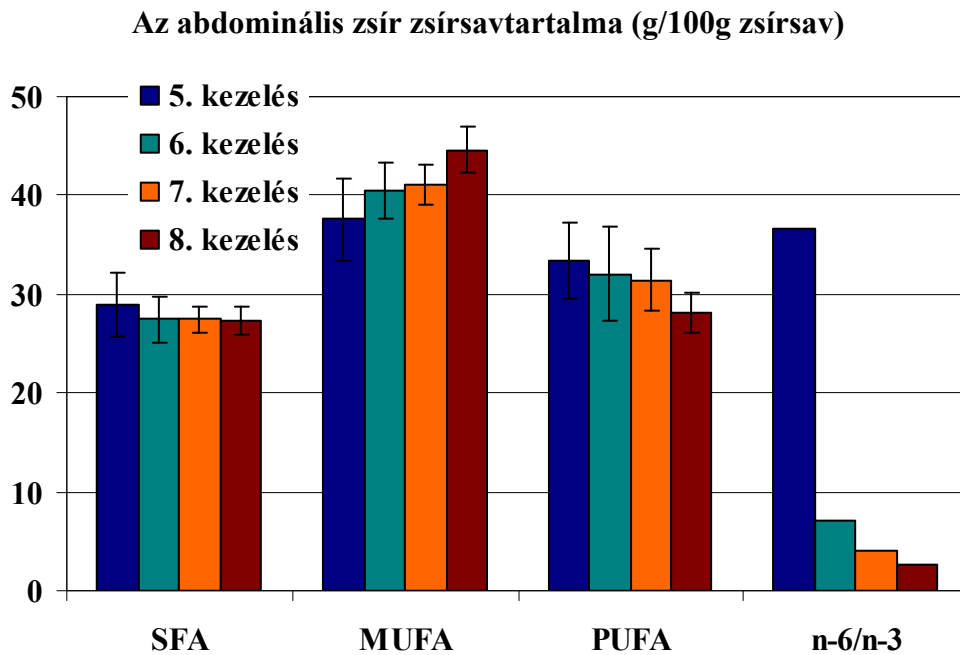
Ebben látható, hogy a kezelés hatására jelentős mennyiségű hosszú szénláncú PUFA (EPA, DHA) épült a szövetekbe. Ezek a zsírsavak a takarmányban (5. melléklet) csak nagyon kis mennyiségben, vagy egyáltalán nem voltak jelen.



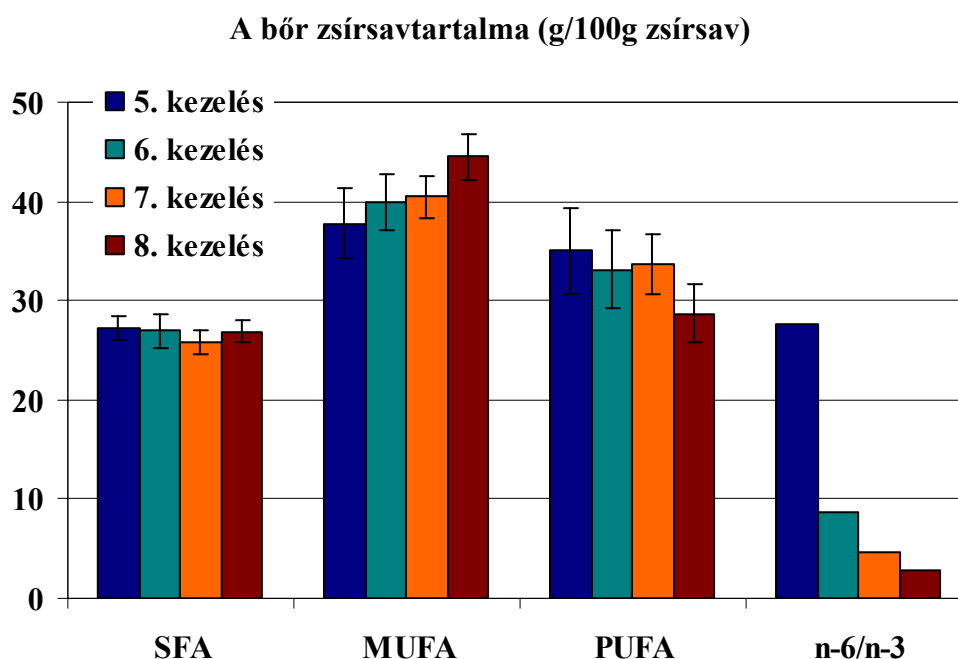
A combhús zsírsavtartalma tendenciájában a mellhúséval megegyezett. A legnagyobb SFA tartalma az 5. kezelésnek volt. A MUFA tartalom ezzel ellentétesen alakult.

A PUFA mennyisége valamennyi esetben kevesebb volt, mint a mellhúsban, annak ellenére, hogy a linolsav és linolénsav mennyisége mind a négy kezelés esetében nagyobb volt. A 7. mellékletből látható, hogy ennek oka a combhús alacsonyabb arachidonsav, EPA, DPA és DHA tartalma. Az n-6/n-3 arány itt is a kezdeti 20 körüli értékről 3 alá csökkent a kezelés hatására. A kapott eredményeket a 13. ábra és a 7. melléklet tartalmazza.

14. ábra



A bőr és az abdominális zsír zsírsavtartalma is a takarmányozásnak megfelelően alakult, a mért eredményeket a 14. és 15. ábra tartalmazza. Az SFA, MUFA, PUFA arányára a húsvizsgálatok alapján elvárható eredményeket kaptuk. A teljes zsírsavanalízisek eredményét a 8. és 9. melléklet tartalmazza. A PUFA összetételt megvizsgálva láthatjuk, hogy a linolénsav mennyisége a szövetek közül e két szövetben a legnagyobb. Az arachidonsav, az EPA, a DPA és a DHA mennyisége azonban elenyésző. Ezekben a szövetekben elsősorban a takarmány zsírsavai jelentek meg, a metabolikus folyamatokban átalakult magasabb telítettségű zsírsavak elenyésző mértékben.



4.2.3.3. A hőkezelés hatása a zsírsavösszetételre

A kezeléstől függetlenül a sütés csak kis hatással volt a comb zsírsavösszetételre. Az SFA mennyisége nem változott. A MUFA mennyisége kismértékben nőtt, és ezzel arányosan a PUFA mennyisége csökkent. Mindkét vizsgált kezelésben a MUFA-k közül az olajsav és az eikozénsav mennyisége nőtt szignifikánsan.

22. táblázat

A hőkezelés hatása az 5. kezelés comb zsírsavtartalmára (g/100g zsírsav)

	nyers		grillezett		"mikrózott"	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
SFA	26,72 ^a	1,134	26,82 ^a	0,882	26,75 ^a	1,082
MUFA	36,04 ^a	3,629	37,27 ^b	3,345	37,01 ^{ab}	3,616
Linolsav	32,62 ^b	3,608	32,02 ^a	3,562	32,22 ^{ab}	4,033
α -Linolénsav	0,70 ^a	0,087	0,77 ^a	0,208	0,70 ^a	0,083
PUFA	37,24 ^b	4,058	35,91 ^a	3,983	36,24 ^{ab}	4,459

Statistikai próba: ANOVA a,b: a sorokban lévő szignifikáns különbségek (P<0,05); n=7/kezelés

Az α -linolénsav mennyisége egyik kezelésben sem változott. A linolsav, az 5. kezelésben, a sütés hatására nem számottevő mértékben csökkent. A DHA mennyisége mindkét esetben

csökkent a hőkezelések hatására. Az EPA mennyisége az 5. kezelésben nőtt, míg a 8. kezelésben csökkent. A vizsgálatok eredményét a 22. és 23. táblázat, valamint a 10. és 11. melléklet mutatja.

23. táblázat

A hőkezelés hatása a 8. kezelés zsírsavtartalmára (g/100g zsírsav)

	nyers		grillezett		"mikrözött"	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
SFA	26,56 ^a	0,719	26,82 ^a	0,581	26,79 ^a	0,604
MUFA	43,04 ^a	2,853	43,56 ^b	2,511	43,62 ^b	2,574
Linolsav	20,75 ^a	2,147	20,47 ^a	1,987	20,43 ^a	2,021
α -Linolénsav	6,06 ^a	0,632	5,92 ^a	0,585	5,94 ^a	0,617
PUFA	30,40 ^b	2,887	29,61 ^a	2,649	29,59 ^a	2,784

Statisztikai próba: ANOVA a,b: a sorokban lévő szignifikáns különbségek (P<0,05); n=7/kezelés

4.2.3.4. A pH mérés eredményei

A pH mérések eredményét a 24. táblázat mutatja. Az 5. kezelésnek volt a legalacsonyabb, míg a 8-nak a legmagasabb a végső pH értéke. Ez a különbség a mell és a comb 2. minták esetében szignifikáns volt. A kezeléseken belül a testrészek pH értékei jelentősen különböztek. A mell pH-ja valamennyi kezelésben alacsonyabb volt, mint a combé.

24. táblázat

A kezelésenkénti végső (24. órás) pH értékek

	5. kezelés		6. kezelés		7. kezelés		8. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
Mell	5,80 ^a	0,131	5,85 ^{ab}	0,130	5,86 ^{ab}	0,137	5,96 ^b	0,145
Comb 1.	6,35 ^a	0,258	6,30 ^a	0,147	6,36 ^a	0,225	6,42 ^a	0,169
Comb 2.	6,06 ^a	0,094	6,17 ^{ab}	0,149	6,20 ^{bc}	0,124	6,30 ^c	0,182

Statisztikai próba: ANOVA a,b,c: a sorokban lévő szignifikáns különbségek (P<0,05); n=12/kezelés

4.2.3.5. Kémiai összetétel

A minták kémiai összetételében csak csekély eltéréseket találtunk. A mellminták közül a 7. kezelésnek volt legnagyobb (26,24 %) a szárazanyag tartalma. A nyersfehérje és

hamu tartalomban nem volt számottevő különbség a kezelések közt. A 7. kezelés nyerszírtartalma mintegy 30%-kal meghaladta a másik három kezelését.

A combok vizsgálata azonban más eredményt hozott. Itt a szárazanyag tartalomban nem volt szignifikáns különbség, a nyerszír tartalom pedig jelentős szórást mutatott egy-egy kezelésen belül is, legalacsonyabb a 8. kezelésben, legmagasabb pedig az 5-ben volt. A nyersfehérje tartalomban nem volt különbség. A kémiai összetételt a 25. táblázat mutatja.

25. táblázat

A csirkemellek és combok kémiai összetétele (g/100g hús)

	5. kezelés		6. kezelés		7. kezelés		8. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
mell								
szárazanyag	25,68 ^a	0,492	25,80 ^{ab}	0,426	26,24 ^b	0,512	25,68 ^a	0,449
nyersfehérje	21,66 ^a	0,394	21,68 ^a	0,483	21,70 ^a	0,328	21,64 ^a	0,397
nyerszír	0,91 ^a	0,329	1,11 ^a	0,231	1,42 ^b	0,225	1,04 ^a	0,119
hamu	1,08 ^b	0,033	1,02 ^a	0,037	1,06 ^b	0,028	1,08 ^b	0,023
comb								
szárazanyag	26,27 ^a	1,188	25,40 ^a	0,837	25,93 ^a	0,790	25,41 ^a	0,385
nyersfehérje	17,55 ^a	0,884	17,69 ^a	0,504	17,80 ^a	0,248	17,85 ^a	0,421
nyerszír	5,92 ^b	0,626	5,17 ^{ab}	1,048	5,74 ^{ab}	0,858	4,96 ^a	0,363
hamu	0,99 ^a	0,064	0,97 ^a	0,047	0,96 ^a	0,052	0,98 ^a	0,034

Statistikai próba: ANOVA a,b: a sorokban lévő szignifikáns különbségek (P<0,05); n=7/kezelés

4.2.3.6. Összes pigment tartalom

A mellhúsok hemin tartalmú vegyületeinek mennyiségében jelentős eltéréseket tapasztaltunk. A legalacsonyabb összes pigment tartalmat a 8. kezelés mintáiban mértük, ettől szignifikánsan nagyobb az 5. és 7. kezelés mintáiban. A 6. kezelés közel 70%-kal több Fe tartalmú komponenst tartalmazott, mint a 8. kezelés. A kezeléseknél nem volt hatása a combban található összes pigmenttartalomra. A mérés eredményeit a 26. táblázat mutatja.

A vizsgált húsok összes pigment tartalma (mg/g hús)

	5. kezelés		6. kezelés		7. kezelés		8. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
mellhús	0,44 ^b	0,076	0,53 ^c	0,056	0,45 ^b	0,073	0,36 ^a	0,063
combhús	0,73 ^a	0,171	0,72 ^a	0,163	0,72 ^a	0,087	0,73 ^a	0,120

Statisztikai próba: ANOVA a,b,c: a sorokban lévő szignifikáns különbségek (P<0,05); n=9/kezelés

4.2.3.7. Oxidációs elváltozások**4.2.3.7.1. A friss húsminták avasodási folyamata**

A friss mellhúsból elvégzett vizsgálatok eredményét a 27. táblázat tartalmazza. A tárolás kezdetén a TBARS értékek közel azonosak voltak. A 10. napra az 5. kezelés értéke több mint a háromszorosára nőtt. A TBARS értéke a 7. és 8. kezelésben csak kis mértékben nőtt, míg az 5. és 6. kezelés esetében kétszer nagyobb változást tapasztaltunk.

A friss mellhús TBARS (MDA mg/kg hús) értékei a tárolás alatt

	t ₀		t ₁		Δt	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
5. kezelés	0,13 ^{ab}	0,009	0,40 ^b	0,165	0,27 ^b	0,176
6. kezelés	0,10 ^a	0,020	0,33 ^{ab}	0,090	0,23 ^{ab}	0,089
7. kezelés	0,13 ^b	0,026	0,24 ^a	0,050	0,11 ^a	0,069
8. kezelés	0,13 ^b	0,024	0,27 ^{ab}	0,095	0,13 ^a	0,085

t₀:2005.11.21., t₁:2005.11.31., Δt=t₁-t₀

Statisztikai próba: ANOVA a,b,c: az oszlopokban lévő szignifikáns különbségek (P<0,05); n=7/kezelés

A friss combhús esetében az oxidatív elváltozások nem voltak ilyen egyértelműek. Kezdetben a 6. és 7. kezelésnek volt a legalacsonyabb TBARS száma, és az 5. és 8-nak pedig magasabb. A tárolás végére azonban az 5. kezelés mintáiban nőtt a legkevesbé, míg a 8-éiban a legnagyobb mértékben a tiobarbitursavszám. Az eredményeket a 28. táblázat mutatja.

A friss combhús TBARS (MDA mg/kg hús) értékei a tárolás alatt

	t ₀		t ₁		Δt	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
5. kezelés	0,243 ^b	0,03	1,563 ^a	0,465	1,321 ^a	0,452
6. kezelés	0,148 ^a	0,011	1,835 ^{ab}	0,429	1,687 ^{ab}	0,43
7. kezelés	0,158 ^a	0,024	1,606 ^a	0,436	1,448 ^a	0,424
8. kezelés	0,252 ^b	0,084	2,203 ^b	0,16	1,951 ^b	0,082

t₀:2005.11.21., t₁:2005.11.31., Δt= t₁-t₀

Statistikai próba: ANOVA a,b: az oszlopokban lévő szignifikáns különbségek (P<0,05); n=7/kezelés

4.2.3.7.2. A fagyasztott húsminták avasodási folyamata

A fagyasztva tárolást követően ismét elvégeztük a TBARS vizsgálatokat, ezeknek az eredményeit a 29. és 30. táblázat tartalmazza. A mellhús MDA tartalmára a kezelésnek nem volt szignifikáns hatása. A 30. táblázattal összevetve látható, hogy a 6 hónapos tárolás alatt csak kis mértékben emelkedett az MDA tartalom.

A fagyasztott mellhús TBARS (MDA mg/kg hús) értékei a tárolás alatt

	t ₀		t ₁		Δt	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
5. kezelés	0,21 ^a	0,018	0,42 ^a	0,033	0,21 ^a	0,026
6. kezelés	0,19 ^a	0,094	0,46 ^a	0,173	0,27 ^a	0,117
7. kezelés	0,19 ^a	0,053	0,53 ^a	0,188	0,33 ^a	0,161
8. kezelés	0,25 ^a	0,038	0,59 ^a	0,248	0,35 ^a	0,253

t₀:2006.05.21., t₁:2006.05.29., Δt= t₁-t₀

Statistikai próba: ANOVA a,b: az oszlopokban lévő szignifikáns különbségek (P<0,05); n=7/kezelés

A fagyasztást követően a combban is magasabb fokú avasodást tapasztaltunk, de a kezelések sorrendje nem változott, az 5. és 8. kezelésnek magasabb volt a TBARS értéke, mint a 6. és 7. kezelésnek. A legnagyobb mértékű változást a 8. kezelés szenvedte el.

A fagyasztott combhús TBARS (MDA mg/kg hús) értékei a tárolás alatt

	t ₀		t ₁		Δt	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
5. kezelés	0,40 ^b	0,069	1,20 ^{ab}	0,271	0,81 ^{ab}	0,243
6. kezelés	0,31 ^a	0,062	1,17 ^{ab}	0,339	0,86 ^{ab}	0,294
7. kezelés	0,32 ^a	0,063	0,94 ^a	0,199	0,62 ^a	0,163
8. kezelés	0,47 ^b	0,072	1,46 ^b	0,447	1,00 ^b	0,412

t₀:2006.05.21., t₁:2006.05.29., Δt= t₁-t₀

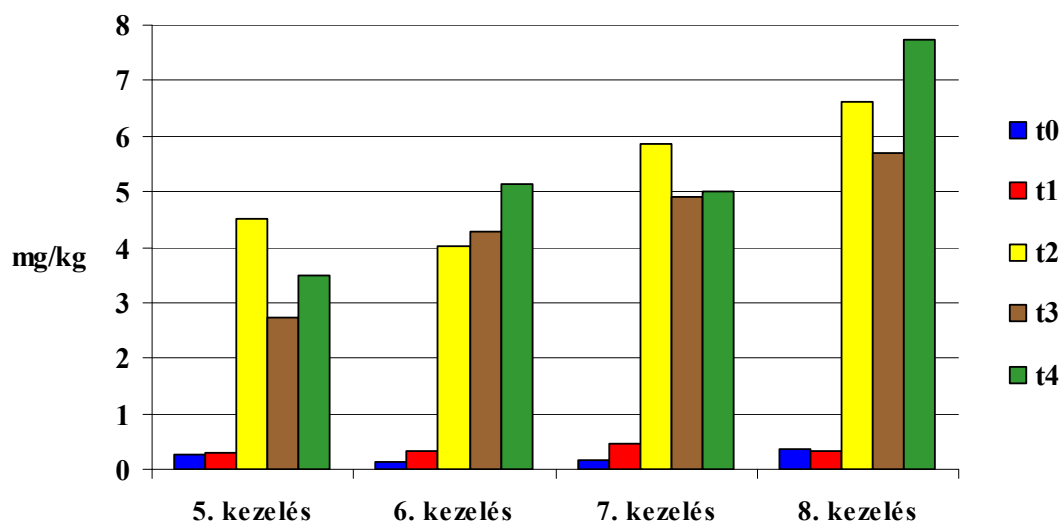
Statisztikai próba: ANOVA a,b: a oszlopokban lévő szignifikáns különbségek (P<0,05); n=7/kezelés

4.2.3.7.3. A friss húspogácsák avasodási folyamata

A mérések eredményét a 16. és 17. ábra mutatja. A sütés után közvetlenül vizsgált hús minták TBARS értékei nem változnak számottevő mértékben. A 4 napos tárolás alatt az oxidációs reakciók, valószínűleg a sütés katalizáló hatására, rendkívüli módon felgyorsulnak. A negyedik napon mért értékek igen magasak, a nyers hús 10 napos tárolása után kapott értékek mintegy 15-szöröse, és a friss sült húsénak is csaknem 10-szerese. A tárolás végére a legnagyobb károsodást a 7. és a 8. kezelés szenvedte. A fagyasztva tárolt sült húsban a fagyasztás alatt is jelentős avasodás ment végbe, ami a melegítés hatására még kifejezettebbé vált. A mellhúshoz hasonló változások zajlottak le a combhúsban is. A magasabb zsírtartalom ellenére sem mértünk nagyobb MDA tartalmat egyik kezelésben sem.

A mellhúshoz hasonló változások zajlottak le a combhúsban is. A sütést követően a tárolási formától függetlenül nagymértékben felgyorsult az avasodás.

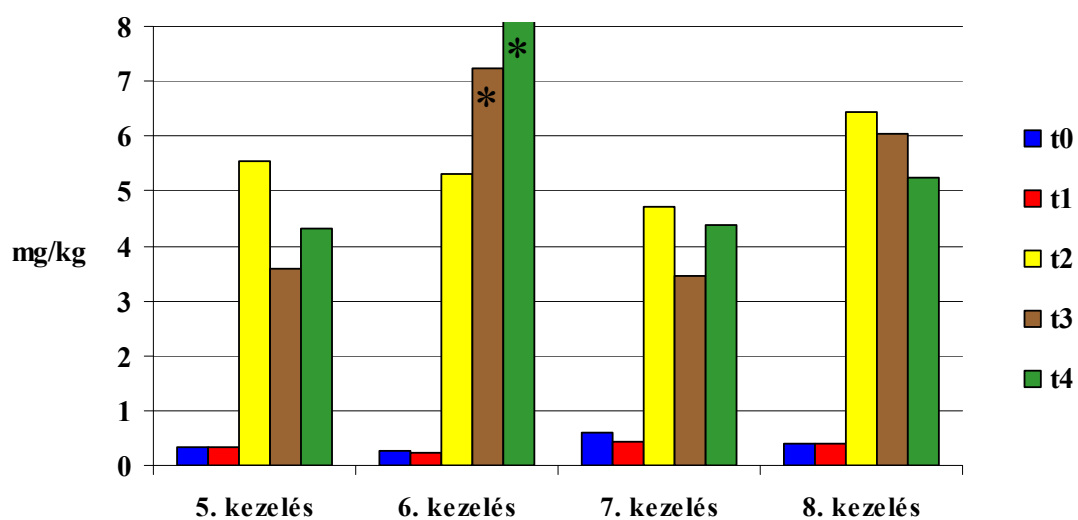
Friss mellhúspogácsa oxidatív elváltozása sütés hatására (MDA mg/kg hús)



t₀=nyers, t₁=sütés után, t₂=4 nap tárolás után, t₃=sütés után 6 hónap fagyasztás, t₄=fagyasztás után felmelegítve

A magasabb zsírtartalom látszólag nem fokozta tovább ezt a folyamatot. A 6. kezelés mintáinak csomagolása a tárolás során megsérült, és az így bejutó levegő hatása eltorzította a mérési eredményeket.

Friss combhúspogácsa oxidatív elváltozása (MDA mg/kg hús) sütés hatására



* a fagyasztás során a vákuumsomagolás megsérült

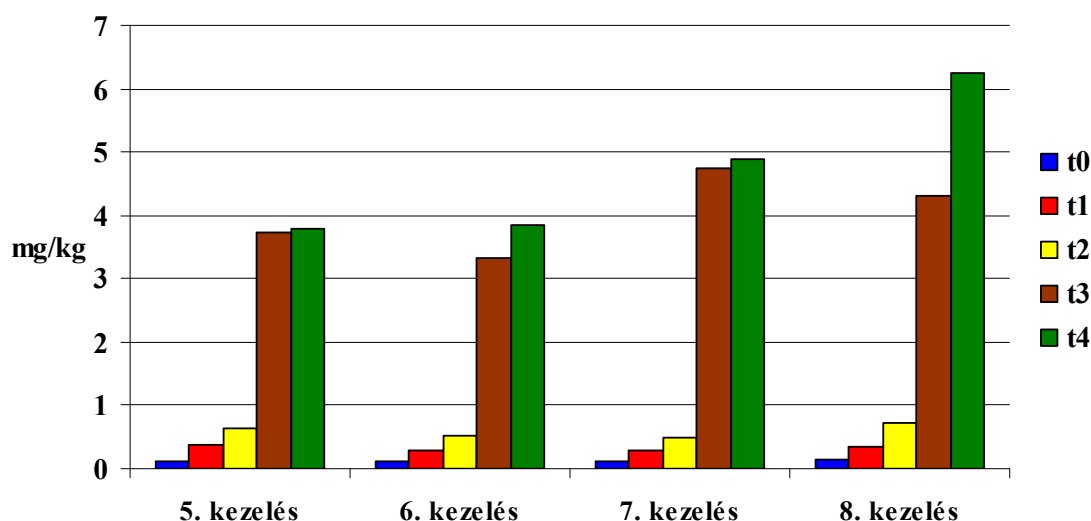
t₀=nyers, t₁=sütés után, t₂=4 nap tárolás után, t₃=sütés után 6 hónap fagyasztás, t₄=fagyasztás után felmelegítve, * a fagyasztás során a vákuumsomagolás megsérült.

4.2.3.7.4. A fagyasztott húspogácsák avasodási folyamata

A 6 hónap fagyasztva tárolást követő TBARS mérési sorozat eredményét a mell vonatkozásában a 18. ábra, míg combét a 19. mutatja. A mellhúsban a 6 hónapos fagyaszás alatt alig 2-3 szorosára emelkedett a kezdeti TBA-szám, és az ezt követő sütés sem okozott jelentős változást. A kezelések közt nem voltak különbségek. A sütést követő 3 napos hűtve tárolás hatására azonban drasztikusan megemelkedtek az értékek.

18. ábra

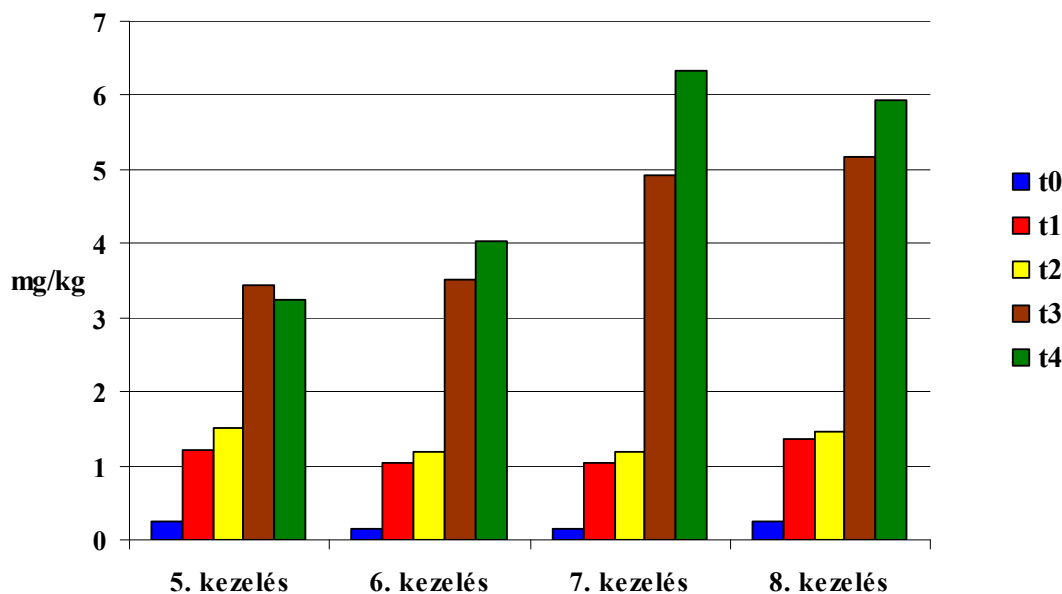
**A mellben lejátszódó oxidációs folyamatok a nyersen fagyasztott húspogácsákban
(MDA mg/kg hús)**



t₀=frissen, t₁=6 hónap fagyasztás és felengedés után, t₂=sütés után, t₃=3 nap tárolás után, t₄=tárolás, felmelegítés után

A melegítés pedig még tovább fokozta ezt az átalakulást valamennyi kezelés esetében. A combhúsban a fagyasztás alatt még jobban emelkedett a TBARS szám, a kezdeti értékek 6-8 szorosára. A sütés és tárolás során lejátszódó folyamatok a melléhez hasonlóak voltak. Mindkét vizsgált húsrész esetében a magasabb n-3 zsírtartalmú kezelések azonos idő alatt, tendenciózusan nagyobb mértékű oxidatív átalakulást szenvedtek el.

**A combban lejátszódó oxidációs folyamatok a nyersen fagyasztott húspogácsákban
(MDA mg/kg hús)**



t₀=frissen, t₁= 6 hónap fagyasztás és felengedés után, t₂= sütés után, t₃=3 nap tárolás után, t₄=tárolás, felmelegítés után

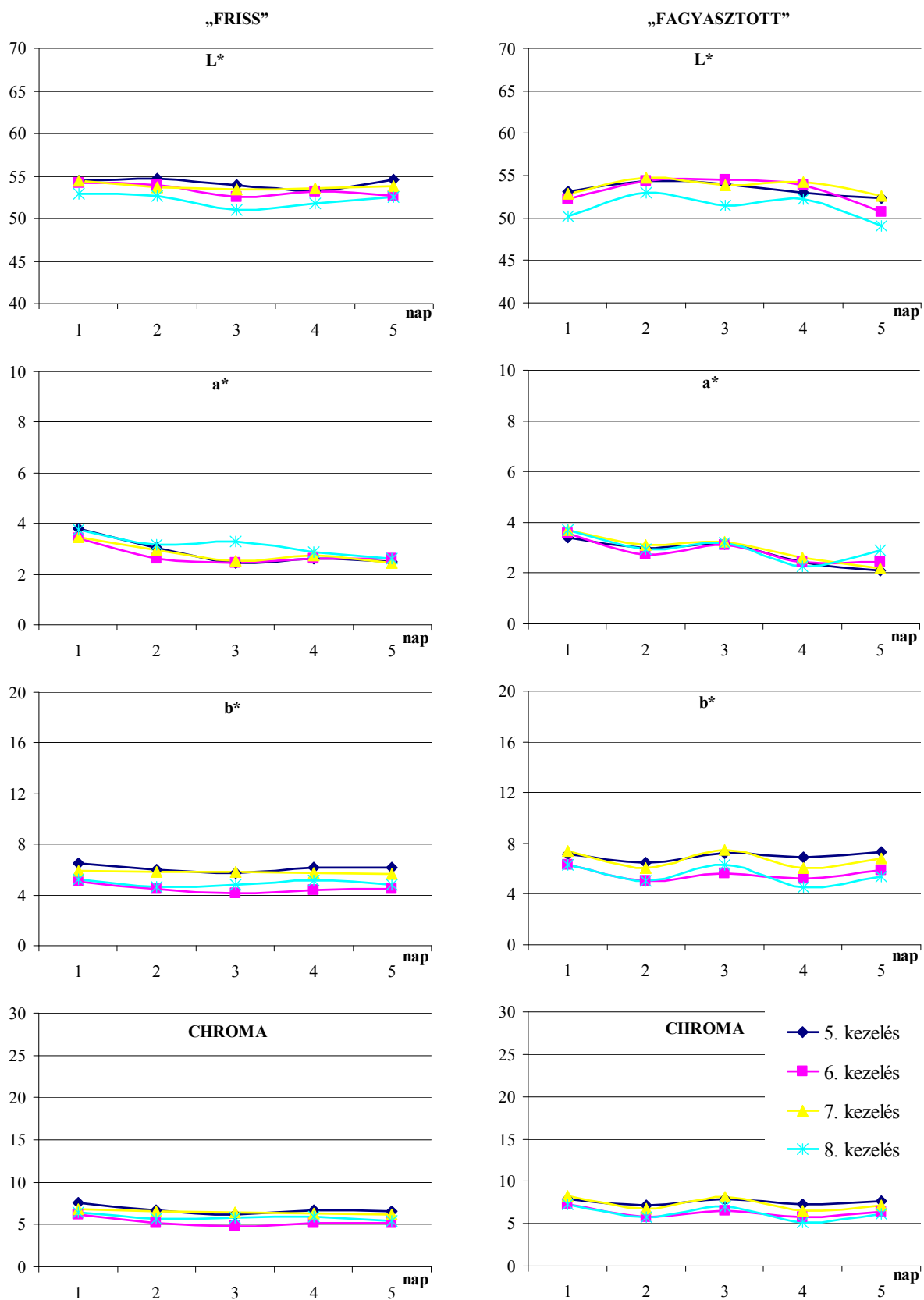
4.2.3.8. A színmérés eredményei

A mellhús színvizsgálati eredményét a 20. ábra mutatja. Az L* az 1. napon a 8. kezelésben szignifikánsan kisebb volt a többi kezelésnél. Ez egy árnyalatnyival sötétebb színt jelent, ami a tárolás alatt az 5. kezeléshez viszonyítva végig megmaradt. Ezt a sötétebb színt a magasabb pH₂₄ okozta. A 6. és 7. kezelés eredményei a két szélső érték között ingadoztak. Az a* értékek esetében, a tárolás hatására csak csekély különbség alakult ki a kezelések közt. A b* változásának tendenciája hasonló volt mind a négy kezelésben. A b* értéke az 5. és 7. kezelésben szignifikánsan különbözött a 6. és 8. kezeléstől. A 6 hónapos fagyasztás nem okozott jelentős változást a mért paraméterekben. A színmérések adatait és varianciaanalízisét a 12. és 13. melléklet tartalmazza.

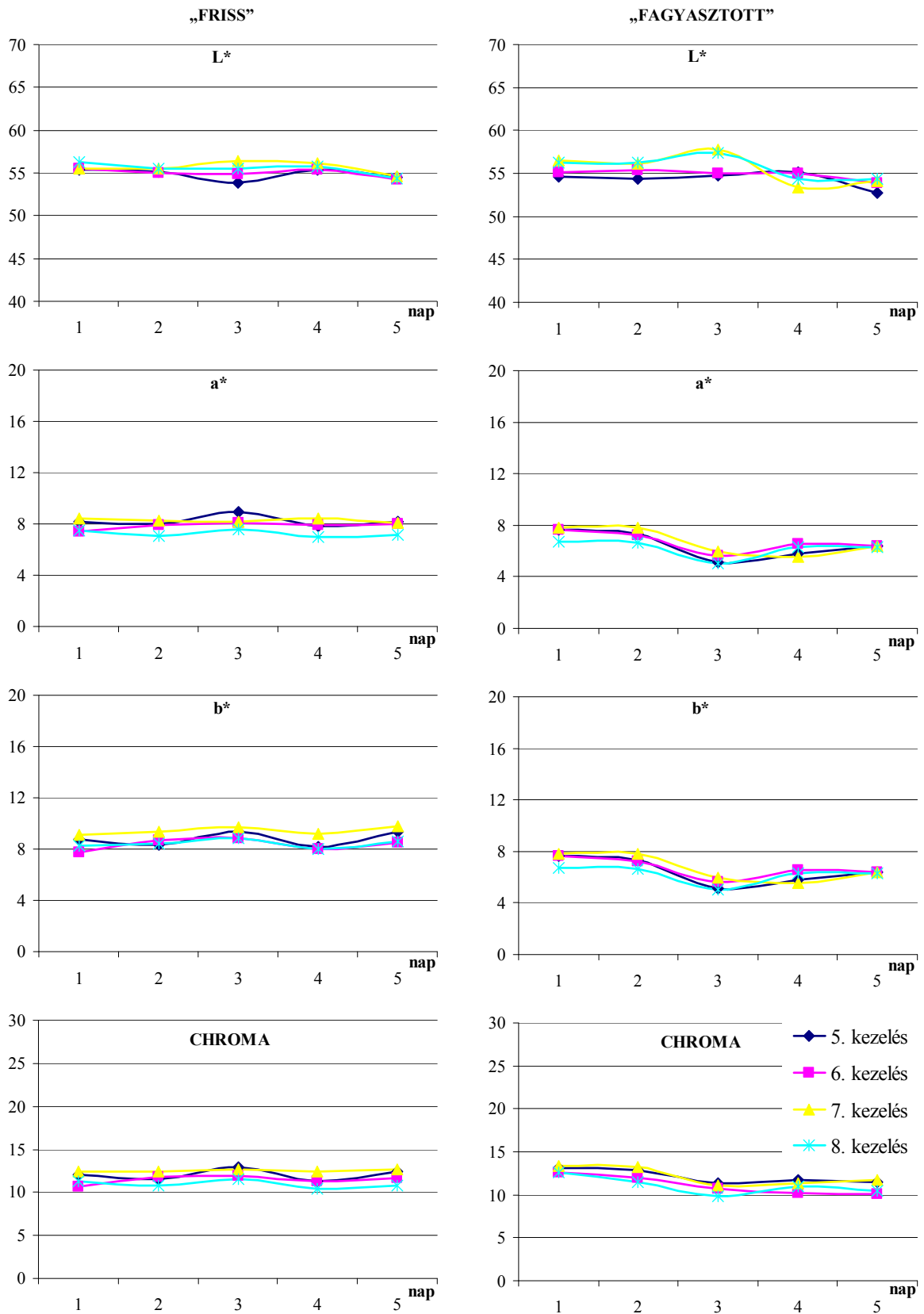
A combhúsból végzett mérések eredményét a 21. ábra és a 12. és 13. melléklet tartalmazza. Az L* érték változása az 5. 6. 7. és 8. kezelés esetében hasonló volt. A legkifejezettebb különbséget a kezelések közt az a* vizsgálatoknál találtunk. A 8. kezelésben a tárolás 2. és 5. napja közt szignifikánsan kisebb volt, mint a másik 3. kezelésé. A b*-nél is megfigyelhető volt egyfajta periodicitás. A 7. kezelés az első naptól

különbözött a többi kezeléstől, az ötödik naptól a mellhús esetében tapasztalt tendenciát kaptuk itt is, tehát az 5. és 7. kezelés b^* értéke szignifikánsan nagyobb a 6. és 8. csoportnál. A fagyasztás hatására az a^* és b^* értékek szignifikánsan csökkentek valamennyi kezelés esetében.

A friss és a fagyasztott mellhús színváltozása a hűtve tárolás alatt (CIE L*a*b*)



A friss és a fagyasztott combhús színváltozása a hűtve tárolás alatt (CIE L*a*b*)

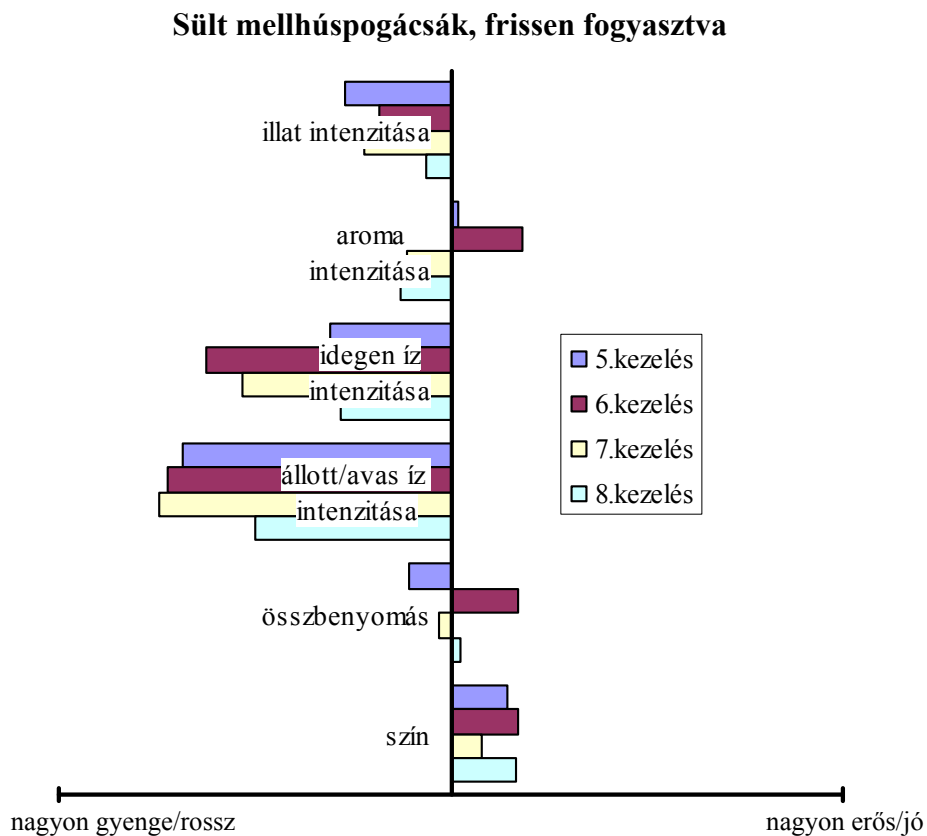


4.2.3.9. Az organoleptikus vizsgálat

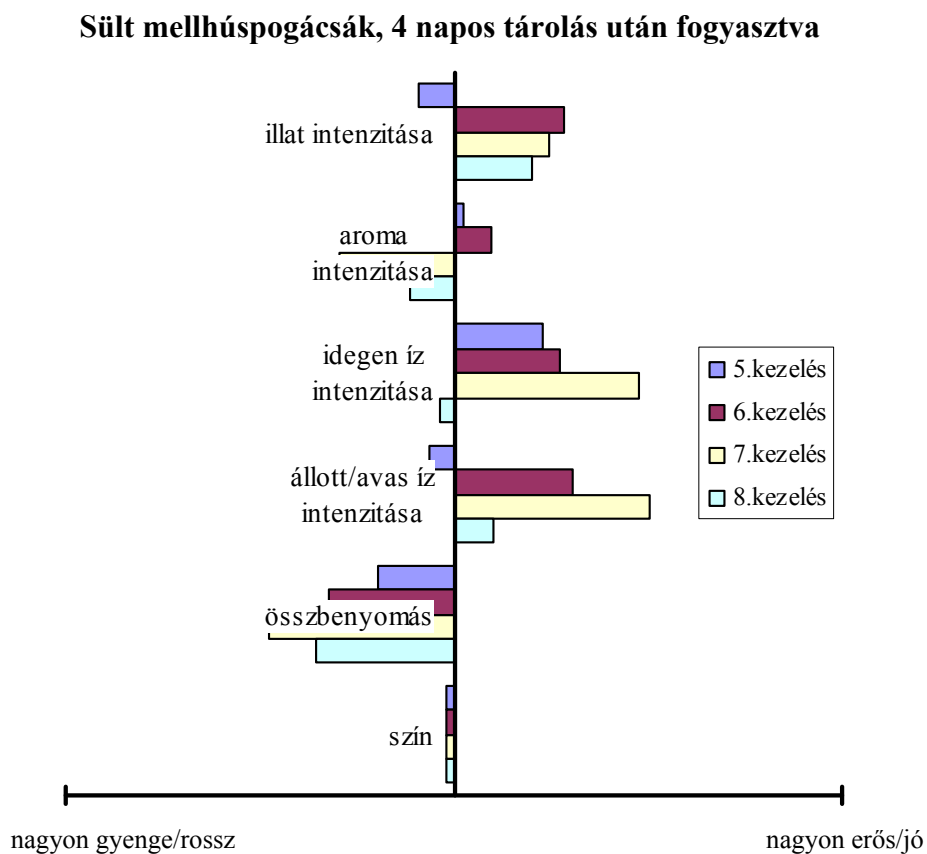
A hús organoleptikus tulajdonságait a 22-25. ábrák mutatják. Mindkét húsrész frissen kóstolva az elvárásoknak megfelelő tulajdonságokat mutatta. A friss húsok esetében nem találtunk oda nem illő, avas szagot, ízt egyik kezelésben sem. A mellmintákban néhányan érezni véltek valamilyen mellékízt, de ugyanezt a combokban már nem érzékelték. Összességében alig lehetett megkülönböztetni a kezeléseket egymástól, sőt sokan még egyes tulajdonságok (szín, illat, állott/avas íz, aroma) esetében sem éreztek különbséget a kezelések közt. Az összbenyomás alapján, a kezelések sorrendje különböző volt a két hús esetében. Míg a mell szempontjából a 6. kezelés volt a legjobb, ezt a 8. és a 7. követte, és az 5-et ítélték a bírálók a leggyengébbnek, addig a combnál a 8., 5., 6., 7. volt a sorrend.

A négy napos hűtőben történő tárolás után kóstolt húsokra az állott, avas íz általánosan jellemző volt. Valamennyi hús élvezeti értéke drasztikusan csökkent. Az avasság az 5. és 8. kezelésből származó mellhús-minták esetében volt a legkevésbé megállapítható. A combhús esetében az összbenyomás alapján felállított sorrend megegyezett a korábbival. A mell minták esetében ez jelentősen átalakult. Most a korábban leggyengébbnek ítélt 5. kezelést találták a legjobbnak, a további sorrend azonban nem változott.

22. ábra

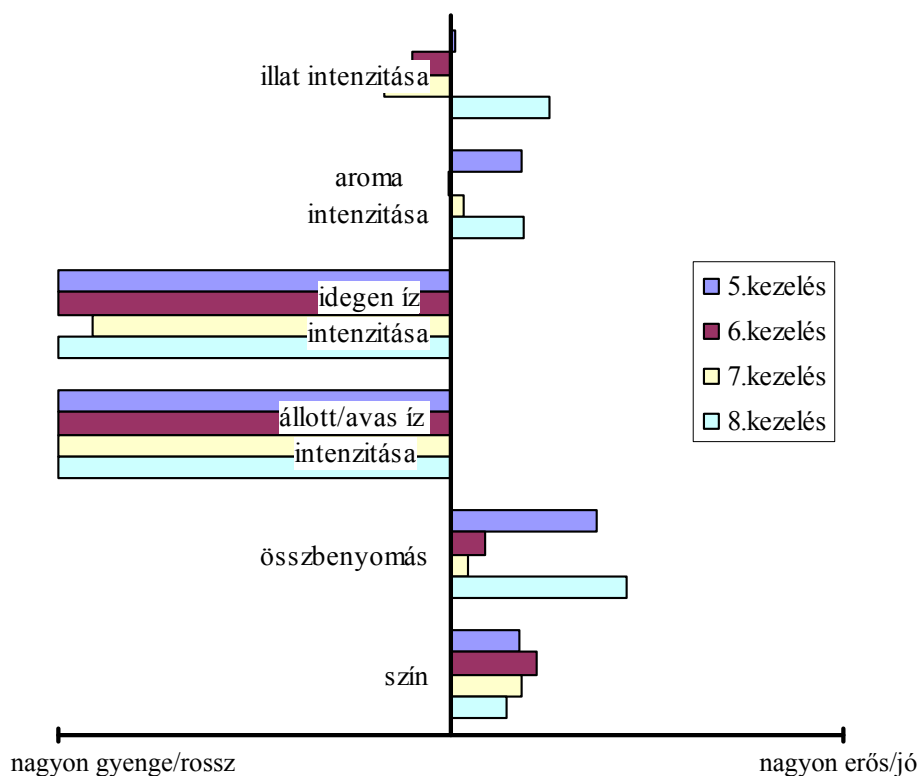


23. ábra



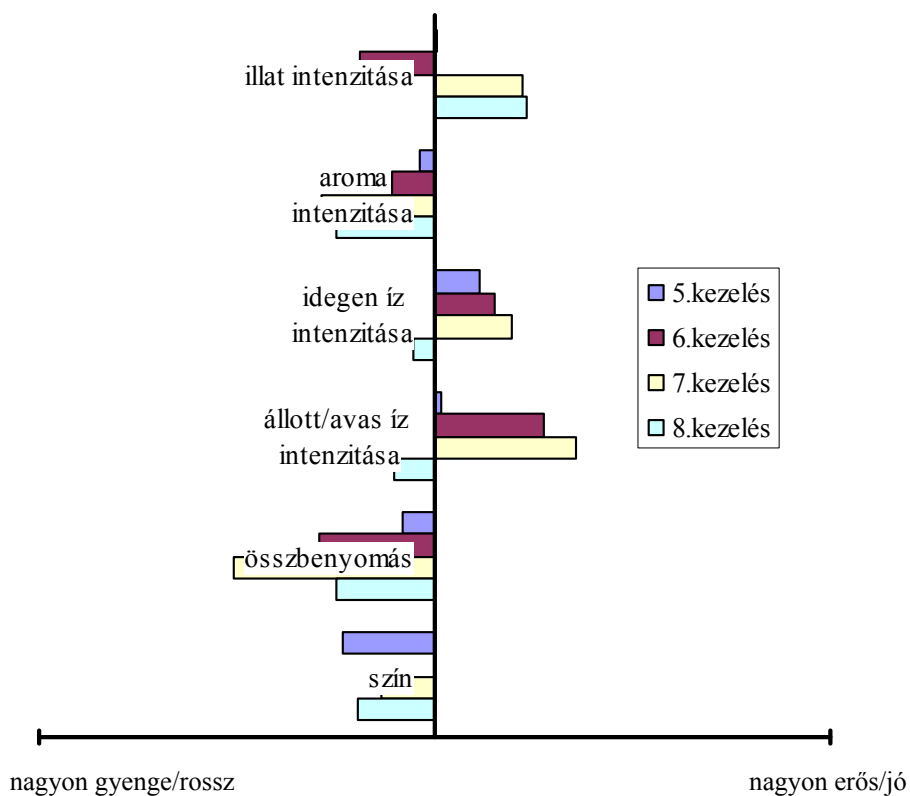
24. ábra

Sült combhúspogácsák, frissen fogyasztva



25. ábra

Sült combhúspogácsák, 4 napos tárolás után fogyasztva



5. AZ EREDMÉNYEK ÉRTÉKELÉSE

5.1. Első kísérlet

A vágási súlyra egyik olajkiegészítésnek sem volt hatása. Ezt más kísérletek eredményei is megerősítik, melyekben szintén nem találtak összefüggést a takarmány különböző zsírforrásai és a testsúly közt. Faggyú, olívaolaj, napraforgóolaj és lenolaj etetési eredmények nem mutattak szignifikáns eltérést a brojlerek testsúlyában (Crespo és Esteve-Garcia, 2002). Ehhez hasonló eredményre vezettek Hulan et al. baromfizsírral, marhafaggyúval, sertészsírral és repceolajjal végzett korábbi vizsgálatai is (1984). Egy másik szintén állati zsírokkal és szójaolajjal beállított kísérlet, ugyancsak nem eredményezett szignifikáns összefüggést a testsúly és az etetett takarmány közt (Pesti et al., 2002).

A fajlagos takarmány felhasználásban sem találtunk eltéréseket. Csupán tendenciának nevezhető a szójaolajat tartalmazó kezelés jobb teljesítménye, annak ellenére, hogy számos kutatás bizonyítja, hogy a telítetlen zsírsavtartalom növekedésével javul az FCR (pl.: Pinchasov és Nir, 1992., Su és Jones, 1993., Zollitsch et al., 1997), valamint azt, hogy az állati zsírokkal szemben a növényi olajok kedvezőbben hatnak a takarmányhasznosulásra (Crespo és Esteve-Garcia, 2002). A nemzetközi szakirodalom eredményei is mutatnak egyfajta kettősséget ebben a kérdéskörben, ugyanis más kutatók közlései a mi eredményeinkkel mutatnak hasonlóságot. Egy korábbi vizsgálatban, amelyben Al-Athari és Watkins szójaolajat és telített zsírokat etett brojlerekkel azt kapták, hogy a fajlagos takarmány hasznosítás alakulását nem befolyásolta a takarmány (1988). Egy friss vizsgálati eredmény szerint, amiben szintén telített zsírt (faggyú), szójaolajat, valamint ezek keverékét vizsgálták, szintén nem találtak összefüggést (Azman et al., 2004). A mi eredményeink is azt erősítik meg, miszerint izokaloriás, izonitrogénes takarmányok esetén, a takarmány zsírsavösszetétele nem befolyásolja a brojlerek takarmányhasznosítását.

A vágási paraméterek közül az abdominális zsír mennyiségére volt a kezelésnek szignifikáns hatása. A sertészsírt tartalmazó takarmányt fogyasztó csoport hasüri zsírtartalma szignifikánsan ($P < 0,05$) meghaladta a szójaolajat és a lenmagolajat fogyasztó csoportét. Számos tanulmány megerősíti ezt, miszerint a takarmány PUFA tartalmának növelésével a baromfi abdominális zsírtartalma csökken, a magasabb SFA tartalmú takarmányt fogyasztó csoportokhoz képest (Sanz et al., 1999, 2000; Schmidt,

1999; Crespo és Esteve-Garcia, 2001). Ennek a csökkentő hatásnak oka lehet a lipid oxidáció és a lipogenezis intenzitásának változása (Sanz et al., 2000). Különös eredmény, hogy ellentétben egy másik vizsgálattal (Newman et al., 2002) a napraforgóolaj hatására nem csökkent számottevően az abdominális zsírtartalom, ugyanakkor Crespo és Esteve-Garcia (2002a,b) a mi eredményeinkhez hasonló eredményeket kaptak. Ez feltételezhetően a napraforgóolaj magas linolsav és alacsony α -linolénsav tartalmával állhat összefüggésben, ugyanis a magas linolsav tartalom fokozza a máj VLDL szekrécióját, aminek hatására megnő a zsírsejtek zsírfelvétele, így az abdominális zsír mennyisége is. Emlősökben tapasztalták azt, hogy a magas n-3 zsírsavtartalmú takarmány gátolja a zsírszintézist, fokozza a zsírsavak oxidációját, csökkentve ezáltal a vérben található trigliceridek mennyiségét (Clarke, 2000). Ezek ismeretében, valamint eredményeink arra engednek következtetni, miszerint a hasüri zsírdepó mértékét elsősorban nem a takarmány összes PUFA tartalma, hanem az n-6/n-3 zsírsavak egymáshoz viszonyított mennyisége befolyásolja.

Az első kísérletben a takarmány n-3 zsírsavtartalmának növekedésével a brojlerek májsúlya csökkent. A szintén magas n-3 tartalmú tengeri halolajok ilyen hatásáról korábban már jelent meg közlemény, melyben a máj zsírtartalmának és tömegének csökkenéséről számoltak be (Maurice et al., 1979), azonban az n-3 tartalom ilyen irányú hatását a mi második kísérletünk nem tudta megerősíteni. A máj kivételével megerősítettük azon korábbi eredményeket, miszerint a takarmány zsírsavösszetétele nem befolyásolja a testrészek méretét, egymáshoz viszonyított arányát (Kirchgeßner et al., 1993; Zollitsch et al., 1997).

Eredményeink szerint – más kutatásokkal egybehangzóan – a takarmány zsírsavösszetétele nagyban befolyásolja a hús zsírsavösszetételét (Hargis és Van Elswyk, 1993, Surai és Spark, 2000, Bou et al., 2005). Hasonlóan más kutatási eredményekhez mi is szoros összefüggést találtunk a takarmány és a szövetek linolénsav tartalma között (Ajuyah et al., 1991, Chanmugan et al., 1992, Gonzalez-Esquerra és Leeson, 2000). Mindez igaz volt a linolsav tartalom esetében is (Hrdinka et al., 1996). A szövetek összes többszörösen telítetlen zsírsavtartalma és a takarmány PUFA tartalma közt szintén erős az összefüggés (Manilla, 1999). Napjainkra egyre inkább elfogadottá vált, hogy az egészséges táplálkozás során hangsúlyt kell fektetni az élelmiszerek n-6/n-3 arányára (többek között Lands, 1989). Az ember számára optimálisnak tekintett 6:1-4:1 n-6/n-3 arányhoz (Neuringer et al., 1988; British Nutrition Foundation, 1992; Yehuda és Carasso, 1993) legközelebb a lenmagolajos

kezelés került. Itt azonban már az optimálisnál is szűkebb 2:1 arány alakult ki. A közel azonos PUFA tartalmú tápok esetén, az n-6/n-3 arányának szűkülésével nőtt a mellszövet EPA és DHA tartalma. Ezzel párhuzamosan csökkent a szövetek arachidonsav tartalma. Ez az n-6 és n-3 zsírsavcsalád bioszintézisében részt vevő közös enzimek használatában lévő kompetíció következménye (Sprecher, 1989). Az arachidonsav metabolizmusában az n-6/n-3 aránynak nagyobb a jelentősége, mint az abszolút n-3 mennyiségnek (Boudreau et al., 1991).

A mellhús szárazanyag, nyersfehérje és nyerszsír tartalmára nem volt hatással a takarmány zsírsavösszetételének megváltozása. A minták hamutartalma szignifikáns különbséget mutatott, ez azonban abszolút mértékben elhanyagolható mértékű volt. Korábbi vizsgálatokban szintén kaptak hasonlóan csekély mértékű eltéréseket, de ezt nem a zsírsavösszetétel megváltozásával magyarázták (Zollitsch et al., 1997, Qiao et al., 2002).

A húsok pH-ja (jóval az izoelektromos pont felett, ami a színstabilitás szempontjából kedvező) megfelelő volt, egyik kezelés sem okozott szélsőséges változást. A lenmagolajos kezelés végső pH-ja magasabb volt, mint a másik három kezelésé, ennek oka valószínűleg a vágás előtti körülményekben keresendő. A szójaolajról korábban publikált, a hús pH-ját csökkentő hatását (Mercier et al., 1998) megerősíteni nem tudtuk. A lenmagolajos kezelésnek nagy volt az összes pigmenttartalma is, így valószínűleg ennek és a magasabb pH-nak köszönhető, hogy ebben a kezelésben mértünk a legalacsonyabb első napi L^* értékeket. Tehát a műszeres mérés is sötétebb szint igazolt. Korábbi vizsgálatok eredményei alátámasztják ezt, ugyanis negatív korrelációt találtak a brojlerok mellhúsának pH-ja és az L^* és b^* értékei között (Allen et al., 1997). Yang és Chen darált csirkehús vizsgálatokor hasonló eredményre jutottak már korábban, vagyis a magasabb pH sötétebb és kevésbé élénk színt okoz (1993). Ezt erősítik saját, a második kísérlet során kapott eredményeink. Egy 2002-ben elvégzett vizsgálatban, három színosztályba sorolt csirkemellek esetében is fennállt a negatív korreláció az L^* és a pH közt. Ennek a színmélyülésnek a lehetséges oka, hogy ha a hús pH-ja nagyobb, mint az izmok miofibrillumainak izoelektromos pontja, akkor az izomban lévő vízmolekulák szorosabban kötődnek, ennek következtében az izmok több fényt nyelnek el, kevesebbet vernek vissza, így sötétebbnek látjuk őket (Kauffman és Marsh, 1987; Cornforth, 1994).

A hús zsírsavösszetételének megváltozása és a tárolás alatti oxidatív elváltozások közt nem találtunk egyértelmű összefüggést. Az irodalmi adatok alapján

(O'Keefe et al., 1995; Mercier et al., 1998) várható volt, hogy a sertézsíros kezeléshez képest, a magasabb PUFA tartalmú másik három kezelés oxidatív stabilitása csökken. Azonban ez a tárolás 8 napja alatt nem következett be. Ennek oka az lehet, hogy oxidatív érzékenység szempontjából nincs olyan kiemelt szerepe a PUFA-nak, mint ahogyan vártuk. Valószínűleg az összes telítetlen zsírsav tartalom, tehát a MUFA+PUFA mennyisége, illetve ennek a telített zsírsavakhoz viszonyított aránya jelentősebb szerepet játszik a hús stabilitásában (Hsiang et al., 2002). Ezen kívül, előfordulhatott az is, hogy a mellhús alacsony zsírtartalma (<2%) miatt az előidézett változások kisebb hatásúak, mint egy nagyobb zsírtartalmú szövetben (Lin et al., 1989). A 2. kezelés alacsony MDA változásának oka lehet az alacsony összpigment tartalma, ugyanis a hemvas katalizálja a lipioxidációt, ezért az alacsony összpigment tartalom kedvezően hathatott. Vizsgálataink zsírok, szövetek természetes antioxidáns tartalmára nem terjedt ki, de ez szintén jelentősen befolyásolhatja az oxidatív elváltozások mértékét.

Az organoleptikus vizsgálatok eredményei alapján elmondható, hogy az olajkiegészítés hatással volt a vágott áru minőségére. Az íz, illat, tekintetében a sertézsíros kezelés szerepelt a legjobban, míg a napraforgóolajos kezelés árnyalatnyival sötétebb színét ítélték a bírálók jónak. A lenmagolajos kezelés íz és illat tekintetében maradt el a többitől, és ennek köszönhetően, a végső rangsorban hátrább szorult, azonban a lenolaj ilyen arányú etetésekor tapasztalható kifejezetten kellemetlen ízt, és illatot (például: Fry et al., 1965; Hargis és Van Elswyk, 1993) egyik kezelés esetében sem tapasztaltuk. Ezek alapján elmondhatjuk, hogy a csirkehús PUFA tartalma napraforgó és szójaolaj etetésével az organoleptikus tulajdonságok romlása nélkül növelhető, azonban így az n-6/n-3 arányt nem tudjuk az ideális mértékűre szűkíteni. Az n-3 zsírsavak mennyiségét kisebb-nagyobb mértékben elsősorban a lenmagolaj etetés növeli, azonban ez íz és illathibákat okozhat. A lenmagolaj ilyen hátrányos hatását más vizsgálatokkal egyetértésben (Phetteplace és Watkins, 1989; Lopez-Ferrer et al., 2001b) csak kis mértékben tapasztaltuk, ami az alacsony bekeverési aránynak köszönhető.

5.2. Második kísérlet

A brojlerek súlygyarapodására a kezeléseknél ebben a vizsgálatban sem volt hatása, a vágási súlyt tekintve a kezeléseknél közötti eltérés nem haladta meg a 3%-ot. A fajlagos takarmányhasznosításban sem tapasztaltunk különbséget. Más magas

telítetlen zsírsavtartalmú olajokkal dúsított tápokkal végzett kísérletek is alátámasztják ezen eredményeinket (Zollitsch et al., 1997; Crespo és Esteve-Garcia, 2002a; Newman et al., 2002)

A vágási kihozatal eredményei közül a csontos mell súlyában volt eltérés a kezelések közt. A 8. kezelés az 5. és 7-nél szignifikánsan kisebb volt. Mivel a 8. kezelés a 7-től különbözött, a 6-tól pedig nem, ezért egyértelműen nem okolható a kísérleti táp a különbség kialakulásával. Korábbi vizsgálatokban azt találták, hogy a combsúlyra nem volt hatással a takarmány zsírsavainak telítetlensége, azonban a comb és vágott test arányára igen. Ezen vizsgálatok szerint, a telítetlenség növekedésével a comb aránya is növekszik (López-Ferrer et al., 1999). Ezt az eredményt későbbi vizsgálatok is megerősítik (López-Ferrer et al., 2001a; Cortinas et al., 2004). Más szerzők azonban nem találtak összefüggést a takarmány zsírforrása és a karkasz összetétele közt (Olomu és Barcos, 1991; Crespo és Esteve-Garcia, 2001). A saját eredményeink is ezt az utóbbi feltevést erősítik meg. Mivel kísérletünkben a telített/telítetlen zsírsavak arányában nem volt jelentős különbség, ezért az eltérés valószínűbb magyarázata lehet az állatok közti egyedi különbség, esetleg darabolási hiba. Ezt a feltevést erősítheti meg, hogy a filézett mell súlyában már nem volt különbség a kezelések közt.

A vizsgált szövetek zsírsavösszetétele alapján megállapíthatjuk, hogy valamennyi szövetben csökkent a linolsav és nőtt a linolénsav mennyisége a kísérleti táp hatására, valamint szűkült az n-6/n-3 zsírsav aránya azon kezelésekben, amelyekben fogyasztottak a kísérleti olajkeverékből. A takarmány zsírsavösszetételének változása igen gyorsan megjelent a szövetekben. Az elérni kívánt szűkített n-6/n-3 arány már egy hetes etetés után kialakult. Korábbi, ugyan egykomponensű olajjal végzett kísérletek eredményei megerősítik eredményeinket (Nam et al., 1997).

A magas linolénsav tartalmú kísérleti takarmánynak már egy hetes etetése is csökkentette a szövetek arachidonsavtartalmát. Ez annak a következménye Lands et al. (1973) véleménye szerint, hogy a magas n-3 zsírsavtartalom gátolja a májban az linolsav→arachidonsav átalakulást.

A táplálkozásélettani szempontból kiemelkedő jelentőségű, hosszú, szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavak (EPA, DHA) mennyisége a magas linolénsav tartalmú takarmány etetési idejének növekedésével folyamatosan nőtt valamennyi vizsgált szövetben. Korábbi kísérletekben szintén a hosszú szénláncú PUFA tartalom növekedését tapasztalták magas n-3 zsírsav tartalmú takarmány etetésekor (Manilla, 1999). A szövetek, és a szervek között ezen zsírsavak beépülésében, jelentős

eltérések vannak. Az elsősorban nem takarmány eredetű hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavak (EPA, DPA, DHA) a mell és combszövetben gyorsan akkumulálódtak. Az abdominális zsírban és elsősorban a bőrben/bőr alatt, kisebb mennyiségben és késleltetve jelentek meg. Ennek oka lehet az egyes szövetek eltérő affinitása a hosszú szénláncú n-3 zsírsavak iránt (Bézar et al., 1994). A mell EPA, DPA, DHA tartalma magasan kiemelkedett a többi testrészhez képest. Ennek oka lehet az eltérő felvevőképességen túl, hogy a mellben genetikailag is magasabb a hosszú szénláncú PUFA aránya a combhoz képest (Leskanich és Noble, 1997).

A különböző hőkezelési eljárások (sütés grill, illetve mikrohullámú sütőben) a húsok SFA tartalmát nem befolyásolták, azonban a MUFA (3%) tartalmat nem jelentősen növelték és ezzel egyidejűleg a PUFA (3%) mennyiségét csökkentették, de ezek a változások elmaradtak a korábban közölt 6-7%-os csökkenéstől (Myers és Harris, 1975; Cortinas et al., 2004). A mi eredményeinket erősítik azon szerzők combból végzett vizsgálatait, akik abszolút értékben hozzánk hasonló változásokat állapítottak meg (Dawson et al., 1990; Grau et al., 2001a,b; Bou et al., 2006). Ezek az eredmények azt tükrözik, hogy a zsírsavösszetételre csak elenyésző hatással vannak ezek a hőkezelési eljárások. A konyhatechnikai eljárások közül azok befolyásolják lényegesen a zsírsavösszetételt, amelyekben a hús elkészítése hozzáadott zsiradékban történik, ugyanis ezek során a hús akár súlyának a 8%-át meghaladó mennyiségű zsírt, olajat is képes felvenni (Bonoli et al., 2007).

A vágott áru pH-ja és zsírsavtartalma között összefüggést nem volt. Az első kísérlet alapján azonban a pH eltérés befolyásolja a hús színét: magasabb pH értékhez alacsonyabb L* és kisebb a* érték párosul. A húsok összes pigmenttartalma és az objektív színmérés eredményei közt nem találtunk összefüggést. Tehát a csirkehús mért színéből nem lehet következtetni az összes pigment tartalmára. Cheng et al. (2007) eredményeihez hasonlóan tárolás alatt az a* csökkent, míg a b* fluktuált.

A TBARS anyagok mérése az egyik legelterjedtebb módszer a lipioxidációs vegyületek hatásának felmérésére, ez azonban számos hibával terhelt. A mérés során az malondialdehid mellett más, nem a lipidperoxidáció során keletkező anyagok is adják a reakciót, továbbá az malondialdehid sok egyéb vegyülettel képes reakcióba lépni (aminok, aminosavak) vagy önmagával dimereket, trimereket képezni (Aubourg, 1993). Ezek következtében alul, vagy túlértékelt lehet a mérés eredménye. Ezért is fordulhat elő az, hogy a TBARS koncentrációjának látszólagos csökkenését tapasztalták a hús tárolása során (Grau et al., 2001a). A második kísérletünkben mi is

tapasztaltunk hasonló jelenségeket. Ezért a TBARS eredményekből származó következtetések értékelésénél ezeket nem lehet figyelmen kívül hagyni.

A friss mellhús TBARS értékeire nem volt hatással sem a zsírsavtartalom, sem az n-6/n-3 zsírsavak aránya. Mindez annak ellenére történt, hogy néhány kutató negatív összefüggést talált az alacsony zsírtartalmú húsok n-6/n-3 aránya és az oxidatív stabilitása közt (Elbaraasi et al., 2005). Más - elsősorban külföldi - kutatási eredmények ennek ellenkezőjét állítják. Ezek szerint, a közel azonos PUFA tartalmú húsok esetében pozitív korreláció van a hús n-3 tartalma és a TBARS értékek közt, és ez az összefüggés mind friss, mind tárolt húsban megállapítható (Ajuyah et al., 1993; Grau et al., 2001a). A mi kísérletünkben a friss mellhúsból mért adatok nem mutattak egyértelmű összefüggést a zsírsavösszetétellel. A frissen sült hússal végzett organoleptikus vizsgálatokban semmilyen avas elváltozást nem tapasztaltunk.

A comb TBARS értékei, kezeléstől függetlenül, a tárolás alatt sokkal intenzívebben nőttek, mint a mellhúsé. Ennek oka lehet a comb magasabb zsírtartalma, és a fejlettebb érhálózata (Sklan et al., 1983; Lin et al., 1989)

A combhús tárolásakor azt tapasztaltuk, hogy az n-6/n-3 arány szűkülésével csökken az oxidatív stabilitás. Ezt a sütési vizsgálatok mind a mell, mind a combhús esetében megerősítették. A hőkezelés után jobban érzékelhetők a húsban lejátszódó oxidációs változások, ugyanis a főzés hatására az oxidációs folyamatok jelentősen felgyorsultak, ami több faktor együttes hatásának köszönhető. A hő hatására a fehérjék denaturálódnak, ennek következtében az antioxidáns enzimrendszer veszít hatékonyságából (inaktív lesz a kataláz és a glutation peroxidáz), a hemoproteinekből (elsősorban a mioglobinból) vas szabadul fel, ami katalizálja a szabad gyökök képződését (Love és Pearson, 1974; Pikul et al., 1984; Maraschiello et al., 1998). Továbbá károsodnak a sejtmembránok, a mioglobinból prooxidánsok képződnek, a hidrogénperoxid szabad gyökökre (alkoxil és hidroxil) esik szét (Rhee, 1988; Decker és Xu, 1998). Ezt a hatást több gyakorlati eredmény is igazolja, melyek egybehangzóan állítják, hogy a hőkezelés felgyorsítja a lipid oxidációt, ami a tárolási körülményektől függő sebességgel folytatódik (Sheehy et al., 1993; Jensen et al., 1997; Maraschiello et al., 1999; Grau et al., 2001a,b). A fagyasztás során csak csekély mértékben emelkedik a TBARS, a hőkezeléshez hasonló mértékű katalizáló hatása nincs.

A tárolt sült húsban mért magas TBARS értékeket a hús érzékszervi tulajdonságai is alátámasztották, erősen állott, avas ízt tapasztaltunk valamennyi kezelés esetén. Az ilyen mértékű MDA tartalom növekedés más vizsgálatok szerint is, már

befolyásolja az érzékszervi bírálót is (Ang és Lyon, 1990; Bou et al., 2001). Azonban a kezelések között lévő csekély TBA különbségek nem elegendőek ahhoz, hogy az eltéréseket érzékeltetni tudjuk. Az oxidatív átalakulás ilyen kismértékű különbségeit az érzékszervi vizsgálatokkal nem lehet kimutatni. Korábbi vizsgálatokban sem sikerült érzékszervi vizsgálatokkal ilyen kismértékű TBARS különbségeket megerősíteni (Bou et al., 2001).

6. A VIZSGÁLAT EREDMÉNYEINEK GYAKORLATI JELENTŐSÉGE

Az általunk használt olajokról összességében elmondható, hogy jól használhatóak a brojlerek funkcionális takarmányozására, a termelési eredmények romlása nélkül. Használatukat elsősorban az áruk, illetve a túlzott lenmagolaj etetés esetén, a hús kellemetlen ízének megjelenése korlátozhatja.

Eredményeink alapján a hús PUFA tartalma, egyaránt sikeresen növelhető napraforgó, szójaolaj vagy lenmagolaj etetésével. Ha azonban szem előtt tartjuk a hús n-6/n-3 tartalmát is, aminek legalább ugyanakkora a jelentősége, mint az összes PUFA tartalomnak, akkor már nem mindegyik vizsgált olaj javasolható. Magas linolsavtartalma miatt sem a napraforgó-, sem a szójaolaj kiegészítést tartalmazó takarmány használatát nem javasoljuk. Az önmagában történő lenmagolaj kiegészítés magas beszerzési ára, és az organoleptikus tulajdonságok esetleges romlása miatt kockázatos. Vizsgálataink alapján ideális alapanyagként tartjuk a repce- és lenmagolajból álló keveréket. Ennek a segítségével sikeresen előállítható az ember számára optimális n-6/n-3 zsírsavarányú hús.

Az általunk javasolt bekeverési aránnyal számolva, a kísérlet beállításának idején, a táp átlagárát az olajkiegészítés kb. 7%-kal növeli meg (repceolaj beszerzési ára: 155 000 Ft/t; lenmagolaj beszerzési ára: 258 000 Ft/t, 2006). Az olajkiegészítés okozta takarmányárváltozást a 31. táblázat mutatja.

31. táblázat

A hagyományos és a kísérleti táp ára (Ft/kg)

	Hagyományos	Kísérleti
Indító	72,8	77,3
Nevelő	65,0	69,5
Befelező	59,9	64,4
Átlagár	65,0	69,5

Köszönhetően annak, hogy a termelési paramétereket nem befolyásolja a fenti olajkiegészítés, a hizlalás összes költségnövekedése megegyezik a takarmány árának emelkedésével. A 32. táblázat a háromféle etetési időtartam költségkalkulációját tartalmazza. Ebben az esetben a fajlagos takarmányhasznosítás 1,9 kg/kg, a vágási súly pedig 2,1 kg. Annak tudatában, hogy a zsírsavösszetétel már egy hetes etetést követően is jelentősen átalakul, ha a célunk a kedvező n-6/n-3 arányú csirkehús előállítása akkor

elegendő a befejező fázisban etetni a kísérleti tápot. Így a takarmány költség növekedése csupán 3,5% lesz, a termelési költségé, pedig 2% körüli. Ha magas hozzáadott értékű, speciális termék előállítása a cél, akkor indokolt a hizlalás teljes hosszában a kísérleti takarmányt etetni. Ekkor ugyanis a hús n-6/n-3 zsírsavaránya bár nem javul jelentősen, de a fokozódó EPA, DPA, és DHA tartalom miatt egy táplálkozásélettani szempontból sokkal jobb minőségű húst kapunk, ami alkalmas azon társadalmi csoportok igényeit kiszolgálni, amelyeknek szükségletei magasabbak. Kiemelt jelentősége lehet bébiételek, tápszerek, általános roboráló készítmények előállításában.

32. táblázat

**1 kg brojler csirke előállításának takarmány költsége, a kísérletek adatai alapján
(Ft, 2006-ban)**

Hagyományos tápsor	123,9
Kísérleti tápsor	
a befejező szakaszban:	127,1
a nevelő szakasztól:	130,3
indítótól a hizlalás végig:	132,5

A 33. táblázat 100 g termékben lévő n-3 zsírsavak mennyiségét mutatja. A kísérleti táppal hizlalt csírkék valamennyi szövete 5-8-szor nagyobb mennyiségben tartalmazza az n-3 zsírsavakat, mint a hagyományos zsírkiegészítéssel (sertészsír, napraforgóolaj) felnevelt társaik.

33. táblázat

100 g termékben lévő α -linolénsav mennyisége (mg)

	konvencionális táppal nevelt csirke			kísérleti táppal nevelt csirke		
	mellfilé	comb		mellfilé	comb	
		bőr nélkül	bőrrel		bőr nélkül	bőrrel
α -Linolénsav	15	64	64	89	323	323
Napi szükséglet %-a	1	5	6	7	25	41
EPA+DPA+DHA	6	11	11	50	58	65

*A napi szükséglet nemenként és korosztályonként eltér: gyermekek (700-900 mg/nap), nők (1000-1100 mg/nap) terhesség és szoptatás alatt (1300-1400 mg/nap), férfiak (1200-1600 mg/nap)

A hazai lakosság a húsfélések közül baromfiból fogyaszt a legtöbbet. Ez az a hús, amit szinte mindenki napi rendszerességgel fogyaszt, ezért fontos szerepe lehet abban, hogy biztosítsa a lakosság számára a kellő mennyiségű n-3 zsírsavbevitelt.

Eredményeink alapján javasolható a brojler tápokban a kísérletben használt olajkeverék (3%) használata, mivel hatására a hús zsírsavtartalma kedvező irányba változik. Ennek hatására javul az n-6/n-3 zsírsavarány, valamint jelentősen nő a hosszú szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége. Ezek a változások pedig nem rontják hús organoleptikus, technológiai minőségét.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Az általunk vizsgált módosított zsírsavösszetelű takarmányok etetése nem befolyásolta a brojlerek takarmányhasznosítását, a mell és combhús kémiai összetételét.

2. Az abdominális zsír mennyiségét izonitrogénes és izokaloriás takarmány esetén nem az összes többszörösen telítetlen zsírsavtartalom, hanem az n-6 és n-3 zsírsavak aránya befolyásolja. A takarmány linolsav tartalma és az abdominális zsírtartalom közt pozitív, míg az α -linolénsav tartalom és az abdominális zsírtartalom közt negatív összefüggés áll fenn.

3. A takarmány zsírsavtartalmának változása, már rövid (egy hetes) etetési időt követően is módosítja a húsminták zsírsavtartalmát.

4. A vizsgált szövetek közül a hosszú szénláncú többszörösen telítetlen n-3 zsírsavak (EPA, DHA) elsősorban a mell és a combhúsban jelentek meg, a bőrben és az abdominális zsírban nem, vagy csekély mértékben.

5. A friss hús TBARS értékeit nem befolyásolja az n-6/n-3 zsírsavak aránya, viszont tárolás alatt az oxidatív stabilitás csökken a hús n-6/n-3 zsírsavarányának szűkülésével.

6. Csirke mell- és combhúsban a CIE L*a*b* rendszerű színmérés és a pigmenttartalom közt nincs összefüggés, a szint valószínűsíthetően a hús végső pH-ja befolyásolja.

7. Az általunk összeállított olajkeverék működött, mint funkcionális takarmány, igazolva azt, hogy etetésével lehetőség van egy funkcionális élelmiszer előállítására.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Az állati termékek különböző táplálóanyagai (pl.: esszenciális aminosavak és zsírsavak) nélkülözhetetlenek az emberi szervezet normális fejlődéséhez, működéséhez. Ezek közül a húsok táplálkozásélettani minőségét nagyban meghatározza annak zsírsavösszetétele. Az emberi szervezet számára a linol és linolénsav esszenciális zsírsavak, melyek abszolút és egymáshoz viszonyított relatív mennyisége is kiemelkedő jelentőségű a fejlődés és az egészség szempontjából. Számos tudományos kutatási eredmény bizonyítja, hogy ezek a hosszú szénláncú zsírsavak elengedhetetlenek a csecsemők normális idegi és szellemi fejlődéséhez, valamint már a köztudatba is bekerült az n-3 zsírsavak szív és keringési betegségek megelőzésében betöltött szerepe. Célunk volt, hogy funkcionális takarmányozással egy magasabb táplálkozásélettani minőségű húst (kedvezőbb zsírsavösszetétel) állítsunk elő. Továbbá vizsgáltuk a zsírsavösszetétel és a húsminőség kapcsolatát. Ennek érdekében először egy hizlalási kísérletet végeztünk, majd az így kapott hús technológiai, táplálkozásélettani és organoleptikus minőségét vizsgáltuk.

A vizsgálatban Ross-308-as brojler kakasok vettek részt. A tartási technológia az ajánlásoknak megfelelő volt, a csibéket 20 egyforma tesztfülkében helyeztük el. A kezelések közti változó a takarmány zsírsavösszetétele volt, amit különböző zsíroknak és olajoknak a takarmányhoz való keverésével értük el. Az 1. kezelésben sertészsír, a 2. kezelésben napraforgó olaj, a 3. kezelésben szójaolaj, a 4. kezelésben pedig lenmagolaj adagolásával biztosítottuk az eltérő zsírsavösszetételt. Az állatok a kísérleti takarmányokat az egész hizlalás alatt, ad libitum fogyasztották. A hizlalás a vágási testsúly eléréséig, a 35. napig tartott. Ez idő alatt hetente, egyedileg mértük a brojlerek súlyát, valamint a csoportok takarmány felvételét. Az elhullások oka és a kiesett állatok súlya is feljegyzésre került. A termelési adatok számítása az így kapott adatokból történt. A nevelés végén kezeléisenként 60 brojlert levágtunk és minősítettünk. Meghatároztuk a grilltömeget, a belső szervek, a hasüri zsír, valamint a comb és a mell tömegét.

A laboratóriumi húsvizsgálatokhoz kezeléisenként 10 csirkét dolgoztunk fel. Meghatároztuk a mellhús pH-ját és zsírsavösszetételét, a mell és a comb kémiai összetételét (szárazanyag-, víz-, fehérje-, zsírtartalmát), és összes pigmenttartalmát. Továbbá vizsgáltuk a hűtve tárolás során lejátszódó színváltozásokat, valamint az oxidációs átalakulás mértékét. A színváltozást chromaméterrel mértük (CIE L*a*b*

színrendszerben), míg az oxidációs folyamatok mértékének számszerűsítésére a minták TBARS értékeit határoztuk meg. A hús organoleptikus vizsgálatát egy tapasztalt bírálóbizottság végezte.

A nevelési eredményekben nem találtunk szignifikáns különbséget az etetett takarmányok közt, és a vágóhídi minősítés sem mutatott különbséget a grill-, valamint az értékes húsrészek tömegében. A sertészsírt és a napraforgóolajat fogyasztó kezelések máj, valamint abdominális zsír súlya szignifikánsan nagyobb volt, mint a magasabb α -linolénsav tartalmú takarmányt fogyasztó szója- és lenmagolajos kezelésekben.

A takarmány zsírsavösszetétele tükröződött a mellhúsok zsírsavösszetételében. Ahogy nőtt a takarmány PUFA tartalma, úgy nőtt a húsé is. A magas α -linolénsav tartalmú tápok hatására emelkedett a hús eikozapentaénsav és dokozahexaénsav tartalma, és szűkült az n-3/n-6 zsírsavarány.

A laboratóriumi húsvizsgálatokból kiderült, hogy a lenmagolajos kezelés mintáinak pH-ja, valamint hamutartalma szignifikánsan magasabb, mint a többié. Ebben a kezelésben volt a legmagasabb az összpigment tartalom is, bár a különbség már nem volt olyan markáns. Ezt a magasabb összpigmenttartalmat chromaméteres színméréssel nem tudtuk kimutatni. A tárolás során hasonló színváltozás játszódott le mind a négy kezelésben. A TBARS értékek a 8 napos tárolás során folyamatosan emelkedtek. A napraforgóolajos és a lenmagolajos kezelés esetében a tárolás végén szignifikánsan alacsonyabb értékeket mértünk, mint a másik két kezelésben. Az organoleptikus vizsgálat során leggyengébbnek a lenmagolaj kiegészítést fogyasztó csirkék húsát éreztük, míg a legjobbnak a sertészsír kiegészítést fogyasztókét.

Második kísérletünkben, egy általunk összeállított lenmag és repceolaj keverék hatását vizsgáltuk. A kísérlet összeállításakor az etetési időt is figyelembe vettük, így vizsgálva azt, hogy mennyi idő szükséges ahhoz, hogy a takarmány alapján várható n-6/n-3 arány a szövetekben kialakuljon. A hizlalási kísérlet körülményei, és a rögzített adatok köre megegyezett az első kísérletével, azonban a laboratóriumi vizsgálatok körét jelentősen bővítettük. A pH mérést, az összpigmenttartalom és a kémiai összetétel meghatározását nemcsak mellből, hanem combból is elvégeztük. A TBARS értékeket is mind a két testrészben vizsgáltuk, valamint egy 6 hónapos fagyasztva tárolásos kísérletet is beállítottunk. A színméréseket 10 napon keresztül, napi rendszerességgel végrehajtottuk. A zsírsavanalíziseket nem csak a nyers, hanem hőkezelt (sütött) mintákból is elvégeztük mindkét húsrész esetében.

A nevelést tekintve, a 6. kezelés (a befejező fázisban fogyasztotta a kísérleti

takarmányt) érte el a legnagyobb testtömeget, de a fajlagos takarmányhasznosításban nem volt különbség a kezelések között. A vágóhídi mérések közül csak a csontos mell tömegben volt szignifikáns különbség, itt az 5. és 7. kezelés megelőzte a 8-at. A zsírsavösszetétel eredményeit vizsgálva látható, hogy a kísérleti takarmány etetési idejének növekedésével minden vizsgált szövetben emelkedett az α -linolénsav tartalom és csökkent az n-6/n-3 arány. A mell és combhúsban ezen kívül még jelentős mennyiségű hosszú szénláncú PUFA is képződött, ellentétben az adiposa szövetekkel, ahol ezek a metabolikus zsírsavak alig jelentek meg. Egyik hőkezelési eljárásnak sem volt jelentős hatása a zsírsavösszetételre. Az összpigment tartalom vizsgálatok nem mutattak összefüggést a kezelésekkel. A tárolásos vizsgálatok szerint, a hűtve tárolás alatt csak lassan emelkednek a TBARS értékek. A magasabb zsírtartalmú szöveteknek magasabb a kezdeti TBARS értéke, és annak emelkedése is intenzívebb a tárolás alatt, de a hús megromlásáig sem éri el az organoleptikusan érezhető értéket. A sütési vizsgálatok eredménye szerint a hőkezelés katalizálja az oxidációt, ami a sütés utáni tárolás alatt gyors TBARS emelkedésben jut kifejezésre. Tárolás során egyik húsrész rendellenes színváltozását sem tapasztaltunk. A kezelések organoleptikus tulajdonságai nem különböztek jelentősen friss húsban. A sült hús 4 napos hűtve tárolása azonban, mindegyik kezelés tulajdonságait igen hátrányosan befolyásolta.

A kísérletek eredményeit, a szakirodalmi ismeretekkel összevetve a következő eredményekre jutottunk. Az általunk használt olajkiegészítések csak elhanyagolható mértékben, vagy egyáltalán nem befolyásolják a brojler teljesítményét. A takarmány telítetlen zsírsavtartalmának növelése csökkenti az abdominális zsír mennyiségét. A magas SFA tartalmú takarmányokon nevelt brojlerekhez képest a máj tömege csökken a takarmány PUFA tartalmának növelésével. A takarmány zsírsavösszetételének változása a többi testrész méretét nem befolyásolja. A brojler test zsírsavösszetétele jól módosítható a takarmány zsírsavösszetételének a megváltoztatásával. Míg a takarmány zsírsavai rövid időn belül megjelennek a szövetekben, addig az állatban szintetizálódó hosszú szénláncú PUFA-k felhalmozódása hosszabb időt igényel. A szervezeten belüli eloszlásuk erős szöveti differenciáltságot mutat (mell>comb>>abdominális zsír=bőr). A n-6/n-3 arány szűkítésével fokozható a mell és comb EPA és DHA szintje. A magas linolénsavtartalmú takarmány csökkenti a szövetek arachidonsavtartalmát. A szövetekben felhalmozódott zsírsavak mennyiségét nem befolyásolják a hozzáadott olaj nélküli sütési, főzési módszerek. A mell és

combhús kémiai összetételét a takarmány zsírsavösszetétele nem befolyásolja. A takarmány ezen paramétereit a hús színére sincsennek hatással, a színt és a színstabilitást elsősorban a hús pH-ja és összes pigmenttartalma határozza meg. Magasabb pH értékhez általában sötétebb szín, így alacsonyabb l^* és magasabb a^* érték párosul. A csirkehús oxidatív stabilitását a zsírsavösszetétel csekély mértékben befolyásolja, a szövetek eltérő mértékű zsírtartalmának a hatása sokszorta nagyobb. A magasabb n-3 tartalmú csirkehús, hasonlóan a konvencionális termékekhez nyersen, akár hűtve vagy fagyasztva, jól tárolható. Sütés, főzés hatására az avasodási folyamatok jelentősen felgyorsulnak.

Eredményeink alapján a brojler tápok 3%-os kísérleti olajkeverékkel (1,5% lenmag-, 1,5% repcemagolaj) való kiegészítése javasolható, mert így úgy javítható a hús zsírsavtartalma, hogy közben sem a brojlerek teljesítményének, sem pedig a hús egyéb minőségi tulajdonságainak csökkenésétől nem kell tartani. Így ez hatékony formája lehet egy olyan funkcionális csirketakarmányozásnak, ahol táplálkozásélettani szempontból értékeesebb hús előállítása a célunk.

9. SUMMARY

The objective of functional broiler nutrition was to general, through dietary manipulations, specific quality (additional health value for the consumer) the final product. Because for a healthy diet, animal products are of outstanding significance. Their various nutritive materials (e.g. essential amino acids and fatty acids) are indispensable for the normal development, functioning of the human body. The quality of meats in terms of the physiology of nutrition is largely determined by their composition of fatty acids. For the human body, linoleic and linolenic acid are regarded as essential fatty acids whose absolute and relative quantities are also of high importance, and that are to be taken up from food. Several scientific research results evidence that these long-chain fatty acids are essential for the normal nervous and mental development of infants, and it is now also publicly known that that n-3 fatty acids have a key role in the prevention of the diseases of the heart and circulatory system. Due to the demands of the conscious consumers, there is an increasing need for the production of such foodstuffs with special compositions that can occasionally be considered as functional foods.

The functional animal nutrition allows the production of foodstuffs of higher quality. Towards this end, first we conducted a fattening experiment, and then studied the technological, nutritional physiological and organoleptic qualities of the raw materials received.

The studies were performed with Ross-308 broilers. The variable in between the individual treatments was the fatty acid composition of the diet, which could be achieved with the combination of various fats and oils with the diet. In Treatment 1 lard, in Treatment 2 sunflower seed oil, in Treatment 3 soybean oil, whereas in Treatment 4 flax oil was added in order to ensure different fatty acid composition. The animals consumed the experimental diets ad libitum throughout the entire process of fattening. The process of growing lasted to the 35th day, until the slaughter weight was reached. During this period, the weight of the birds was measured individually on a weekly basis, alongside with the feed uptake of the groups. At the end of the breeding, 60 broilers per treatment were slaughtered and rated.

For the purposes of laboratory meat investigations, 10 birds per treatment were processed. The pH and fatty acid composition of the breast meat was established together with the chemical composition of the breast and leg (dry matter, water, protein

and fat contents) and total pigment content. In addition, the studies involved the colour alterations occurring during refrigerated storing, as well as the extent of oxidation transformation. The colour change was measured with the use of a chromameter (CIE $L^*a^*b^*$ in the colour system), while the extent of oxidation processes was quantified with the establishment of the TBARS values of the samples.

No significant differences were found in the breeding results between the supplied diets, and the carcass yield did not show differences either in the weights of the grill and valuable meat parts. In the case of the treatments involving the consumption of lard and sunflower seed oil, the weight of the liver and abdominal fat was significantly larger than in the soybean and flax oil treatments with feeds containing more α -linolenic acid.

The fatty acid composition of the diets was reflected in the fatty acid composition of breast meats. The larger the PUFA content of the feed became, so increased the same parameter of the meat. As a result of diets with high α -linolenic acid contents, the eikozapentaen acid and docozahexaen acid contents of meats increased, while the n-3/n-6 fatty acid ratio narrowed.

The laboratory meat examinations revealed that the pH_{24} of the samples subjected to flax oil treatments, as well as their ash contents were significantly larger than those of the other samples. This latter treatment brought about the largest total pigment content, as well, though the differences were not so marked. The larger total pigment content could not be evidenced with colorimetric colour measurements. In the course of the storage, similar colour changes took place in all the four treatments. The TBARS values tended to be increasing continuously during the 8-day storage. In the case of the sunflower seed oil and flax oil treatments, at the end of the storage significantly lower values could be measured than in the other two treatments. During the organoleptic investigation, the meat of birds consuming flax oil addition was experienced to be the weakest, whereas the best evaluation was given to the birds having consumed lard.

In our second experiment, a mixture of flax and rape oil prepared by us was compared to the sunflower seed oil. Feeding time was used as a variable in the feeding experiment, thereby examining how much time was needed for the development of the n-6/n-3 ratio in the tissues. The circumstances of the fattening experiment and the scope of data recorded corresponded to those of the first experiment, yet the scope of laboratory investigations was considerably expanded. It was not only the breast meat,

but also the leg that were subjected to the measurement of pH, as well as the determination of the total pigment content and chemical composition. TBARS values were also examined in both parts, and a 6-month refrigerated storage experiment was also conducted. Colour measurements were repeated throughout 10 days, with a daily frequency. Fatty acid analyses were carried out both in the raw and heat-treated (grilled) samples for both meat parts.

With respect to growing, Treatment 6 (the experimental diet was consumed in the finishing phase) could achieve the largest body weight, yet no differences were detected in the specific feed conversion ratio among the treatments. With the rise of the feeding time of the experimental feed, all the examined tissues showed increased α -linolenic acid contents, while the n-6/n-3 ratio dropped. Furthermore, considerable quantities of long-chain PUFA were generated in the breast and leg meats, in contrast with the adiposa tissues, where these metabolic fatty acids were hardly present. None of the heat treatments had a significant effect on the fatty acid composition. Simultaneously with the rise of the linolenic acid contents of the meats, the pH₂₄ increased in the leg and breast. As concerning the tissues, the leg reflected the higher pH. The total pigment content studies did not suggest any correlation among the treatments. In the storage examinations, during the refrigerated storage TBARS values rose only slowly. Tissues with larger fat contents had higher initial TBARS values, and they also increased more intensively during the storage, yet until the perishing of the meat they did not reach up to the values perceived organoleptically. In the light of the results of the grilling experiments, the heat treatment catalyzed oxidation, which during the storage after grilling surfaced in the quick rise of TBARS. After the storage, abnormal colour changes were not found for any of the meat parts. The organoleptic properties of the treatments did not differ from those of the fresh meat. Nevertheless, the 4-day refrigerated storage of grilled meat impacted the properties of all the treatments very unfavourably.

When comparing the results of the experiments with the information from scientific literature, the following conclusions could be drawn. The oil additions applied in these studies influence the production of the broilers just to an insignificant extent. Any increase in the unsaturated fatty acid content of the diet raises the quantity of abdominal fat. In comparison with broilers grow on high SFA-content feeds, the weight of the liver decreases with the increase of the PUFA content of the feed. Changes in the fatty acid composition of the diet do not influence the sizes of the other body parts. The

fatty acid composition of the broiler can be easily modified with the alteration of the fatty acid composition of the diet. The fatty acids of the diet appear in the tissues within a short while. The accumulation of long-chain PUFAs synthesized in the birds takes a longer time, while their distribution in the body shows strong differentiation in the tissues (breast>leg>>abdominal fat = skin). By narrowing the n-6/n-3 ratio, the EPA and DHA levels of the breast and leg can be increased. Feeds with large linolenic acid contents reduce the arachidonic acid content of the tissues. The quantities of fatty acids accumulated in the tissues are not high influenced by cooking, grilling methods without added oil. The chemical composition of the breast and leg meat is not influenced by the fatty acid composition of the diet. These parameters of the feed have no effects on the colour of the meat either, as the colour and colour stability are primarily determined by the pH and total pigment contents of the meat. Higher pH values are in general accompanied by darker colours, and thus lower L^* and higher a^* values. The oxidative stability of the chicken meat is influenced by the fatty acid composition just to a minor extent, the effects of the different fat contents in the tissues are much more pronounced.

In the light of our results, broiler diets are recommended to be added with 3% experimental oil mixture (50% flax, 50% rape seed), because it improves the fatty acid content of the meat, while any drop in the production of broilers, or the deterioration of other quality properties of the meat is not foreseeable. This can be an efficient form of such a functional chicken nutrition where the objective is the production of more valuable meat in terms of nutritional physiology.

10. FELHASZNÁLT IRODALOM

1. ADA Reports (2004): Position of the American Dietetic Association: Functional Foods. *J. Am. Diet Assoc.*, 104. 814-826.
2. Ajuyah, A. O., Ahn, D. U., Hardin, R. T., Sim, J. S. (1993): Dietary antioxidants and storage affect chemical characteristics of ω -3 fatty acid enriched broiler chicken meats. *J. Food Sci.*, 58. 43–46.
3. Ajuyah, A. O., Lee, K. H., Hardin, R. T., Sim, J. (1991a): Changes in the yield and the fatty acid composition of whole carcass and selected meat portions of broiler chickens fed full fat oil seeds. *Poultry Sci.*, 70. 2304-2314.
4. Ajuyah, A. O., Lee, K. H., Hardin, R. T., Sim, J. S. (1991b): Influence of dietary full-fat seeds and oils on total lipid, cholesterol and fatty acid composition of broiler meats. *Can. J. Anim. Sci.*, 71. 1011-1019.
5. Al-Athari, A. K., Watkins, B. A. (1988): Distribution of trans and cis18:1 fatty acid isomers in chicks fed different fats. *Poultry Sci.*, 67. 778-786.
6. Allen, C. D., Fletcher, D. L., Northcutt, J. K., Russel, S. M. (1998): The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life. *Poultry Sci.*, 77. 361-366.
7. Allen, C. D., Russel, S. M., Fletcher, D. L. (1997): The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf-life and odor development. *Poultry Sci.*, 76. 1042-1046.
8. An, B. K., Banno, C., Xia, Z. S. (1997): Effects of dietary fat sources on lipid metabolism in growing chicks. *Comp. Biochem. Phys. Part B: Biochem. Phys.*, 116, 119-125.
9. Ang, C. Y. W., Lyon, B. G., (1990): Evaluations of warmedover flavor during chill storage of cooked broiler breast, thigh and skin by chemical, instrumental and sensory methods. *J. Food Sci.*, 55. 644–648.
10. Antal, M., Gáál, Ö., (1998): Többszörösen telítetlen zsírsavak jelentősége a táplálkozásban. *Orvosi Hetilap*, 139. 1153-1158.
11. Arakawa, K., Sagai, M. (1986): Species Differences in lipid peroxide levels in lung tissue and investigation of their determining factors. *Lipids*, 21. 769-775.
12. Arbuckle, D., McKinnon, M. J. M., Innis, S. M. (1994): Formula 18:2 (n-6) and 18:3 (n-3) content and ratio influence long-chain polyunsaturated fatty acids in developing piglet liver and central nervous system. *J. Nutr.*, 124. 289-298.

13. Aubourg, S. P. (1993): Interaction of malondialdehyde with biological molecules-new trends about reactivity and significance. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 28. 323-335.
14. Azman, M.A., Konar, V., Seven, P. T (2004): Effects of different dietary fat sources on growth performances and carcass fatty acid composition of broiler chickens. *Revue Med. Vet.*, 155. 1-9.
15. Babinszky, L., Tossenberger, J., Juhász, M., Tóth, R., Halas, V., Szabó, J. (1999): A takarmány többszörösen telítetlen zsírsav tartalmának hatása a brojlercsirkék teljesítményére és testösszetételére. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 48. 507-524.
16. Barlow, S., Pike I. H. (1991.): Humans, animals benefit from omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Feedstuffs*, 63. 18-20.
17. Barna, M. (1999): Táplálkozás-Diéta, Medicina könyvkiadó, Budapest, 47-53.
18. Bensadoun, A., Rothfield, A., (1972): The form of absorption of lipids in the chicken (*Gallus domesticus*). *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 41. 814-817.
19. Bartos, Á., Pál, L., Bányai, A., Horváth, P., Wágner, L., Dublec, K. (2004): A halolaj és különböző növényi olajok hatása a brojlercsirkék teljesítményére, a hús élvezeti értékére, valamint a szövetek zsírsavösszetételére. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 53. 61-75.
20. Bézard, J., Blond, J. P., Bernard, A., Clouet, P., (1994): The metabolism and availability of essential fatty acids in animal and human tissues. *Reprod. Nutr. Dev.*, 34. 539-568.
21. Bjerve, K. S., Fischer, S., Wammer, F., Egeland T., (1989): α -Linolenic acid and long chain ω -fatty acid supplementation in three patients with ω -fatty acid deficiency: effect of lymphocyte function, plasma and red cell lipids, and prostanoid formation. *Am. J. Clin. Nutr.*, 49. 290-300.
22. Bjerve, K. S., Mosted, i. L., Thoresen, L. (1987): α -Linolenic acid deficiency in patients on long-term gastric tube feeding: estimation of linolenic acid and long chain unsaturated n-3 fatty acid requirement in man. *Am. J. Clin. Nutr.*, 45. 66-77.
23. Bonoli, M., Fiorenza Caboni, M., Rodriguez-Estrada, M. T., Lercker, G. (2007): Effect of feeding fat sources on the quality and composition of lipids of precooked ready-to-eat fried chicken patties. *Food Chem.*, 101. 1327-1337.
24. Bou, R., Grimpa, S., Guardiola, F., Barroeta, A. C., Codony, R. (2006): Effects

- of various fat sources, α -tocopheryl acetate, and ascorbic acid supplements on fatty acid composition and α -tocopherol content in raw and vacuum-packed, cooked dark chicken meat. *Poultry Sci.*, 85. 1472-1481.
25. Bou, R., Guardiola, F., Barroeta, A. C., Codony, R. (2005): Effect of dietary fat sources and zinc and selenium supplements on the composition and consumer acceptability of chicken meat. *Poultry Sci.*, 84. 1129–1140.
26. Bou, R., Guardiola, F., Grau, A., Grimpa, S., Manich, A., Barroeta, A., Codony, R. (2001): Influence of dietary fat source, α -tocopherol, and ascorbic acid supplementation on sensory quality of dark chicken meat. *Poultry Sci.*, 80. 800-807.
27. Boudreau, M., Chanmugam, P., Hart, S., Lee, S. H., Hwang, D. H. (1991): Lack of dose response by dietary n-3 fatty acids at a constant n-3:n-6 fatty acid ratio in suppressing eicosanoid biosynthesis from arachidonic acid. *Am. J. Clin. Nutr.*, 54. 111-117.
28. Bourre, J. M., Francois, M., Youyou, A., Dumont, O., Piciotti, M., Pascal, G., Durand, G. (1989): The effects of dietary α -linolenic acid on the composition of nerve membranes, enzymatic activity, electrophysiological parameters, resistance to poisons and performance of learning tasks in rats. *J. Nutr.*, 119. 1880-1892.
29. Brenner, R. R., (1971): The desaturation steps in the animal biosynthesis of polyunsaturated fatty acids. *Lipids*, 6. 567-575.
30. British Nutrition Foundation (1992): Unsaturated fatty acids. Nutritional and physiological significance. The report of the British Nutrition Task Force. Chapman & Hall, London, 211.
31. Burdge, G. C., Jones, A. E., Wright, P., Ware, L., Wootton, S. A. (2001): α -Linolenic acid metabolism in adult men: evidence for synthesis of eicosapentaenoic and docosapentaenoic acids, but not docosahexaenoic acid. *Proc. Nutr. Soc.*, 60. 22.
32. Burdge, G. C., Wootton S. A. (2002): Conversion of α -linolenic acid to eicosapentaenoic, docosapentaenoic and docosahexaenoic acid in young women. *Br. J. Nutr.*, 88. 411-420.
33. Carlson, S., Cooke, R., Rhodes, P., Peeples, J., Werkman, S. (1992): Effects of vegetable and marine oils in preterm infant formulas on blood arachidonic and docosahexaenoic acids. *J. Pediatr.*, 120. 159-167.

34. Carrick, C. W., Hauge, S. M. (1926): The effect of cod-liver oil upon flavor in poultry meat. *Poultry Sci.*, 5. 213-215.
35. Chan, J. K., McDonald, B. E., Gerrard, J. M., Bruce, V. M., Weaver, B. J., Holub, B. J. (1993): Effect of dietary α -linolenic acid and its ratio to linoleic acid on platelet and plasma fatty acids and thrombogenesis. *Lipids*, 28. 811-817.
36. Chanmugam, P., Boudreau, M., Bouttle, T., Park, R. S., Herbert, J., Berrio, L., Hwang, D. H. (1992): Incorporation of different types of n-3 fatty acids into tissue lipids of poultry. *Poultry Sci.*, 71. 1658-1668.
37. Cheng, J. H., Wang, S. T., Ockerman, H. W. (2007): Lipid oxidation and color change of salted pork patties. *Meat Sci.*, 75. 71-77.
38. Cherian, G., Selvaraj, R. K., Goeger, M. P., Stitt, P. A. (2002): Muscle Fatty Acid Composition and Thiobarbituric Acid-Reactive Substances of Broiler Fed Different Cultivars of Sorghum. *Poultry Sci.*, 81. 1415-1420.
39. Cho, H. P., Nakamura, M. t., Clarke, S. D. (1999a): Cloning, Expression, and Nutritional Regulation of the Mammalian Δ -6 Desaturase. *J. Biol. Chem.*, 274. 471-477.
40. Cho, H. P., Nakamura, M. t., Clarke, S. D. (1999b): Cloning, Expression, and Fatty Acid Regulation of the Human Δ -5 Desaturase. *J. Biol. Chem.*, 274. 373-379.
41. CIE (1976): Official recommendations on uniform color space, color difference equations and metric color terms. *Colorimetry CIE Publications*, Vol. 15 (suppl. 2). Commission International de L'Eclairage, Paris
42. Clarke, S. D. (2000): Polyunsaturated fatty acid regulation of gene transcription: a mechanism to improve energy balance and insulin resistance. *Br. J. Nutr.*, 83. (Suppl.1) 59-66.
43. Clarke, S. D., Jump, D. B. (1994): Dietary Polyunsaturated Fatty Acid Regulation of Gene Transcription, *Ann. Rev. Nutr.*, 14. 83-98.
44. Cornforth, D. P. (1994): Color and Its Importance. In: *Quality Attributes and Their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products*. Ed.: Pearson, A. M., Dutson, T. R., Chapman and Hall, London, 34-78.
45. Cortinas, L., Villaverde, C., Galobart, J., Baucells, M. D., Codony, R., Barroeta A. C., (2004): Fatty Acid Content in Chicken Thigh and Breast as Affected by Dietary Polyunsaturation Level. *Poultry Sci.*, 83. 1155-1164.
46. Crespo, N. Esteve-Garcia, E. (2001): Dietary Fatty Acid Profile Modifies

- Abdominal Fat Deposition in Broiler Chickens. *Poultry Sci.*, 80. 71-78.
47. Crespo, N., Esteve-Garcia, E. (2002a): Dietary Polyunsaturated Fatty Acids Decrease Fat Deposition in Separable Fat Depots but Not in the Remainder Carcass. *Poultry Sci.*, 81. 512-518.
48. Crespo, N., Esteve-Garcia, E. (2002b): Nutrient and Fatty Acid Deposition in Broilers Fed Different Fatty Acid Profiles. *Poultry Sci.*, 81. 1533-1542.
49. Cunnane, S. C., Anderson, M. J. (1997): The Majority of Dietary Linoleate in Growing Rats Is β -Oxidized or Stored in Visceral Fat. *J. Nutr.*, 127. 146-152.
50. Dawson, P. L., Sheldon, B. W., Larick, D. K., Ball, H. R., (1990): Changes in the phospholipid and neutral-lipid fractions of mechanically deboned chicken meat due to washing, cooking, and storage. *Poultry Sci.*, 69. 166-175.
51. Decker, E. A., Xu, Z. (1998): Minimizing rancidity in muscle foods. *Food Technol.*, 52. 54-59.
52. Demandre, C., Tremolieres, A., Justie, A. M., Mazliak, P. (1986): Oleate desaturation, in six phosphatidylcholine molecular species from potato tuber microsomes. *Biochim. Biophys. Acta*, 877. 380-386.
53. Drapeau, C., Kushak, R. I., Van Cott, E. M., Winter, H. H. (2001): Blue-green algae *Aphanizomenon flos-aque* as a source of dietary polyunsaturated fatty acids and a hypocholesterolemic agent in rats. In: *Omega-3 Fatty Acids. Chemistry Nutrition and Health Effects*. Eds.: Shahidi, F., Finley, J. W., American Chemical Society, Washington, 125-141.
54. Dublec, K., Vincze, L., Kovács, G., Pál, L., Bartos, Á., Tóth, G. (1999): A hús minőségének javítását célzó új perspektívák a baromfitakarmányozásban. XI. Georgikon Tudományos Napok Kiadványa, 392-397.
55. Dyerberg, J., Bang, H. O. (1979): Haemostic function and platelet polyunsaturated fatty acids in Eskimos. *Lancet*, 433-435.
56. Dyerberg, J., Bang, H. O., Stoffersen, E., Moncada, S., Vane, J. R. (1978): Eicosapentanoic acid and prevention of thrombosis and atherosclerosis? *Lancet*, 2. 117-119.
57. Elbaraasi, H., Mézes, M., Balogh, K., Horváth, L., Csengeri, I., Fébel, H. (2005): Effect of different dietary fat sources on production traits, lipid peroxide status and on the glutathione redox system in African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell) fingerlings. *Acta Biol. Hung.*, 56. 165-168.
58. Emken, E. A., Adolf, R. O., Gully, R. M. (1994): Dietary linoleic acid influences

- desaturation and acylation of deuterium-labelled linoleic and linolenic acids in young adult males. *Biochem. Biophys. A.*, 1213. 277-288.
59. Food and Agriculture Organization/World Health Organization (1998): General Conclusions and recommendations of the consultation. Expert Consultation on Fats and Oils in Human Nutrition. Rome, 3-9.
60. Fry, J. K., Van Wallenghem, P., Waldroup, P. W., Harms, R. H. (1965): Fish meal studies 2. Effect of level and sources on „fishy flavor” in broiler meat. *Poultry Sci.*, 44. 1016-1019.
61. Gaultieri, M., Poli, B. M., Rappaccini, S. (1993): Fatty acid composition of broilers meat as influenced by diet supplementation with fish oil. Proc. 11th European Symposium on the Quality of Poultry Meat, 4-8.
62. Goldberg, I., (1994): Functional Foods. Designer foods, pharmafoods, nutraceuticals. 3-16. Chapman and Hall, London
63. Gonzalez-Esquerro, R., Leeson, S., (2000): Fat Deposition in Broilers: Effect of Dietary Energy to Protein Balance and Early Life caloric Restriction on productive Performance and Abdominal Fat Pad Size. *Poultry Sci.*, 56. 638-646.
64. 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 α -tocopherol and ascorbic acid supplementation. *Meat Sci.*, 57. 197–208.
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 α -tocopherol and ascorbic acid supplementation. *Poultry Sci.*, 80. 1630–1642.
66. Gray, J. I., Gomaa, E. A., Buckley, D. J. (1996): Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci.*, 43. 111-123.
67. Halliwell, B., Chirico, S. (1993): Lipid peroxidation: its mechanism, measurement and significance. *Am. J. Clin. Nutr.*, 57. 715-725.
68. Hargis, P. S., Van Elswyk, M. E. (1993): Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. *World's Poultry Sci.*, 49. 251-264.
69. Harris, W. S. (1989): Fish oils and plasma lipid and lipoprotein metabolism in humans: A critical review. *J. Lipid Res.*, 30. 785-807.
70. Hawrysh, Z. J., Steedmann-Douglas, C. D., Robblee, A. R., Hardin, R. T., Sam,

- R. M. (1980): Influence of low glucosinolate (cv. Tower) rapeseed meal on eating quality of broiler chickens. 1. Subjective evaluation by trained test panel and objective measurements. *Poultry Sci.*, 59. 550-557.
71. Holman, R. T., Johnson, S. B., Hatch, T. F. (1982): A case of human linolenic acid deficiency involving neurological abnormalities. *Am. J. Clin. Nutr.*, 35. 617-625.
72. Hornsey, H.C. (1956): The colour of cooked cured pork. I. Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *J. Sci. Food Agric.*, 7. 534-540.
73. Hrdinka, C., Zollitsh, W., Knaus, W., Lettner, F. (1996): Effect of dietary fatty acid pattern on melting point and composition of adipose tissues and intramuscular fat of broiler carcasses. *Poultry Sci.*, 75. 208-215.
74. Hsieh, Hsiang-Fen; Chiang, Shu-Hsing; Lu, Ming-Yu (2002): Effect of dietary monounsaturated/saturated fatty acid ratio on fatty acid composition and oxidative stability of tissues in broilers. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, 95. 189-204.
75. Hulan, H. W., Ackman, R. G., Ratnayake, W. M. N., Proudfoot, F. G. (1989): Omega-3 fatty acid levels and general performance of commercial broilers fed practical levels of redfish meal, *Poultry Sci.*, 68. 153-162.
76. Hulan, H. W., Proudfoot, F. G., Nash, D. M. (1984): The Effects of Different Dietary Fat Sources on General Performance and Carcass Fatty Acid Composition of Broiler Chickens. *Poultry Sci.*, 63. 324-332.
77. Hulshof, K. F. A. M., van Erp-Baart, M. A., Anttolainen, M., Becker, W., Church, S. M., Couet, C., Hermann-Kunz, E., Kesteloot, H., Leth, T., Martins, Moreiras, I. O., Moschandreas, J., Pizzoferrato, L., Rimestad, A. H., Thorgeirsdottir, H., van Amelsvoort, J. M. N., Aro, A., Kafatos, A. G., Lanzmann-Petithory, D., van Poppel G. (1999): Intake of Fatty Acids in Western Europe with Emphasis on trans Fatty Acids: The Transfair Study. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 53. 143-157.
78. Husvéth, F (1994): A háziállatok élettana és anatómiája. *Mezőgazda Kiadó*, Budapest, 428-436.
79. Hwang, D. H., Boudreau, M., Chanmugan, P. (1988): Dietary linolenic acid longer-chain n-3 fatty acid: Comparison of effects on arachidonic acid metabolism in rats. *J. Nutr.*, 118, 427-437.
80. Institute of Medicine of The National Academies (2005): Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein,

- and Amino Acids. The National Academies Press, Washington, D.C. 1324-1326.
81. internet 'a': <http://www.who.int/healthinfo/statistics/mortality/en/index.html>
(2007.02.17.)
82. internet 'b': http://www.colormodels.com/imatges/cielab_cat.jpg (2006.12.03.)
83. Jaminez-Colmenero, F., Carballo, J., Cofrades, S. (2001): Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Sci.*, 59. 5-13.
84. Jensen, C., Enberg, R., Jakobsen, K., Skibsted, L. H., Bertelsen, G. (1997): Influence of the oxidative quality of dietary oil on broiler meat storage stability. *Meat Sci.*, 47. 211–222.
85. Kahraman, R., Özpınar, 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 chickens. *Arch. Geflügelk.*, 68. 77-86.
86. Kauffman, R. G., Marsh, B. B. (1987): Quality Characteristics of Muscle as Food. In: *The Science of Meat and Meat Products*. 3rd Edition. Eds: Price, J. F., Schweigert, B. S., Food and Nutrition Press, Westport, 356-357.
87. Kinkela, T., Bezard, J. (1993): Les lipides de queques produits alimentaires congolais. *Sci. Alim.*, 13. 567-575.
88. Kinsella, J. E. (1987): Effects of polyunsaturated fatty acids on factors related to cardiovascular disease. *Am. J. Card.*, 60. 23-32.
89. Kinsella, J. E. (1991): α -Linolenic acid: functions and effects on linoleic acid metabolism and eicosanoid-mediated reactions. In: *Advances Food and Nutrition Research* Ed: Kinsella, J. E., Academic Press, USA.
90. Kirchgessner, M., Ristic, M., Kreuzer, M. Roth, F. X. (1993): Inclusion of fats with high quantities of free fatty acids in broiler diets. II: Growth as well as quality of carcass, meat and fat as affected by the stepwise substitution of saturated by unsaturated fatty acids. *Arch. Geflügelk.*, 57. 265-274.
91. KSH (2007): *Magyar Statisztikai Évkönyv 2006*. Budapest, ISSN 1418-2270
92. Kyle, D. J. (2001): The Large Scale Production and Use of a Single Cell Oil Highly Enriched in Docosahexaenoic Acid. In: *Omega-3 Fatty Acids. Chemistry Nutrition and Health Effects*. Eds: Shahidi, F., Finley, J. W., American Chemical Society, Washington. 92-107.
93. Lands, W. E. M. (1989): N-3 fatty acids as precursors of active metabolic substances: Dissonance between expected and observed events. *J. Int. Med.*, 225.

11-20.

94. Lands, W. E. M. (1991): Biosynthesis of Prostaglandins. *Ann. Rev. Nutr.*, 11. 41-66.
95. Lands, W. E. M., LeTellier, P. E., Rome, L. H., Vanderhoek, J. Y. (1973): Inhibition of prostaglandin biosynthesis. *Adv. Bio. Sci.*, 9. 15-28.
96. Lawson, L. D., Hughes, B. G. (1988): Triacylglycerol structure of plant and fungal oils containing γ -linoleic acid. *Lipids*, 23. 313-317.
97. Leaf, A., Kang, J. X. (1996): Prevention of Cardiac Sudden Death by n-3 Fatty Acids: A Review of the Evidence. *J. Intern. Med.*, 240. 5-12.
98. Leskanich, C. O., Noble, R. C. (1997): Manipulation of n-3 polyunsaturated fatty acid composition of avian eggs and meat. *World's Poultry Sci.*, 53. 155-183.
99. Lin, C. F., Gray, J. I., Ashgar, A., Buckley, D. J., Booren, A. M., Flegal, C. J. (1989): Effect of dietary oils and α -tocopherol supplementation on lipid peroxidation in broiler meat. *J. Food Sci.*, 54. 1457-1460.
100. Livingston, D. J., Brown, W. D. (1982): The chemistry of myoglobin and its reactions. *Food Techn.*, 35. 244-252.
101. 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 Sci.*, 80. 753-761.
102. López-Ferrer, S., Baucells, M. D., Barroeta, A. C., Grashorn, M. A. (1999): Influence of vegetable oil sources on quality parameters of broiler meat. *Arch. Geflügelk.*, 63. 29-35.
103. 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 Sci.*, 80. 741-752.
104. Love, J. A. D., Pearson, M. A. (1974): Metmyoglobin and nonheme iron as prooxidants in cooked meat. *J. Agric. Food Chem.*, 22. 1032-1034.
105. Mancini, R. A., Hunt, M. C. (2005): Current research in meat color: A review. *Meat Sci.*, 71. 100-121.
106. Manilla, H. A. (1999): Nutritional manipulation of the fatty acid composition of poultry meat products using various oils and fats. (PhD értekezés) Keszthely, Georgikon Egyetem

107. Manilla, H. A., Husv eth, F. (1999): n-3 Fatty Acid Enrichment and Oxidative Stability of Broiler Chicken (a review). *Acta Aliment.*, 28. 235-249.
108. Maniongui, C., Gresti, J., Bugaut, M., Gauthier, S., Bezard, J. (1991): Determination of bovine butterfat triacylglycerols by reverse phase liquid chromatography and gas chromatography. *J. Chromatogr.*, 543. 81-103.
109. Maraschiello, C., Esteve, E., Garcia-Regueiro, J. A. (1998): Cholesterol oxidation in meat from chickens fed α -tocopherol- and β -carotene-supplemented diets with different unsaturation grades. *Lipids*, 33. 705–713.
110. Maraschiello, C., Sarraga, C., Garcia Regueiro, J. A. (1999): Glutathione peroxidase activity, TBARs, and α -tocopherol in meat from chicken fed different diets. *J. Agric. Food Chem.*, 47. 867–872.
111. Martin, J. C., Bougnoux, P., Fignon, A. (1993): Dependence of human milk essential fatty acids on adipose stores during lactation. *Am. J. Clin. Nutr.*, 58. 653-659.
112. Maurice, D. V., Jensen, L. S., Tojo, H. (1979): Comparison of fish meal and soybean meal in the prevention of the fatty liver haemorrhagic syndrome caged layers. *Poult. Sci.*, 58: 861-870.
113. Menard, C. R., Goodman, K. J., Corso, T. N., Brenna, J. T., Cunnane, S. C. (1998): Recycling of Carbon into Lipids Synthesized de novo is a Quantitatively Important Pathway of α -(U-¹³C)Linolenate Utilization in the Developing Rat Brain. *J. Neurochem.*, 71. 2151-2158.
114. Mercier, Y., Gatellier, P., Viau, M., Remignon, H., Rennerre, M. (1998): Effect of Dietary Fat and Vitamin E on Colour stability and on Lipid and Protein Oxidation in Turkey Meat During Storage. *Meat Sci.*, 48. 301-318.
115. Meynier, A., Genot, C., Gandemer, G. (1999): Oxidation of Muscle Phospholipids in Relation to Their Fatty Acid Composition with Emphasis on Volatile Compounds. *J. Sci. Food Agric.*, 79. 797-804.
116. M ezes, M. (2005.): Funkcion alis  elismiszerek - Kit r esi lehet s egek a baromfi agazat sz am ara. *A baromfi*, 2. 32-35.
117. Mizushima, Y., Tanaka, N., Yagi, H., Kurosawa, T., Onoue, M., Seto, H., Horie, T., Aoyagi, N., Yamaoka, M., Matsukage, A., Yoshida, S., Sakaguchi, K. (1996): Fatty Acids selectively Inhibit Eukaryotic DNA Polymerase Activities in vitro. *Biochim. Biophys Acta*, 1308. 256-262.
118. Moran, E. T. Jr. (1996): Fat Modification of Animal Products for Human

- Consumption. Anim. Feed. Sci. Technol., 58. 91-99.
119. Morrissey, P. A., Buckley, D. J., Sheehy, P. J. A., Monahan, F. J. (1994b): Vitamin E and meat quality. Proc. Nutr. Soc., 53. 289-295.
120. Morrissey, P. A., Quinn, P. B., Sheehy, P. J. A. (1994b): Newer aspects of micronutrients in chronic disease: vitamin E. Proc. Nutr. Soc., 53, 571–582.
121. Myers, S. J., Harris, N. D. (1975): Effect of electronic cooking on fatty acids in meats. J. Am. Diet. A., 67. 232–234.
122. Nam, K. T., Lee, H. A., Min, B. S., Kang, C. W. (1997): Influence of Dietary supplementation with Linseed and Vitamin E on Fatty Acids, α -Tocopherol and Lipid Peroxidation in Muscles of Broiler Chicks, Anim. Feed Sci. Tech., 66. 149-158.
123. Nemati, Z., Taghizadeh, A., Moghaddam, G. A., Tahmasbi, A., Yasan, P., (2006): The effects of different fat sources on the growth performance, blood metabolites and abdominal fat of broiler chickens. Proc. Br. Soc. A. Sci., 162.
124. Neuringer, M., Anderson, G. J., Connor, W. E. (1988): The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of the retina and brain. Ann. Rev. Nutr., 8. 517-541.
125. Newman, R. E., Bryden, W. L., Fleck, E., Ashes, J. R., Buttemer, W. A., Storlien, L. H., Downing, J. A. (2002): Dietary n-3 and n-6 fatty acids alter avian metabolism: metabolism and abdominal fat deposition. Br. J. Nutr., 88. 11-18.
126. Novák L., Nyitrai, J., Hazai, L. (2001): Biomolekulák Kémiája. Magyar Kémikusok Egyesülete, Budapest, 16-36.
127. O’Keefe, S. F., Proudfoot, F. G., Ackman, R. G. (1995): Lipid Oxidation in Meats of Omega-3 Fatty Acids Enriched Broiler Chickens. Food Res. Intl., 28. 417-424.
128. Okuyama, H., Kobayashi, T., Watanabe, S. (1997): Dietary Fatty Acids – The n-6/n-3 Balance and Chronic Elderly Diseases. Excess Linoleic Acid and Relative N-3 Deficiency Syndrome Seen in Japan. Prog. Lipid Res., 35. 409-457.
129. 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 Sci., 70. 1403–1411.
130. Pawlosky, R., Barnes, A., Salem Jr. N. (1994): Essential Fatty Acid Metabolism in the Feline: Relationship Between Liver and Brain Production of Long Chain Polyunsaturated Fatty Acids. J.Lipid Res., 35. 2032-2040.

131. Perédi, J. (2002): A hazai lakosság alacsony n-3 zsírsavellátottságának javítási lehetőségei. *Olaj, Szappan, Kozmetika*, 51.2. 45-49.
132. Pesti, G. M., Bakali, R. I., Qiao, M., Sterling, K. G. (2002): A Comparison of eight grades of fat as broiler feed ingredients. *Poultry Sci.*, 81. 382-390.
133. Phetteplace, H. W., Watkins, B. A. (1989): Effect of Various n-3 Sources on Fatty Acid Composition in Chicken Tissues. *J. Food Comp. Anal.*, 2. 104-117.
134. Phetteplace, H. W., Watkins, B. A. (1990): Lipid measurements in chickens fed different combinations of chicken fat and menhaden oil. *J. Agric. Food Chem.*, 38. 1848-1853.
135. Pikul, J., Leszczynski, D. E., Bechtel, P. J., Kummerow, F. A. (1984): Effects of frozen storage and cooking on lipid oxidation in chicken meat. *J. Food Sci.*, 49. 838-843.
136. Pikul, J., Leszczynski, D. E., Kummerow, F. A. (1984): Relative Role of Phospholipids, Triacylglycerols, and Cholesterol Esters on Malonaldehyde Formation in Fat Extracted from Chicken Meat. *J. Food Sci.*, 49. 704-708.
137. Pikul J. - Leszczynski D. E. – Kummerow F. A. (1989): Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *J. Agr. Food Chem.*, 37, 1309-1313.
138. Pinchasov, Y., Nir, I. (1992): Effect of dietary PUFA concentration on performance, fat deposition and carcass fatty acid composition in broiler chickens. *Poultry Sci.*, 71. 1504-1512.
139. Poste, L. M. (1990): A Sensory Perspective of Effects of Feeds on Flavour in Meats: Poultry Meats. *J. Anim. Sci.*, 68. 4414-4420.
140. Qiao, M., Fletcher, D. L., Northcutt, J. K., Smith, D. P. (2002): The relationship between raw broiler breast meat color and composition. *Poultry Sci.*, 81. 422-427.
141. Qiao, M., Fletcher, D. L., Smith, D. P., Northcutt, J. K. (2001): The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poultry Sci.*, 80. 676-680.
142. Ratnayake, W. M. N., Ackman, R. G., Hulan, H. W. (1989): Effects of redfish meal enriched diets on the taste and n-3 PUFA of 42 days old broiler chickens. *J. Sci. Food Agr.*, 49. 59-74.
143. Rhee, K. S. (1988): Enzymic and nonenzymic catalysis of lipid oxidation

- in muscle foods. *Food Technol.*, 42. 127–132.
144. Ross Breeders Limited (2004): *Ross Broiler Management Manual*
145. Rotstein, N. P., de Boschero, M. G. I., Guisto, N. M., Alveldano, M. I. (1987): Effect of aging on the composition and metabolism of docosahexaenoic-containing lipids of retina. *Lipids*, 22. 253-260.
146. Rymer, C., Givens, D. I., Wahle, K. W. J. (2003): Dietary Strategies for Increasing Docosahexaenoic Acid (DHA) and Eicosapentaenoic Acid (EPA) Concentrations in Bovine Milk: A Review. *Nutr. Abs. Rev. Ser. B: Livestock Feeds and Feeding*, 73. 4: 8R-25R.
147. Salem, Jr. N., Wegher, B., Mena, P., Uauy, R. (1996): Arachidonic and Docosahexaenoic Acids are Biosynthesized from Their 18-Carbon Precursors in Human Infants. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 93: 49-54.
148. Samuelsson, B. (1983): From Studies of Biochemical Mechanism to Novel Biological Mediators: Prostaglandin Endoperoxides, Thromboxanes, and Leukotrienes. Nobel Lecture, 8. December 1982. *Biosci. Rep.*, 3. 791-813.
149. Sanz, M., Flores, A., Perez de Ayala, P., Lopez-Bote, C. J. (1999): Higher lipid accumulation in broilers fed on saturated fats than in those fed on unsaturated fats. *Br. Poultry Sci.*, 40. 95-101.
150. Sanz, M., Lopez-Bote, C. J., Menoyo, D., Bautista, J. M. (2000): Abdominal fat deposition and fatty acid synthesis are lower and β -oxidation is higher in broiler chickens fed diets containing unsaturated rather than saturated fat. *J. Nutr.*, 130. 3034-3037.
151. Scaife, J. R., Moyo, J., Galbraith, M., Michie, M., Campbell, V. (1994): Effect of different dietary supplemental fats and oils on the tissue fatty acid composition and growth of female broilers. *Brit. Poultry Sci.*, 35. 107-118.
152. Schmidt, A., Wolde, M., Thiele, C., Fest, W., Kratzin, H., Podtelejnikov, A. V., Witke, W., Huttner, W. B., Soling, H. d. (1999): Endophilin I. Mediates Synaptic Vesicle Formation by Transfer of Arachidonate to Lysophosphatidic acid. *Nature*, 401. 133-141.
153. Schmidt, J. (1999): A takarmányok minőségének hatása a gazdasági állatok termelésére és az állati termék minőségére. „Agro-21” Füzetek. Az agrárgazdaság jövőképe. 27. 3-11.
154. Scientific Committee for Food (1993): Essential fatty acids. Reports of the Scientific Committee for Food. Series 31. Nutrient and Energy Intakes for

the European Community. Luxembourg, 52-49.

155. Sheehy, P. J. A., Morrissey, P. A., Flynn, A. (1993): Influence of heated vegetable oils and α -tocopherol acetate supplementation on α -tocopherol, fatty acids and lipid peroxidation in chicken muscle. *Br. Poultry Sci.*, 34. 367–381.
156. Shu, M. L., Gray, J. L., Booren, A. M., Crackett, R. L., Gill, J. L. (1995): Assessment of off-flavor development in restructured chicken nuggets using hexanal and TBARS measurements and sensory evaluation. *J. Sci. Food Agric.*, 67. 447-452.
157. Sirri, F., Minelli, G., Meluzzi, A., Franchini, A. (2003): Quality traits and oxidative stability of n-3 PUFA enriched chicken meat. In: Proceedings of the 16th European Symposium on the Quality of Poultry Meat. INRA, Vol. 2. 258-264.
158. Sklan, D., Ayala, A. (1989): Effect of saturated fat on growth, body fat composition and carcass quality in chicks. *Brit. Poultry Sci.*, 30. 407-411
159. Sklan, D., Tenne, Z., Budowski, P. (1983): The effect of dietary fat and tocopherol on lipolysis and oxidation in turkey meat stored at different temperatures. *Poultry Sci.*, 62. 2017-2021.
160. Sprecher, H. (1989): Interactions between metabolism of n-6 and n-3 fatty acids. *J. Intern. Med.*, 225. 5-11.
161. Su, W., Jones, P. J. H. (1993): Dietary fatty acid composition influences energy accretion in rats. *J. Nutr.*, 123. 2109-2114.
162. Surai, P. F., Sparks, N. H. C. (2000): Tissue-specific fatty acid and α -tocopherol profiles in male chickens depending on dietary tuna oil and vitamin E provision. *Poultry Sci.*, 79. 1132–1142.
163. Tappel, A. L., Dillard, C. J. (1981): In vivo lipid peroxidation: Measurement via exhaled pentane and protection by vitamin E. *Fred. Proc.*, 40. 174-178.
164. Tóth, Zs., Kaps, M., Sölkner, J., Bodó, I., Curik, I. (2006): Quantitative genetic aspects of coat color in horses. *J. Anim. Sci.*, 84. 2623-2628.
165. Uauy, R., Birch, E., Birch, D., Periano, P. (1992): Visual and brain function measurements in studies of n-3 fatty acid requirements of infants. *J. Pediatr.*, 120. 168-180.
166. Vadáné, K. M. (1999): A húsminőség alapjai, Egyetemi jegyzet, Debrecen.

167. Wallace, W. J., Houtchens, R. A., Maxwell, J. C. Caughey, S. (1982): Mechanism of autoxidation for hemoglobins and myoglobins. *J. Biolog. Chem.*, 257. 4966-4977.
168. Weber, P. C., Sellmayer, A., Hrbaticky, N. (1993): Fatty acids and their divers functions. A challenge to future food production. Proc. 44th Ann. Meeting EAAP, Denmark, 19-27.
169. Wilson, B. R., Pearson, A. M., Shorland, F. B. (1976): Effect of Total Lipids and Phospholipids on Warmed Over Flavour in Red and White Muscle from Several Species as Measured by Thiobarbituric Acid Analysis. *J. Agric. Food Chem.*, 24. 7-11.
170. Yang, C. C., Chen, T. C. (1993): Effect of refrigerated storage, pH adjustment, and marinade on color of raw and microwave cooked chicken meat. *Poultry Sci.*, 72. 355-362.
171. Yehuda, S., Carasso, R. L. (1993): Modulation of learning, pain threshold and thermal regulation in the rat by preparations of free purified alpha-linolenic and linoleic acids. Determination of the optimal n3/n6 ratio. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA*, 90. 10345-10349.
172. Yin, M. C., Faustman, C. (1993): The influence of temperature, pH, and phospholipid composition upon the stability of myoglobin and phospholipid: a liposome model. *J. Agric. Food Chem.*, 41. 853-857.
173. Rodler I. (szerk) (2005): Új tápanyagtáblázat, Medicina Könyvkiadó, Budapest.
174. Zanini, S. F., Colnago, G. L., Bastos, M. R., Pessotti, B. M. S., Casagrande, F. P., Lima, V. R. (2006): Oxidative stability and total lipids on thigh and breast meat of broilers fed diets with two fat sources and supplemented with conjugated linoleic acid. *LWT Food Sci. Techn.*, 39. 717-723.
175. Zollitsch, W., Knaus, W., Aichinger, F., Lettner, F. (1997): Effects of different dietary fat sources on performance and carcass characteristics of broilers. *Anim. Feed Sci. Techn.*, 66. 63-73.
176. Zollitsch, W., Wetscherek, W., Lettner, F. (1992): Use of rapeseed oil in a broiler diet. *Arch. Geflügelk.*, 56. 182-186.

11. MELLÉKLETEK

1. melléklet: Az organoleptikus vizsgálat során használt kérdőív
2. melléklet: Az 1. kísérletben használt takarmányok mért zsírsavösszetétele
3. melléklet: Az 1. kísérletben mért mellminták zsírsavösszetétele
4. melléklet: A csirkemell színváltozása a 8 napos tárolás alatt
5. melléklet: A 2. kísérletben használt takarmányok mért zsírsavösszetétele
6. melléklet: A 2. kísérletben mért mellminták zsírsavösszetétele
7. melléklet: A 2. kísérletben mért combminták zsírsavösszetétele
8. melléklet: A 2. kísérletben mért abdominális zsír zsírsavösszetétele
9. melléklet: A 2. kísérletben mért nyakbőr zsírsavösszetétele
10. melléklet: A hőkezelés hatása az 5. kezelés zsírsavösszetételére
11. melléklet: A hőkezelés hatása a 8. kezelés zsírsavösszetételére
12. melléklet: A friss csirkemell hús színváltozása a 8 napos tárolás alatt
13. melléklet: A fagyasztott mellhús színváltozása az 5 napos tárolás alatt
14. melléklet: Az első kísérlet eredményeinek statisztikai értékelése
15. melléklet: Az második kísérlet eredményeinek statisztikai értékelése
16. melléklet: Rövidítések jegyzéke
17. melléklet: Táblázatok jegyzéke
18. melléklet: Ábrák jegyzéke

1. melléklet:

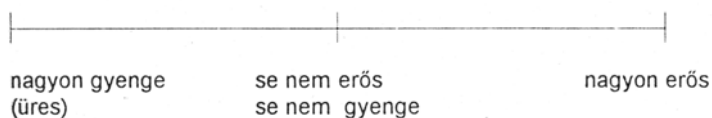
Az organoleptikus vizsgálat során használt kérdőív

Név.....

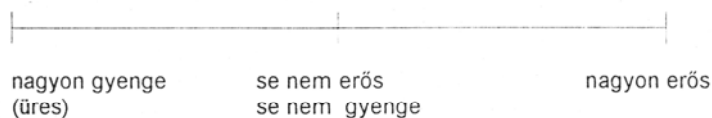
Dátum.....

Bírálja el a 4 mintán (⊕, ♥, ○, ◇) az illatot, húсарomát, idegen ízt, állott/avas ízt, összbenyomást és jelölje a tulajdonságok intenzitását az egyeneseken

illat jellege ⊕....., ♥....., ○....., ◇.....
illat intenzitása

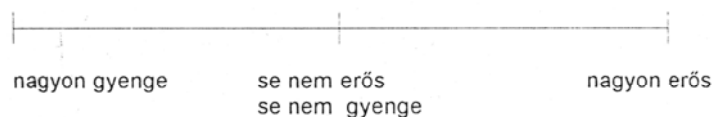


húсарoma intenzitás

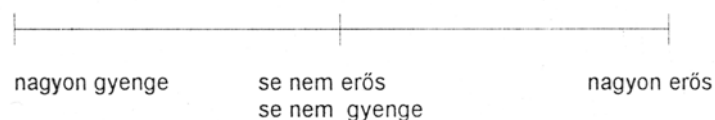


idegen íz jellege. ⊕....., ♥....., ○....., ◇.....

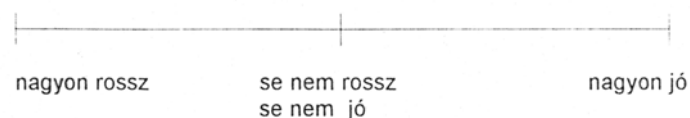
idegen íz intenzitás



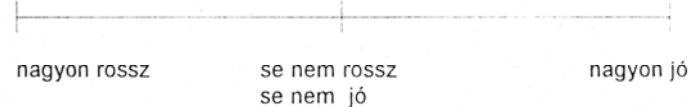
állott/avas íz intenzitás



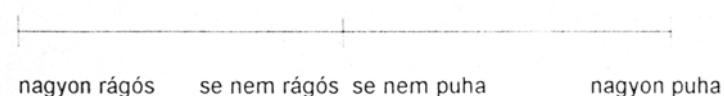
összbenyomás íz/aroma szerint



egyéb tulajdonságok szín



porhanyósság



2. melléklet:

Az 1. kísérletben használt takarmányok mért zsírsavösszetétele (g zsírsav/100g zsírban)

Kezelések	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.	1.	2.	3.	4.
<i>Zsírsavak</i>												
C10:0 Kaprinsav	0,03	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00
C12:0 Laurinsav	0,04	0,01	0,03	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01
C14:0 Mirisztinsav	0,58	0,11	0,09	0,06	0,72	0,08	0,09	0,09	0,71	0,15	0,08	0,08
C15:0 Pentadekánsav	0,04	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,02
C16:0 Palmitinsav	15,20	8,55	10,47	8,02	17,39	8,43	10,45	8,09	17,21	9,36	10,26	8,12
C17:0 Heptadekánsav	0,17	0,07	0,08	0,07	0,19	0,06	0,09	0,07	0,18	0,07	0,08	0,07
C18:0 Sztearinsav	6,13	3,25	3,92	3,09	6,86	2,79	3,80	2,93	7,15	3,37	3,78	2,93
C20:0 Arachidsav	0,32	0,33	0,40	0,39	0,31	0,32	0,41	0,36	0,32	0,34	0,42	0,38
C22:0 Behénsav	0,14	0,44	0,30	0,22	0,14	0,43	0,32	0,16	0,14	0,40	0,32	0,17
C24:0 Lignocerinsav	0,12	0,23	0,18	0,19	0,13	0,24	0,20	0,17	0,13	0,24	0,20	0,19
SFA	22,76	13,02	15,50	12,09	25,87	12,38	15,39	11,91	25,96	13,96	15,17	11,98
C16:1 Palmitoleinsav	1,17	0,17	0,10	0,09	1,40	0,10	0,13	0,15	1,35	0,25	0,11	0,14
C18:1 Olajsav	30,03	25,45	22,33	20,34	32,76	24,81	23,35	20,90	32,80	25,75	23,23	21,13
C20:1 Eikozénsav	0,62	0,23	0,22	0,20	0,78	0,25	0,27	0,27	0,74	0,28	0,24	0,21
C24:1 Nervonsav	0,07	0,00	0,00	0,00	0,09	0,01	0,01	0,02	0,08	0,02	0,01	0,01
MUFA	31,88	25,85	22,65	20,63	35,03	25,17	23,75	21,35	34,98	26,30	23,58	21,49
C18:2 Linolsav	36,83	59,40	56,33	40,32	36,68	59,50	55,09	35,35	36,56	56,40	55,75	36,91
C18:3n-3 α-Linolénsav	7,81	1,61	5,41	26,83	1,59	2,85	5,65	31,17	1,75	3,15	5,39	29,41
C20:2 Eikozadiénsav	0,32	0,04	0,04	0,04	0,38	0,03	0,05	0,06	0,35	0,07	0,04	0,05
C20:3n-3 Eikozatriénsav	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,02	0,06	0,01	0,00	0,02
C20:4 Arachidonsav	0,25	0,03	0,00	0,00	0,28	0,01	0,01	0,08	0,25	0,04	0,01	0,07
C22:6 Dokozahexaénsav	0,09	0,06	0,06	0,09	0,09	0,07	0,06	0,08	0,09	0,07	0,06	0,08
PUFA	45,35	61,14	61,84	67,28	39,10	62,45	60,86	66,75	39,06	59,74	61,25	66,54

1: sertészsír; 2: napraforgóolaj; 3: szójaolaj, 4: lenmagolaj kiegészítés

3. melléklet:

Az 1. kísérletben mért mellminták zsírsavösszetétele (g zsírsav/100g zsírban)

zsírsav %	1. kezelés		2. kezelés		3. kezelés		4. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
C12:0(Laurilsav)	0,05 ^c	0,011	0,03 ^b	0,005	0,02 ^a	0,002	0,02 ^{ab}	0,004
C14:0(Mirisztinsav)	0,67 ^c	0,036	0,40 ^b	0,067	0,35 ^a	0,034	0,36 ^{ab}	0,030
C15:0(Pentadekánsav)	0,09 ^b	0,020	0,07 ^a	0,019	0,07 ^a	0,008	0,072 ^a	0,010
C16:0(Palmitinsav)	23,27 ^c	0,523	19,83 ^b	0,743	18,56 ^a	0,916	19,47 ^b	0,971
C17:0(Heptadekánsav)	0,13 ^b	0,012	0,10 ^a	0,021	0,12 ^{ba}	0,012	0,11 ^a	0,018
C18:0(Sztearinsav)	6,25 ^a	0,440	6,16 ^a	0,844	6,29 ^a	0,924	6,64 ^a	0,577
C20:0(Arachidsav)	0,07 ^a	0,006	0,07 ^a	0,005	0,08 ^b	0,005	0,10 ^c	0,006
C22:0(Behénsav)	0,032 ^a	0,011	0,03 ^a	0,009	0,03 ^a	0,008	0,04 ^a	0,011
C24:0(Lignocerinsav)	0,03 ^a	0,012	0,03 ^a	0,010	0,03 ^a	0,009	0,05 ^b	0,021
SFA	30,59^c	0,550	26,70^b	1,114	25,55^a	1,442	26,86^b	0,816
C16:1(Palmitoleinsav)	5,27 ^c	0,756	3,79 ^b	0,747	15,75 ^a	0,457	3,58 ^b	0,765
C18:1(Olajsav)	39,04 ^c	1,766	31,36 ^b	2,141	28,93 ^a	0,457	30,36 ^{ba}	2,731
C20:1(Eikozénsav)	0,44 ^c	0,026	0,31 ^b	0,025	0,26 ^a	0,017	0,29 ^a	0,019
C22:1n-9(Erukasav)	0,03 ^a	0,007	0,04 ^a	0,009	0,03 ^a	0,008	0,04 ^a	0,011
C24:1(Nervonsav)	0,41 ^a	0,173	0,96 ^b	0,406	0,79 ^b	0,315	0,28 ^a	0,105
MUFA	45,20^c	2,077	36,46^b	2,156	32,90^a	1,921	34,53^{ba}	3,261
C18:2(Linolsav)	20,00 ^a	0,968	29,79 ^c	1,649	32,97 ^d	1,834	21,56 ^b	1,370
C18:3n-3(γ -Linolénsav)	0,23 ^a	0,033	0,30 ^d	0,039	0,26 ^c	0,035	0,133 ^b	0,022
C18:3n-3(α -Linolénsav)	1,01 ^a	0,128	1,28 ^a	0,105	2,69 ^b	0,282	10,63 ^c	0,940
C20:2(Eikozadiénsav)	0,30 ^a	0,060	0,52 ^b	0,163	0,47 ^b	0,126	0,34 ^a	0,113
C20:3n-3(Eikozatriénsav)	0,33 ^a	0,086	0,52 ^b	0,164	0,43 ^{ba}	0,145	0,50 ^b	0,172
C20:4(Arachidonsav)	2,00 ^a	0,851	4,03 ^b	1,637	3,95 ^b	1,715	2,88 ^{ba}	1,112
C20:5(Eikozapentaénsav)	0,08 ^a	0,033	0,10 ^a	0,040	0,14 ^a	0,043	1,17 ^b	0,437
C22:6(Dokozahexaénsav)	0,27 ^a	0,143	0,30 ^{ba}	0,131	0,64 ^b	0,410	1,39 ^c	0,598
PUFA	24,21^a	2,010	36,84^b	2,175	41,55^c	2,221	38,61^b	3,086

Statisztikai próba: ANOVA a,b,c,: az ugyanazon sorokban eltérő betűvel jelölt átlagok közötti különbség szignifikáns (P<0,05)

4. melléklet:

A csirkemell színváltozása a 8 napos tárolás alatt

nap	1. kezelés						2. kezelés					
	L*		a*		b*		L*		a*		b*	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
1.	49,17 ^{a*}	1,502	2,5 ^{b*}	0,717	7,26 ^{a*}	1,237	49,77 ^{a*}	1,833	2,27 ^{b*}	0,539	6,96 ^{a*}	0,84
4.	52,03 ^{b*}	1,313	1,34 ^{a*}	0,469	6,92 ^{a**}	1,35	53,28 ^{b*}	1,628	1,08 ^{a*}	0,329	5,92 ^{a**}	0,945
8.	47,84 ^{a*}	1,767	1,59 ^{a*}	0,894	7,75 ^{a**+}	1,443	48,24 ^{a*}	1,767	1,59 ^{a*}	0,389	6,77 ^{a**+}	1,801

nap	3. kezelés						4. kezelés					
	L*		a*		b*		L*		a*		b*	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
1.	50,47 ^{a*}	3,124	2,34 ^{a*}	1,064	6,62 ^{a*}	1,32	48,03 ^{a*}	2,112	2,49 ^{b*}	0,915	7,12 ^{b*}	1,041
4.	54,26 ^{b*}	2,856	0,93 ^{a*}	0,633	5,39 ^{a*}	1,135	52,63 ^{b*}	1,566	1,23 ^{a*}	0,501	5,55 ^{a*}	0,73
8.	48,22 ^{a*}	2,914	2,09 ^{a*}	0,713	6,59 ^{a**+}	1,75	49,48 ^{a*}	2,02	1,39 ^{a*}	0,763	5,61 ^{a*}	1,173

Statistikai próba: ANOVA a,b,c: az oszlopokban, *,+: sorokban lévő szignifikáns különbségek (P<0,05)

5. melléklet:

A 2. kísérletben használt takarmányok mért zsírsavösszetétele (g zsírsav/100g zsírban)

Zsírsavak	Indító		Nevelő		Befejező	
	kísérleti	kontroll	kísérleti	kontroll	kísérleti	kontroll
C12:0 Laurinsav	0,04	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00
C14:0 Mirisztinsav	0,07	0,06	0,08	0,09	0,08	0,07
C15:0 Pentadekánsav	0,02	0,02	0,04	0,03	0,04	0,03
C16:0 Palmitinsav	8,53	8,29	8,89	9,40	8,71	8,51
C17:0 Heptadekánsav	0,09	0,08	0,09	0,07	0,08	0,07
C18:0 Sztearinsav	3,00	3,15	2,67	3,07	2,82	2,89
C20:0 Arachidsav	0,44	0,40	0,42	0,00	0,41	0,35
C22:0 Behénsav	0,37	0,57	0,39	0,00	0,38	0,58
C24:0 Lignocerinsav	0,24	0,28	0,25	0,00	0,27	0,33
SFA	12,80	12,85	12,88	12,65	12,84	12,83
C16:1 Palmitoleinsav	0,11	0,08	0,11	0,10	0,11	0,08
C17:1 Heptadecénsav	0,04	0,03	0,04	0,00	0,04	0,03
C18:1n-9 Olajsav	26,59	21,39	27,24	22,58	26,71	20,80
C18:1 11c-Vakcénsav	1,15	0,72	1,23	0,83	1,23	0,72
C20:1 Eikozénsav	0,31	0,21	0,00	0,32	0,00	0,00
C22:1n-9 Erukasav	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C24:1 Nervonsav	0,06	0,12	0,05	0,00	0,00	0,00
MUFA	28,35	22,55	28,67	23,82	28,09	21,63
C18:2n-6 Linolsav	42,92	62,27	40,07	61,35	42,19	63,44
C18:3n-6 γ -Linolénsav	0,07	0,02	0,00	0,39	0,00	0,00
C18:3n-3 α -Linolénsav	15,39	1,82	18,28	1,25	16,78	1,99
C20:3n-3 Eikozatriénsav	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00	0,00
C20:2 Eikozadiénsav	0,07	0,04	0,02	0,00	0,05	0,05
C20:5 Eikozapentaénsav	0,08	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00
C22:5 Dokozapentaénsav	0,15	0,06	0,07	0,00	0,05	0,05
PUFA	58,68	64,34	58,44	63,53	59,07	65,53

6. melléklet:

A 2. kísérletben mért mellminták zsírsavösszetétele (g zsírsav/100g zsírban)

zsírsav %	5. kezelés		6. kezelés		7. kezelés		8. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
C12:0(Laurilsav)	0,01 ^{ab}	0,027	0,00 ^a	0,008	0,01 ^{ab}	0,023	0,03 ^b	0,136
C14:0(Mirisztinsav)	0,40 ^a	0,036	0,39 ^a	0,068	0,50 ^b	0,072	0,42 ^a	0,034
C15:0(Pentadekánsav)	0,09 ^b	0,027	0,07 ^a	0,005	0,08 ^{ab}	0,017	0,07 ^a	0,005
C16:0(Palmitinsav)	20,95 ^{ab}	0,562	19,79 ^a	1,770	21,42 ^b	1,359	20,63 ^{ab}	0,344
C17:0(Heptadekánsav)	0,15 ^b	0,020	0,13 ^{ab}	0,011	0,14 ^{ab}	0,021	0,13 ^a	0,012
C18:0(Sztearinsav)	8,32 ^b	0,677	8,12 ^b	0,906	7,16 ^a	0,623	7,13 ^a	0,707
C20:0(Arachidsav)	0,12 ^b	0,014	0,12 ^b	0,012	0,10 ^a	0,012	0,10 ^a	0,010
C22:0(Behénsav)	0,06 ^b	0,009	0,04 ^b	0,031	0,01 ^a	0,023	0,04 ^b	0,005
C24:0(Lignocerinsav)	0,08 ^b	0,019	0,11 ^{bc}	0,079	0,03 ^a	0,033	0,06 ^{ab}	0,020
SFA	30,18^a	1,007	28,78^a	2,309	29,46^a	1,530	28,59^a	0,640
C14:1(Mirisztóleinsav)	0,08 ^{ab}	0,025	0,07 ^a	0,015	0,10 ^{bc}	0,020	0,12 ^c	0,037
C16:1(Palmitóleinsav)	2,86 ^a	0,805	2,76 ^a	0,612	3,47 ^{ab}	0,747	4,08 ^b	1,344
C18:1n-9 (Olajsav)	26,50 ^a	2,750	29,92 ^b	2,077	30,00 ^b	1,826	31,88 ^b	2,074
C18:1 11 c-Vakcénsav	2,40 ^a	0,381	2,53 ^a	0,277	2,55 ^a	0,237	2,95 ^b	0,385
C24:1(Nervonsav)	0,00 ^a	0,000	0,15 ^b	0,154	0,03 ^a	0,037	0,03 ^a	0,039
MUFA	31,84^a	3,853	35,43^b	2,589	36,15^{bc}	2,576	39,05^c	3,688
C18:2n-6(Linolsav)	29,33 ^c	2,578	24,79 ^b	3,858	23,03 ^b	1,440	19,78 ^a	2,368
C18:3n-6(γ -Linolénsav)	0,23 ^d	0,015	0,19 ^c	0,036	0,15 ^b	0,024	0,13 ^a	0,010
C18:3n-3(α -Linolénsav)	0,88 ^a	0,037	3,35 ^b	0,517	5,20 ^c	0,300	5,38 ^c	0,428
C20:2(Eikozadiénsav)	1,04 ^c	0,217	0,85 ^b	0,221	0,49 ^a	0,116	0,50 ^a	0,098
C20:3n-3(Eikozatriénsav)	0,89 ^b	0,166	0,71 ^{ab}	0,366	0,51 ^a	0,113	0,68 ^{ab}	0,065
C20:3n-6(Eikozatriénsav)	0,00 ^a	0,000	0,25 ^b	0,065	0,24 ^b	0,052	0,34 ^c	0,049
C20:4(Arachidonsav)	4,81 ^c	1,077	3,74 ^b	1,244	2,54 ^a	0,664	2,03 ^a	0,276
C20:5(Eikozapentaénsav)	0,11 ^a	0,022	0,54 ^b	0,205	0,51 ^b	0,101	0,81 ^c	0,090
C22:5(Dokozapentaénsav)	0,43 ^a	0,982	0,97 ^b	0,375	1,15 ^b	0,304	1,79 ^c	0,204
C22:6(Dokozahexaénsav)	0,26 ^a	0,554	0,40 ^a	0,131	0,57 ^b	0,196	0,91 ^c	0,113
PUFA	37,98^b	3,378	35,79^{ab}	4,016	34,39^{ab}	2,514	32,36^a	3,218

Statistikai próba: ANOVA a,b,c,d: az ugyanazon sorokban eltérő betűvel jelölt átlagok közötti különbség szignifikáns (P<0,05)

7. melléklet:

A 2. kísérletben mért combminták zsírsavösszetétele (g zsírsav/100g zsírban)

zsírsav %	5. kezelés		6. kezelés		7. kezelés		8. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
C12:0(Laurilsav)	0,00 ^a	0,000	0,00 ^a	0,000	0,02 ^b	0,014	0,02 ^b	0,016
C14:0(Mirisztinsav)	0,37 ^a	0,043	0,36 ^a	0,030	0,38 ^a	0,025	0,39 ^a	0,027
C16:0(Palmitinsav)	19,67 ^a	0,952	19,61 ^a	1,312	19,07 ^a	0,942	19,85 ^a	0,476
C17:0(Heptadekánsav)	0,12 ^a	0,013	0,12 ^a	0,013	0,12 ^a	0,018	0,11 ^a	0,005
C18:0(Sztearinsav)	6,71 ^b	0,605	6,53 ^b	0,292	5,97 ^a	0,568	5,89 ^a	0,275
C20:0(Arachidsav)	0,08 ^b	0,011	0,07 ^{ab}	0,006	0,08 ^b	0,004	0,07 ^a	0,007
C22:0(Behénsav)	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
C24:0(Lignocerinsav)	0,05 ^b	0,027	0,01 ^a	0,018	0,03 ^{ab}	0,015	0,03 ^{ab}	0,017
SFA	27,06^b	1,151	26,76^{ab}	1,571	25,74^a	1,037	26,41^{ab}	0,472
C14:1(Mirisztoleinsav)	0,10 ^a	0,031	0,09 ^a	0,016	0,11 ^{ab}	0,019	0,13 ^b	0,018
C16:1(Palmitoleinsav)	3,95 ^a	1,113	3,63 ^a	0,664	4,19 ^{ab}	0,760	4,94 ^b	0,736
C18:1n-9(Olajsav)	30,26 ^a	2,609	32,06 ^{ab}	2,240	32,61 ^b	1,505	35,06 ^c	1,645
C18:1(Vakcénsav)	2,15 ^a	0,421	2,41 ^{ab}	0,192	2,46 ^{ab}	0,134	2,70 ^b	0,337
C24:1(Nervonsav)	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
MUFA	36,46^a	3,901	38,19^a	2,876	39,36^a	2,266	42,83^b	2,583
C18:2n-6c(Linolsav)	31,98 ^c	4,138	28,29 ^b	3,264	26,07 ^b	2,241	20,99 ^a	2,068
C18:3n-6(γ -Linolénsav)	0,24 ^c	0,027	0,23 ^c	0,048	0,19 ^b	0,033	0,13 ^a	0,011
C18:3n-3(α -Linolénsav)	1,08 ^a	0,747	3,55 ^b	0,040	5,67 ^c	0,312	6,52 ^d	0,608
C20:2(Eikozadiénsav)	0,48 ^c	0,108	0,35 ^b	0,054	0,28 ^{ab}	0,041	0,27 ^a	0,029
C20:3n-3(Eikozatriénsav)	0,36 ^b	0,076	0,32 ^{ab}	0,056	0,26 ^a	0,034	0,29 ^a	0,052
C20:3n-6(Eikozatriénsav)	0,00 ^a	0,000	0,07 ^b	0,009	0,10 ^c	0,013	0,13 ^d	0,024
C20:4(Arachidonsav)	1,92 ^c	0,549	1,54 ^{bc}	0,359	1,24 ^{ab}	0,370	1,01 ^a	0,125
C20:5(Eikozapentaénsav)	0,07 ^a	0,076	0,13 ^b	0,025	0,20 ^c	0,032	0,32 ^d	0,035
C22:5(Dokozapentaénsav)	0,25 ^a	0,203	0,42 ^a	0,144	0,61 ^b	0,194	0,76 ^b	0,105
C22:6(Dokozahexaénsav)	0,12 ^a	0,071	0,14 ^a	0,039	0,26 ^b	0,114	0,34 ^b	0,083
PUFA	36,48^b	4,168	35,05^b	4,054	34,90^b	2,969	30,76^a	2,763

Statistikai próba: ANOVA a,b,c,d: az ugyanazon sorokban eltérő betűvel jelölt átlagok közötti különbség szignifikáns (P<0,05)

8. melléklet:

A 2. kísérletben mért abdominális zsír zsírsavösszetétele (g zsírsav/100g zsírban)

zsírsav %	5. kezelés		6. kezelés		7. kezelés		8. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
C12:0(Laurilsav)	0,01 ^a	0,019	0,03 ^{ab}	0,002	0,03 ^b	0,022	0,02 ^{ab}	0,023
C14:0(Mirisztinsav)	0,60 ^b	0,178	0,41 ^a	0,047	0,54 ^b	0,094	0,48 ^{ab}	0,061
C15:0(Pentadekánsav)	0,08 ^a	0,050	0,07 ^a	0,007	0,08 ^a	0,016	0,07 ^a	0,010
C16:0(Palmitinsav)	22,41 ^a	3,112	20,63 ^a	1,927	21,22 ^a	1,536	21,49 ^a	1,287
C17:0(Heptadekánsav)	0,10 ^a	0,025	0,10 ^a	0,012	0,11 ^a	0,019	0,09 ^a	0,007
C18:0(Sztearinsav)	5,64 ^{ab}	0,633	6,12 ^b	0,504	5,39 ^a	0,526	5,11 ^a	0,330
C20:0(Arachidsav)	0,10 ^b	0,026	0,08 ^a	0,008	0,09 ^a	0,012	0,08 ^a	0,019
C22:0(Behénsav)	0,00		0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
C24:0(Lignocerinsav)	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
SFA	28,93^a	3,298	27,43^a	2,409	27,46^a	1,324	27,34^a	1,437
C14:1(Mirisztoleinsav)	0,15 ^b	0,044	0,11 ^a	0,021	0,14 ^{ab}	0,036	0,16 ^b	0,019
C16:1(Palmitoleinsav)	4,53 ^{ab}	0,974	3,78 ^a	0,661	4,65 ^b	0,848	5,33 ^b	0,557
C18:1n-9(Olajsav)	31,05 ^a	3,360	34,77 ^{bc}	2,148	34,26 ^b	1,505	36,80 ^c	1,699
C18:1(Vakcénsav)	1,86 ^a	0,376	1,88 ^a	0,213	2,03 ^{ab}	0,114	2,28 ^b	0,430
C24:1(Nervonsav)	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
MUFA	37,59^a	4,130	40,55^{ab}	2,832	41,08^b	2,039	44,57^c	2,311
C18:2n-6c(Linolsav)	31,87 ^c	3,710	27,38 ^b	4,305	24,65 ^b	2,743	20,04 ^a	1,589
C18:3n-6(γ -Linolénsav)	0,25 ^b	0,023	0,24 ^{ab}	0,055	0,19 ^{ab}	0,053	0,17 ^a	0,081
C18:3n-3(α -Linolénsav)	0,75 ^a	0,068	3,74 ^b	0,524	5,91 ^c	0,425	6,96 ^d	0,534
C20:2(Eikozadiénsav)	0,22 ^b	0,032	0,22 ^b	0,042	0,18 ^{ab}	0,048	0,16 ^a	0,035
C20:3n-3(Eikozatriénsav)	0,12 ^{ab}	0,025	0,12 ^b	0,017	0,11 ^{ab}	0,030	0,09 ^a	0,018
C20:3n-6(Eikozatriénsav)	0,00 ^a	0,000	0,04 ^b	0,005	0,01 ^a	0,025	0,07 ^c	0,012
C20:4(Arachidonsav)	0,26 ^b	0,088	0,20 ^a	0,056	0,20 ^a	0,092	0,16 ^a	0,035
C20:5(Eikozapentaénsav)	0,01 ^a	0,012	0,03 ^a	0,007	0,07 ^b	0,031	0,23 ^c	0,061
C22:5(Dokozapentaénsav)	0,00 ^a	0,000	0,05 ^{ab}	0,017	0,09 ^b	0,043	0,18 ^c	0,103
C22:6(Dokozahexaénsav)	0,00 ^a	0,000	0,00 ^a	0,000	0,03 ^b	0,042	0,36 ^b	0,028
PUFA	33,48^b	3,851	32,02^{ab}	4,772	31,46^{ab}	3,197	28,09^a	2,061

Statistikai próba: ANOVA a,b,c,d: az ugyanazon sorokban eltérő betűvel jelölt átlagok közötti különbség szignifikáns (P<0,05)

9. melléklet:

A 2. kísérletben mért nyakbőr zsírsavösszetétele (g zsírsav/100g zsírban)

zsírsav %	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
C12:0(Laurilsav)	0,00 ^a	0,000	0,00 ^a	0,000	0,00 ^a	0,000	0,01 ^b	0,016
C14:0(Mirisztinsav)	0,39 ^a	0,043	0,40 ^a	0,052	0,43 ^a	0,020	0,41 ^a	0,027
C15:0(Pentadekánsav)	0,06 ^a	0,006	0,06 ^a	0,005	0,04 ^a	0,037	0,05 ^a	0,022
C16:0(Palmitinsav)	20,29 ^a	1,155	20,30 ^a	1,443	19,69 ^a	1,117	20,86 ^a	0,903
C17:0(Heptadekánsav)	0,11 ^{ab}	0,012	0,12 ^{ab}	0,015	0,12 ^b	0,017	0,10 ^a	0,007
C18:0(Sztearinsav)	6,23 ^b	0,531	6,07 ^b	0,434	5,47 ^a	0,423	5,34 ^a	0,397
C20:0(Arachidsav)	0,08 ^b	0,012	0,01 ^a	0,031	0,11 ^b	0,044	0,09 ^b	0,059
C22:0(Behénsav)	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
C24:0(Lignocerinsav)	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
SFA	27,16^a	1,217	26,96^a	1,734	25,85^a	1,186	26,86^a	1,133
C14:1(Mirisztoleinsav)	0,10 ^a	0,027	0,10 ^a	0,021	0,11 ^{ab}	0,019	0,13 ^b	0,021
C16:1(Palmitoleinsav)	3,62 ^a	0,886	3,65 ^a	0,821	4,20 ^{ab}	0,783	4,96 ^b	0,724
C18:1n-9(Olajsav)	31,98 ^a	2,370	34,19 ^b	2,050	34,00 ^{ab}	1,386	36,86 ^c	1,612
C18:1(Vakcénsav)	2,10 ^a	0,360	2,00 ^a	0,166	2,12 ^a	0,176	2,52 ^b	0,320
C24:1(Nervonsav)	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000	0,00	0,000
MUFA	37,80^a	3,523	39,94^a	2,831	40,43^a	2,147	44,46^b	2,396
C18:2n-6c(Linolsav)	33,08 ^c	4,132	28,80 ^b	3,657	26,98 ^b	2,760	20,50 ^a	1,974
C18:3n-6(γ -Linolénsav)	0,26 ^b	0,030	0,35 ^c	0,086	0,26 ^b	0,069	0,17 ^a	0,052
C18:3n-3(α -Linolénsav)	1,05 ^a	0,064	3,16 ^b	0,489	5,50 ^c	0,424	7,19 ^d	0,955
C20:2(Eikozadiénsav)	0,24 ^b	0,061	0,29 ^b	0,078	0,18 ^a	0,041	0,14 ^a	0,019
C20:3n-3(Eikozatriénsav)	0,16 ^c	0,026	0,15 ^{bc}	0,023	0,14 ^{ab}	0,025	0,11 ^a	0,011
C20:3n-6(Eikozatriénsav)	0,00 ^a	0,000	0,02 ^{ab}	0,026	0,04 ^b	0,034	0,07 ^c	0,011
C20:4(Arachidonsav)	0,24 ^b	0,083	0,25 ^b	0,062	0,24 ^b	0,079	0,16 ^a	0,026
C20:5(Eikozapentaénsav)	0,00 ^a	0,000	0,04 ^b	0,015	0,10 ^c	0,046	0,13 ^d	0,025
C22:5(Dokozapentaénsav)	0,00 ^a	0,000	0,05 ^a	0,034	0,25 ^c	0,118	0,14 ^b	0,018
C22:6(Dokozahexaénsav)	0,00 ^a	0,000	0,00 ^a	0,000	0,03 ^b	0,034	0,05 ^c	0,018
PUFA	35,04^b	4,356	33,10^b	3,922	33,71^b	3,007	28,67^a	2,949

Statistikai próba: ANOVA a,b,c,d: az ugyanazon sorokban eltérő betűvel jelölt átlagok közötti különbség szignifikáns (P<0,05)

10. melléklet:

A hőkezelés hatása az 5. kezelés zsírsavösszetételére

	nyers		sült		mikrózott	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
C12:0(Laurilsav)	0,02 ^a	0,002	0,02 ^a	0,002	0,02 ^a	0,001
C14:0(Mirisztinsav)	0,38 ^a	0,037	0,39 ^b	0,037	0,38 ^{ab}	0,037
C15:0(Pentadekánsav)	0,07 ^b	0,009	0,06 ^a	0,007	0,07 ^{ab}	0,009
C16:0(Palmitinsav)	18,98 ^a	0,890	19,50 ^b	0,961	19,39 ^{ab}	1,056
C17:0(Heptadekánsav)	0,10 ^a	0,017	0,10 ^a	0,016	0,10 ^a	0,016
C18:0(Sztearinsav)	7,10 ^a	0,744	6,68 ^a	0,352	6,73 ^a	0,454
C20:0(Arachidsav)	0,07 ^b	0,008	0,06 ^a	0,007	0,06 ^{ab}	0,008
SFA	26,72^a	1,134	26,82^a	0,882^x	26,75^a	1,082
C16:1n-7(Palmitoleinsav)	3,66 ^a	0,931	3,84 ^b	0,964	3,72 ^{ab}	0,964
C17:1n-7(Heptadecénsav)	0,29 ^a	0,078	0,25 ^a	0,036	0,26 ^a	0,020
C18:1n-9(Olajsav)	29,26 ^a	2,760	30,36 ^b	2,298	30,06 ^{ab}	2,453
C18:1n-7(Vakcénsav)	1,57 ^a	0,307	1,64 ^a	0,298	1,66 ^a	0,302
C20:1n-9(Eikozénsav)	0,40 ^a	0,024	0,47 ^b	0,023	0,50 ^b	0,056
C24:1n-9(Nervonsav)	0,76 ^a	0,198	0,61 ^a	0,064	0,71 ^a	0,119
MUFA	36,04^a	3,629	37,27^b	3,345	37,01^{ab}	3,616
C18:2n-6(Linolsav)	32,62 ^b	3,608	32,02 ^a	3,562	32,22 ^{ab}	4,033
C18:3n-6(γ -Linolénsav)	0,25 ^a	0,031	0,26 ^a	0,032	0,26 ^a	0,040
C18:3n-3(α -Linolénsav)	0,70 ^a	0,087	0,77 ^a	0,208	0,70 ^a	0,083
C20:2n-6(Eikozadiénsav)	0,49 ^b	0,102	0,41 ^a	0,052	0,44 ^{ab}	0,056
C20:3n-3(Eikozatriénsav)	0,40 ^b	0,082	0,32 ^a	0,041	0,33 ^{ab}	0,037
C20:3n-6(Eikozatriénsav)	0,02 ^a	0,003	0,00 ^a	0,000	0,00 ^a	0,000
C20:4n-6(Arachidonsav)	2,43 ^a	0,673	1,81 ^a	0,286	1,99 ^{ab}	0,550
C20:5n-3(Eikozapentaénsav)	0,04 ^a	0,012	0,06 ^b	0,025	0,08 ^c	0,025
C22:5n-3(Dokozapentaénsav)	0,19 ^a	0,069	0,17 ^a	0,057	0,16 ^a	0,039
C22:6n-3(Dokozahexaénsav)	0,10 ^b	0,029	0,08 ^a	0,020	0,08 ^{ab}	0,015
PUFA	37,24^b	4,058	35,91^a	3,983	36,24^{ab}	4,459

Statisztikai próba: ANOVA a,b: az ugyanazon sorokban eltérő betűvel jelölt átlagok közötti különbség szignifikáns (P<0,05)

11. melléklet:

A hőkezelés hatása a 8. kezelés zsírsavösszetételére

	nyers		sült		mikrózott	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
C12:0(Laurilsav)	0,03 ^a	0,005	0,03 ^a	0,004	0,03 ^a	0,005
C14:0(Mirisztinsav)	0,41 ^b	0,029	0,40 ^a	0,025	0,40 ^b	0,024
C15:0(Pentadekánsav)	0,07 ^b	0,004	0,06 ^a	0,006	0,06 ^a	0,005
C16:0(Palmitinsav)	19,93 ^a	0,609	20,13 ^a	0,524	20,10 ^a	0,536
C17:0(Heptadekánsav)	0,09 ^a	0,013	0,10 ^a	0,018	0,09 ^a	0,008
C18:0(Sztearinsav)	5,96 ^a	0,417	6,06 ^a	0,369	6,06 ^a	0,308
C20:0(Arachidsav)	0,06 ^b	0,011	0,04 ^a	0,012	0,04 ^a	0,005
SFA	26,56^a	0,719	26,82^a	0,581	26,79^a	0,604
C14:1n-5(Mirisztoleinsav)	0,37 ^a	0,634	0,13 ^a	0,020	0,13 ^a	0,020
C16:1n-7(Palmitoleinsav)	4,90 ^a	0,804	4,91 ^a	0,753	4,94 ^a	0,755
C17:1n-7(Heptadecénsav)	0,25 ^a	0,032	0,23 ^a	0,027	0,22 ^a	0,023
C18:1n-9(Olajsav)	34,69 ^a	1,400	35,14 ^{ab}	1,586	35,24 ^b	1,638
C18:1n-7(Vakcénsav)	2,04 ^a	0,291	2,26 ^b	0,263	2,25 ^b	0,341
C20:1n-9(Eikozénsav)	0,47 ^a	0,022	0,56 ^b	0,016	0,55 ^b	0,025
C24:1n-9(Nervonsav)	0,32 ^a	0,048	0,31 ^a	0,047	0,29 ^a	0,047
MUFA	43,04^a	2,853	43,56^b	2,511	43,62^b	2,574
C18:2n-6(Linolsav)	20,75 ^a	2,147	20,47 ^a	1,987	20,43 ^a	2,021
C18:3n-6(γ -Linolénsav)	0,14 ^b	0,007	0,13 ^{ab}	0,011	0,13 ^a	0,007
C18:3n-3(α -Linolénsav)	6,06 ^a	0,632	5,92 ^a	0,585	5,94 ^a	0,617
C20:2n-6(Eikozadiénsav)	0,25 ^a	0,044	0,25 ^a	0,033	0,25 ^a	0,337
C20:3n-3(Eikozatriénsav)	0,28 ^a	0,034	0,27 ^a	0,021	0,26 ^a	0,015
C20:3n-6(Eikozatriénsav)	0,15 ^a	0,037	0,08 ^a	0,015	0,08 ^a	0,015
C20:4n-6(Arachidonsav)	1,12 ^a	0,141	1,04 ^a	0,086	1,04 ^a	0,086
C20:5n-3(Eikozapentaénsav)	0,47 ^b	0,036	0,40 ^a	0,048	0,40 ^a	0,038
C22:5n-3(Dokozapentaénsav)	0,81 ^a	0,103	0,74 ^a	0,058	0,74 ^a	0,045
C22:6n-3(Dokozahexaénsav)	0,36 ^b	0,067	0,31 ^a	0,035	0,31 ^{ab}	0,049
PUFA	30,40^b	2,887	29,61^a	2,649	29,59^a	2,784

Statisztikai próba: ANOVA a,b: az ugyanazon sorokban eltérő betűvel jelölt átlagok közötti különbség szignifikáns (P<0,05)

12. melléklet

A friss csirkemell hús színváltozása a 8 napos tárolás alatt

nap	5. kezelés			6. kezelés			7. kezelés			8. kezelés			Kezelés														
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	Szignifikancia														
	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	L*	a*	b*												
1.	54,40	1,168	3,82	0,295	6,48	0,502	54,13	0,372	3,43	0,467	5,08	0,983	54,39	0,706	3,46	0,223	5,88	0,822	52,89	1,388	3,75	0,561	5,21	0,708	***	**	***
2.	54,73	1,298	3,02	3,816	6,00	0,984	53,93	1,199	2,60	0,417	4,46	0,939	53,65	1,028	2,96	0,577	5,86	0,801	52,61	1,476	3,17	0,659	4,67	0,726	***	**	***
3.	53,97	1,297	2,43	0,293	5,70	0,467	52,53	1,166	2,47	0,426	4,09	0,512	53,42	1,033	2,53	0,535	5,86	0,768	51,04	0,734	3,29	0,378	4,80	0,488	***	**	***
4.	53,28	1,717	2,61	0,845	6,16	1,149	53,14	1,490	2,62	0,508	4,42	0,592	53,49	0,971	2,74	0,522	5,70	0,878	51,79	2,204	2,86	0,822	5,13	0,689	***	**	***
5.	54,50	1,222	2,49	0,577	6,12	0,830	52,66	2,070	2,60	0,983	4,50	0,961	53,83	1,253	2,43	0,583	5,65	0,767	52,51	1,685	2,60	0,598	4,79	0,583	***	**	***
6.	53,79	1,102	2,23	0,648	5,96	0,713	53,27	1,888	2,28	0,439	4,51	0,711	53,28	0,831	2,67	0,545	5,93	0,823	52,50	1,366	2,42	0,538	4,97	0,426	***	**	***
7.	52,88	1,463	2,39	0,302	6,32	0,824	51,69	1,846	2,51	0,731	5,14	0,835	51,67	0,436	2,75	0,621	6,49	0,923	50,08	1,640	2,68	0,654	5,60	0,493	***	**	***
8.	54,21	1,476	1,43	0,400	5,62	0,694	52,89	1,685	1,69	0,811	4,30	1,035	52,80	0,581	2,19	0,681	5,52	0,846	51,97	1,661	1,83	0,775	4,39	0,362	***	**	***
9.	52,35	2,131	1,64	0,572	6,63	0,720	51,28	2,035	2,04	0,595	5,39	0,812	50,67	0,499	2,47	0,578	6,70	0,842	49,19	2,073	2,72	1,058	5,50	0,533	***	**	***
Szignifikancia szint	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	NS	*	NS	

NS= P>0,05; *= P<0,05; **=P<0,01; ***=P<0,001

A friss combhús színváltozása a 8 napos tárolás alatt

nap	5. kezelés			6. kezelés			7. kezelés			8. kezelés			Kezelés														
	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	Szignifikancia														
	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	L*	a*	b*												
1.	55,43	1,503	8,21	0,887	8,74	1,008	55,51	1,154	7,40	0,709	7,73	1,277	55,55	1,502	8,45	1,162	9,10	0,893	56,22	2,016	7,46	0,882	8,27	0,825	***	***	***
2.	55,10	2,212	8,03	1,682	8,33	1,349	54,99	0,556	7,94	1,114	8,69	1,308	55,48	1,909	8,22	0,804	9,38	0,296	55,55	1,801	7,09	0,864	8,39	0,453	***	***	***
3.	53,88	1,464	8,90	1,145	9,34	1,045	54,83	1,667	8,05	1,137	8,83	0,757	56,44	1,575	8,15	0,833	9,69	0,729	55,49	1,756	7,60	1,046	8,87	0,734	***	***	***
4.	55,33	1,674	7,86	1,153	8,19	0,816	55,43	0,305	7,92	0,980	8,04	1,232	56,21	0,861	8,43	0,830	9,21	0,422	55,73	1,942	6,95	0,860	8,00	0,501	***	***	***
5.	54,47	1,883	8,16	1,575	9,37	0,812	54,29	1,326	7,99	1,016	8,55	0,872	54,68	1,910	8,08	0,939	9,78	0,658	54,31	1,651	7,14	0,992	8,62	0,957	***	***	***
6.	54,02	1,612	7,69	1,609	8,92	1,433	55,28	1,015	7,22	1,099	7,72	1,001	55,73	1,414	7,50	1,299	8,76	0,678	55,65	1,354	6,40	0,863	7,40	0,795	***	***	***
7.	53,89	1,800	7,77	1,211	8,37	1,266	54,79	0,687	6,97	0,709	7,06	0,866	55,96	0,864	6,94	0,462	8,49	0,645	54,71	2,021	7,41	1,035	7,55	0,980	***	***	***
8.	53,45	2,139	7,97	1,507	7,68	1,400	53,96	1,340	7,37	0,962	7,08	0,853	53,92	1,033	7,46	0,861	8,36	0,525	54,56	1,544	7,28	0,987	7,08	0,843	***	***	***
9.	53,44	1,355	8,66	0,678	7,75	1,196	53,75	1,447	8,15	1,097	7,05	0,850	55,17	1,367	7,59	0,694	8,17	0,667	54,44	1,829	7,80	1,057	7,35	1,218	***	***	***
Szignifikancia szint	***	**	***	***	**	***	***	**	***	***	**	***	***	**	***	**	***	***	***	***	***	***	***	NS	NS	NS	

NS= P>0,05; *= P<0,05; **=P<0,01; ***=P<0,001

13. melléklet

A fagyasztott mellhús színváltozása az 5 napos tárolás alatt

nap	5. kezelés			6. kezelés			7. kezelés			8. kezelés			Kezelés															
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	Szigifikancia															
	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	L*	a*	b*													
1.	53,07	0,708	3,40	0,320	7,16	0,688	52,28	1,120	3,59	0,598	6,27	0,817	52,83	1,326	3,70	0,684	7,43	0,657	50,16	1,354	3,70	0,835	6,30	0,593	***	NS	***	
2.	54,42	1,075	3,00	0,416	6,51	0,613	54,37	1,535	2,73	0,509	5,04	0,832	54,77	0,880	3,09	0,441	6,03	0,543	53,01	1,256	2,92	0,507	5,04	0,458	***	NS	***	
3.	54,01	1,320	3,14	0,260	7,27	0,470	52,28	1,119	3,09	0,411	5,66	0,789	53,86	1,081	3,23	0,586	7,47	0,501	51,46	1,569	3,20	0,601	6,28	0,515	***	NS	***	
4.	52,93	1,239	2,43	0,189	6,92	0,849	53,83	1,315	2,42	0,537	5,21	0,898	54,19	0,906	2,60	0,621	6,02	0,581	52,26	1,912	2,26	0,509	4,54	0,399	***	NS	***	
5.	52,30	1,447	2,11	0,413	7,29	0,813	50,67	1,364	2,44	0,485	5,88	0,800	52,57	1,276	2,19	0,584	6,82	0,785	49,10	1,863	2,89	0,673	5,35	0,802	***	NS	***	
Szigifikancia szint	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	NS	NS	NS		

NS= P>0,05; *= P<0,05; **=P<0,01; ***=P<0,001

A fagyasztott combhús színváltozása az 5 napos tárolás alatt

nap	5. kezelés			6. kezelés			7. kezelés			8. kezelés			Kezelés															
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	Szigifikancia															
	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	\bar{x} sd	L*	a*	b*													
1.	54,62	1,905	7,62	1,491	10,58	0,380	55,13	1,487	7,64	0,998	9,97	0,519	56,51	1,475	7,79	0,799	10,91	0,273	56,30	1,171	6,71	0,817	10,10	0,469	NS	NS	***	
2.	54,37	2,553	7,34	1,515	10,55	0,162	55,37	0,954	7,20	0,567	9,54	0,706	56,18	1,144	7,85	0,839	10,63	0,265	56,21	1,232	6,63	0,700	9,86	0,488	NS	NS	***	
3.	54,79	2,522	5,14	1,363	9,97	0,592	55,06	1,552	5,64	0,913	9,13	0,726	57,73	1,195	5,97	0,575	9,39	0,546	57,39	1,399	5,03	0,529	8,33	0,827	NS	NS	***	
4.	55,09	1,642	5,83	0,648	10,09	0,501	55,05	1,431	6,59	0,827	7,79	0,833	53,34	1,932	5,57	1,270	9,82	0,981	54,36	1,573	6,30	0,810	8,71	0,857	NS	NS	***	
5.	52,78	2,121	6,41	1,346	9,31	1,560	53,89	0,922	6,38	0,509	7,73	0,881	54,06	1,200	6,42	0,653	9,76	0,641	54,39	1,617	6,30	1,028	7,76	0,713	NS	NS	***	
Szigifikancia szint	**	***	***	**	***	***	**	***	***	**	***	***	**	***	***	**	***	***	***	***	***	***	**	NS	***			

NS= P>0,05; *= P<0,05; **=P<0,01; ***=P<0,001

14. melléklet

Az első kísérlet eredményeinek statisztikai értékelése

A kezelések heti átlagos testsúlyai (g)

	1. kezelés		2. kezelés		3. kezelés		4. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
0.nap	43,2 ^a	3,16	42,7 ^a	3,53	42,9 ^a	3,37	42,9 ^a	3,26
7.nap	162,6 ^a	15,63	162,0 ^a	16,87	159,9 ^a	16,09	161,2 ^a	16,55
14.nap	460,8 ^a	42,28	459,6 ^a	48,01	457,9 ^a	45,32	473,9 ^b	40,66
21.nap	951,5 ^a	80,98	950,9 ^a	88,70	950,7 ^a	80,08	965,6 ^b	78,13
28.nap	1565,6 ^{ab}	124,16	1557,3 ^{ab}	141,32	1552,2 ^a	123,96	1578,0 ^b	129,52
35.nap	2241,5 ^a	190,01	2222,4 ^a	190,39	2248,4 ^a	186,17	2233,2 ^a	186,74

Statisztikai próba: ANOVA a,b: az ugyanazon sorokban eltérő betűvel jelölt átlagok közötti különbség szignifikáns (P<0,05) n=5x60/kezelés

A mellhúsok zsírsavtartalma (g/100g zsírsav)

	1. kezelés		2. kezelés		3. kezelés		4. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
SFA	30,59 ^c	0,550	26,70 ^b	1,114	25,55 ^a	1,442	26,86 ^b	0,816
MUFA	45,20 ^c	2,077	36,46 ^b	2,156	32,90 ^a	1,921	34,53 ^{ba}	3,261
Linolsav	20,00 ^a	0,968	29,79 ^c	1,649	32,97 ^d	1,834	21,56 ^b	1,370
Linolénsav	1,01 ^a	0,128	1,28 ^a	0,105	2,69 ^b	0,282	10,63 ^c	0,940
n-6/n-3		20		23		12		2
PUFA	24,21 ^a	2,010	36,84 ^b	2,175	41,55 ^c	2,221	38,61 ^b	3,086

Statisztikai próba: ANOVA a,b,c,d: az ugyanazon sorokban eltérő betűvel jelölt átlagok közötti különbség szignifikáns (P<0,05); n=12/kezelés

15. melléklet

Az második kísérlet eredményeinek statisztikai értékelése

A kezelések heti átlagos testsúlyai (g)

	5. kezelés		6. kezelés		7. kezelés		8. kezelés	
	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd	\bar{x}	sd
0.nap	42,9 ^a	3,41	43,3 ^a	3,56	42,8 ^a	3,29	43,1 ^a	3,30
7.nap	147,4 ^{bc}	23,38	150,2 ^c	21,01	144,2 ^b	21,18	138,5 ^a	20,69
14.nap	348,1 ^b	77,84	361,1 ^b	73,45	346,7 ^{ab}	71,32	332,0 ^a	70,33
21.nap	753,9 ^{ab}	150,95	762,8 ^b	142,64	756,1 ^b	139,15	723,5 ^a	134,90
28.nap	1269,5 ^b	221,57	1262,9 ^b	225,61	1244,3 ^{ab}	206,60	1209,1 ^a	193,59
35.nap	1942,8 ^a	288,80	2000,0 ^a	280,12	1994,1 ^a	280,51	1951,3 ^a	258,91
42.nap	2594,3 ^a	348,06	2666,5 ^b	333,27	2632,4 ^{ab}	326,47	2578,4 ^a	289,78

Statisztikai próba: ANOVA a,b: az ugyanazon sorokban eltérő betűvel jelölt átlagok közötti különbség szignifikáns ($P < 0,05$) $n=5 \times 60/\text{kezelés}$

16. melléklet

Rövidítések jegyzéke

DHA	Dokozahexaénsav
DPA	Dokozapentaénsav
EPA	Eikozapentaénsav
FCR	Fajlagos takarmány hasznosítás
MDA	Malondialdehid
MUFA	Egyszeresen telítetlen zsírsavak
PUFA	Többszörösen telítetlen zsírsavak
SFA	Telített zsírsavak
TBARS	Tiobarbitursav reaktív anyagok mennyisége
VLDL	Nagyon kis sűrűségű lipoproteinek

17. melléklet

Táblázatok jegyzéke

1.táblázat: Zsírsvav bevitel és a kardiovaszkuláris mortalitás	17
2.táblázat: Növényi olajok és magvak linol- és linolénsav tartalma az összes zsírsvav %-ában	18
3.táblázat: Állati eredetű zsíradékok linol- és linolénsav tartalma az összes zsírsvav %-ában	19
4.táblázat: Az állományszinten felhasznált vakcinák és vitaminok	31
5.táblázat: Az abrakkeverékekben felhasznált olajok és zsír zsírsvavösszetétele	32
6.táblázat: Az indító, nevelő, befejező táp összetétele és táplálóanyag tartalma	33
7.táblázat: Az érzékszervi bírálat szempontjai	40
8.táblázat: Takarmányozási terv és az n-6/n-3 zsírsvavak aránya	41
9.táblázat: A második kísérletben használt olajok zsírsvavösszetétele	42
10. táblázat: A funkcionális és a kontroll takarmány összetétele és táplálóanyag tartalma	43
11. táblázat: A hetenkénti fajlagos takarmányhasznosítás és az összes elhullás	48
12. táblázat: A vágóhídi vizsgálatok eredményei	49
13. táblázat: A kísérleti tápsorok mért zsírsvavtartalma	50
14. táblázat: A pH vizsgálatok eredménye	52
15. táblázat: A mellhúsok kémiai összetétele	53
16. táblázat: A mellhúsok összes pigment tartalma	53
17. táblázat: Oxidációs elváltozások a tárolás alatt	54
18. táblázat: A hús színének változása a tárolás alatt	55
19. táblázat: A hetenkénti fajlagos takarmányhasznosítás (kg/kg) és az összes elhullás	58
20. táblázat: A vágóhídi vizsgálatok eredményei	58
21. táblázat: A tápsorok mért zsírsvavtartalma	59
22. táblázat: A hőkezelés hatása az 5. kezelés comb zsírsvavtartalmára	62
23. táblázat: A hőkezelés hatása a 8. kezelés zsírsvavtartalmára	63
24. táblázat: A kezelésenkénti végső (24. órás) pH értékek	63
25. táblázat: A csirkemellek és combok kémiai összetétele	64

26. táblázat: A vizsgált húsok összes pigment tartalma	65
27. táblázat: A friss mellhús TBARS (MDA mg/kg hús) értékei a tárolás alatt	65
28. táblázat: A friss combhús TBARS (MDA mg/kg hús) értékei a tárolás alatt	66
29. táblázat: A fagyasztott mellhús TBARS (MDA mg/kg hús) értékei a tárolás alatt	66
30. táblázat: A fagyasztott combhús TBARS (MDA mg/kg hús) értékei a tárolás alatt	67
31. táblázat: A hagyományos és a kísérleti táp ára	85
32. táblázat: kg brojler csirke előállításának takarmány költsége, a kísérletek adatai alapján	86
33. táblázat: 100 g termékben lévő α -linolénsav mennyisége	86

18. melléklet

Ábrák jegyzéke

1.ábra: A magyar lakosság 1 főre jutó éves húsfogyasztása (kg/fő)	8
2.ábra: A zsírsavak szerkezete	10
3.ábra: A különböző telítetlenségű zsírsavak szerkezete	11
4.ábra: Az esszenciális zsírsavak képződése az állati szövetekben	13
5.ábra: A CIE L*a*b* színkoordináta rendszer	28
6.ábra: A kismacsi testtálló egy hetes állománnyal	29
7.ábra: A krotáliát a jobb szárnyba helyeztük	30
8.ábra: A kezelésként mért átlagos testsúlyok	47
9.ábra: A mellhúsok zsírsavtartalma	51
10. ábra: Az organoleptikus vizsgálat eredményei	56
11. A kezelésként mért átlagos testsúlyok (g)	57
12. ábra: A mellhúsok zsírsavtartalma (g/100g zsírsav)	60
13. ábra: A combhúsok zsírsavtartalma (g/100g zsírsav)	60
14. ábra: Az abdominális zsír zsírsavtartalma (g/100g zsírsav)	61
15. ábra: A bőr zsírsavtartalma (g/100g zsírsav)	62
16. ábra: Friss mellhúspogácsa oxidatív elváltozása sütés hatására	68
17. ábra: Friss combhúspogácsa oxidatív elváltozása sütés hatására	68
18. ábra: A mellben lejátszódó oxidációs folyamatok a fagyasztott húspogácsákban	69
19. ábra: A combban lejátszódó oxidációs folyamatok a nyersen fagyasztott húspogácsákban	70
20. ábra: A friss és a fagyasztott mellhús színváltozása a hűtve tárolás alatt	72
21. ábra: A friss és a fagyasztott combhús színváltozása a hűtve tárolás alatt	73
22. ábra: Sült mellhúspogácsák, frissen fogyasztva	75
23. ábra: Sült mellhúspogácsák, 4 napos tárolás után fogyasztva	75
24. ábra: Sült combhúspogácsák, frissen fogyasztva	76
25. ábra: Sült combhúspogácsák, 4 napos tárolás után fogyasztva	76

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni mindazoknak az önzetlen segítségét, akik segítettek munkámat a kísérletek megvalósításában, valamint a dolgozatom megírásában:

Családomnak, akik szakmailag és emberileg egyaránt példát mutattak számomra, szakmai tapasztalataikra, gyakorlati tanácsaikra, valamint anyagi támogatásukra bármikor számíthattam.

Dr. Gundel János témavezetőmnek, áldozatos segítségét, munkám elkészülése során nyújtott tudományos és szakmai támogatását.

Hermán Istvánnénak és munkatársainak, a vizsgálatok elvégzéséhez és kiértékeléséhez nyújtott segítségéért.

Vadáné Kovács Máriának, az elvégzett húsvizsgálatokért, és a kiértékeléshez nyújtott segítségéért.

Az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézetnek, az Országos Húsipari Kutatóintézetnek, valamint az Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézetnek az elvégzett laboratóriumi analízisekért.

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

NYILATKOZAT

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

Debrecen,

.....

a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

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

Debrecen,

.....

a témavezető aláírása