



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

**KÓKUSZ-, PÁLMAZSÍR ÉS NAPRAFORGÓ
OLAJ KIEGÉSZÍTÉS HATÁSAINAK
VIZSGÁLATA BROJLERCSIRKÉK
TAKARMÁNYOZÁSI, TERMELÉSI, VALAMINT
EGYES HÚSMINŐSÉGI, BIOKÉMIAI ÉS
SZÖVETANI PARAMÉTEREK
VONATKOZÁSÁBAN**

DOKTORI ÉRTEKEZÉS

Zimborán Ágnes
Gödöllő
2023

A doktori iskola

Megnevezése: **Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola**

Tudományága: **Állattenyésztés tudomány**

Vezetője: **Dr. Mézes Miklós**

egyetemi tanár, MTA rendes tagja

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és
Takarmányozástani Intézet, Takarmánybiztonsági Tanszék

Témavezető: **Balláné Dr. Erdélyi Márta**

egyetemi docens

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Élettani és Takarmányozástani Intézet

Takarmánybiztonsági Tanszék

Dr. Kovács-Weber Mária

egyetemi docens

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Állattenyésztési Tudományok Intézet

Állattenyésztés-technológiai és Állatjólléti Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

Tartalomjegyzék

Jelölések, Rövidítések jegyzéke	8
1. Bevezetés	10
1.1. Téma jelentősége	10
1.2. Célkitűzések	11
2. Irodalmi áttekintés	12
2.1. Ágazati helyzet	12
2.2. Baromfi energiaellátása	13
2.3. Zsírok és zsírsavösszetételük	14
2.3.1. Növényi olajok előállítása	17
2.3.2. Kókuszszír	18
2.3.3. Pálmazsír	20
2.4. Közepesen hosszú szénláncú zsírsavak hatása a baromfi termelésére és energiametabolizmusára	22
2.5. Húsminőség	24
2.5.1. <i>Post mortem</i> folyamatok	25
2.5.2. pH	26
2.5.3. Szín	26
2.5.4. Víztartóképesség	28
2.5.5. Konyhatechnikai veszteségek	28
2.5.6. Porhanyósság	29
2.5.7. Egyéb húsminőséget befolyásoló tényezők	30
2.5.8. A takarmányozás/zsírtkiegészítés hatása a húsok tápanyagtartalmára és érzékszervi tulajdonságaira	31
2.6. Antioxidáns státusz	32
2.6.1. Lipidperoxidáció biológiai háttere	32
2.6.2. A takarmányozás és a lipidperoxidáció összefüggései	35
2.7. Közepesen hosszú szénláncú zsírsavak összefüggése egyes szervek, szövetek működésével	36
2.7.1. Máj (<i>Hepar</i>)	36
2.7.2. Vékonybél (<i>Intestinum tenue</i>)	37
2.7.3. Fabricius-tömlő (<i>bursa Fabricii</i>)	38
2.7.4. Magzatmirigy (<i>Thymus</i>)	38
2.8. Közepesen hosszú szénláncú zsírsavak és a mikrobiom összefüggései	39
2.8.1. A legfontosabb patogén baktériumok a baromfiban	40

2.8.2.	MCFA a patogén mikróbák ellen.....	40
3.	Anyag és módszer	42
3.1.	Kísérleti állatok, tartás- és takarmányozás-technológiájuk	42
3.2.	A kísérleti takarmányok kiegészítése zsírokkal és olajjal – takarmányvizsgálatok	43
3.2.1.	A kísérleti takarmányok kiegészítése zsírokkal és olajjal.....	43
3.2.2.	A kísérleti takarmányok táplálóanyag-tartalmára vonatkozó vizsgálatok	44
3.3.	Termelési paraméterek mérése és számítása	44
3.4.	A mintagyűjtés módszere	45
3.4.1.	Vérminták gyűjtése és kezelése	45
3.4.2.	Szövetminták gyűjtése és kezelése.....	46
3.4.3.	Alomminták gyűjtése és kezelése	46
3.5.	Húsminőség vizsgálati módszerek.....	46
3.5.1.	pH mérés	46
3.5.2.	Szín mérés	46
3.5.3.	Csepegési veszteség	47
3.5.4.	Konyhatechnikai veszteségek meghatározása.....	47
3.5.5.	Nyíróerő érték meghatározása.....	47
3.5.6.	Tápanyag-tartalmi paraméterek meghatározása.....	48
3.5.7.	Zsírsvösszetétel meghatározása.....	48
3.6.	Biokémiai módszerek	48
3.6.1.	A konjugált dién és -trién tartalom meghatározása.....	48
3.6.2.	A tiobarbitursav-reaktív anyagok (MDA) mennyiségének mérése	48
3.6.3.	A GSH-koncentráció meghatározása	48
3.6.4.	A GSHPx-aktivitás meghatározása	49
3.6.5.	A vérplazma koleszterin koncentrációjának meghatározása.....	49
3.6.6.	A vérplazma triglicerid koncentrációjának meghatározása	49
3.7.	Szövetteni metszetek készítése	50
3.8.	Mikrobiológiai vizsgálatok módszere	51
3.9.	Matematikai és statisztikai módszerek	51
4.	Eredmények	53
4.1.	Takarmányvizsgálatok eredményei	53
4.1.1.	Takarmány táplálóanyag-tartalma.....	53
4.1.2.	A vizsgálatban alkalmazott zsírok és az olaj zsírsvösszetétele	53
4.1.3.	A keveréktakarmányok zsírsvösszetétele	54

4.2.	Termelési paraméterek eredményei.....	55
4.2.1.	Takarmányfogyasztás	55
4.2.2.	Testtömeg és tömeggyarapodás eredmények.....	56
4.2.3.	Takarmányértékesítés	58
4.2.4.	Elhullás	59
4.2.5.	Vágási próba	60
4.3.	Húsminőségi paraméterek eredményei	62
4.3.1.	pH eredmények	62
4.3.2.	A színmérés eredményei	64
4.3.3.	Csepegési veszteség	65
4.3.4.	Konyhatechnikai veszteségek	66
4.3.5.	Porhanyósság	71
4.3.6.	Tápanyag-tartalom eredményei	72
4.3.7.	A mellhús zsírsavösszetételére vonatkozó eredmények	74
4.3.8.	Húsminőségi paraméterek korrelációs összefüggései.....	78
4.4.	Biokémiai paraméterek eredményei.....	78
4.4.1.	Vérplazma	78
4.4.2.	Vörösvérsejt hemolizátumban mért eredmények.....	81
4.4.3.	Máj homogenizátumban mért eredmények.....	82
4.5.	Szövettani vizsgálatok eredményei	83
4.5.1.	Máj.....	83
4.5.2.	<i>Jejunum</i>	84
4.5.3.	<i>Bursa Fabricii</i>	85
4.5.4.	<i>Thymus</i>	86
4.6.	Mikrobiológiai vizsgálatok eredményei.....	87
5.	Következtetések és javaslatok	90
5.1.	Következtetések.....	90
5.1.1.	Takarmányvizsgálatok	90
5.1.2.	Termelési paraméterek.....	90
5.1.3.	Húsminőségi paraméterek.....	92
5.1.4.	Biokémiai paraméterek	95
5.1.5.	Szövettani vizsgálatok	96
5.1.6.	Mikrobiológiai paraméterek.....	97
5.2.	Javaslatok	97

6.	Új tudományos eredmények	99
7.	Összefoglalás	100
8.	Summary	101
9.	Mellékletek	102
M1.	Irodalomjegyzék	102
M2.	Korrelációs táblázatok	123
10.	Köszönetnyilvánítás	134

JELÖLÉSEK, RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

AGP	– antibiotikus növekedésserkentő
átl	– átlag érték
CAT	– kataláz
Csepv	– csepegési veszteség
DSC	– kalorimetriás analízist végző DSC 4000 Perkin-Elmer készülék
EDTA-Na2	– etilén-diamin-tetraecetsav dinátrium só
FH	– fehérje
GCL	– γ -glutamil-cisztein-ligáz
GCS	– γ -glutamil-cisztein-szintetáz
GS	– glutation-szintetáz
GSH	– redukált glutation
GSHPx	– glutation-peroxidáz
GSR	– glutation-reduktáz
GSSG	– glutation-diszulfid
GST	– glutation S-transzferáz
HCl	– hidrogén-klorid
Hűlv	– hűlési veszteség
K	– kontroll csoport
Kiov	– kiolvadási veszteség
Kol	– koleszterin
KO	– 5% kókuszszírt tartalmazó csoport
KOPO	– 2,5-2,5% kókusz-és pálmazsírt tartalmazó csoport
LCFA	– hosszú szénláncú zsírsavak
MCFA	– közepesen hosszú szénláncú zsírsavak
MDA	– malondialdehid
MUFA	– egyszeresen telítetlen zsírsavak
NaCl	– nátrium-klorid
NaOH	– nátrium-hidroxid
Nedv	– nedvesség
N-m.k.a.	– nitrogén-mentes kivonható anyagok
NO	– 5% napraforgóolajat tartalmazó csoport
pH45	– 45. percben mért pH
pH24	– 24. órában mért pH
PL	– vérplazma
PLP	– telítetlen triglicerid (1,3-dipalmitoil-2-linoleoil-glicerin)
PMF	– pálma közép frakció
PO	– 5% pálmazsírt tartalmazó csoport
POO/OPO	– egyszeresen telített triglicerid (1-palmitoil-2,3-dioleoil-glicerin)
POP/PPO	– telítetlen triglicerid (1,3-dipalmitoil-2-oleoil-glicerin)
POS	– erős pálma sztearin (1-palmitoil-2-oleoil-3-sztearoil-rac-glicerin)
PUFA	– többszörösen telítetlen zsírsavak
ROS	– reaktív oxigén szabadgyökök
SFA	– telített zsírsavak
SCFA	– rövid szénláncú zsírsavak
SD	– szórás érték
SOD	– szuperoxid-dizmutáz
Sütv	– sütési veszteség
TG	– triglicerid
Trx	– tioredoxin-reduktáz
VVS	– vörösvérsejt

1. BEVEZETÉS

1.1. Téma jelentősége

Manapság megfelelően körvonalazódnak előttünk a mezőgazdaság elé állított elvárások, tudjuk, hogy a fejlődés és a nagy mennyiségű élelmiszertermelés elengedhetetlen. Éppen ezért a kutatókra, tenyésztőkre ugyanakkora nyomás helyeződik, mint az állattartókra. Az utóbbi években a koronavírus-járvány, a HORECA-szektor (vendéglátóipar) leállása és az időszakosan visszavisszatérő madárinfluenza mind-mind érzékenyen érintették a baromfi ágazat szereplőit, amelyet a 2022-ben indult energiaválság és a takarmány árak drasztikus emelkedése tovább fokozott. 2020 decemberében Magyarország baromfiállománya 35,379 millió egyedet tett ki. 2022 decemberében az újabb madárinfluenza kitörések miatt tovább csökkent 34,984 millió egyedre. Ez az adat nemcsak a 2019-es 39,208 milliós állományhoz képest jelent óriási visszaesést, de jócskán elmarad a 2000-es 37,016 milliós értéktől is (KSH, 2023a).

A nemesítő munka eredményeként a különböző fajták, hibridek tulajdonságait úgy módosították, hogy jobb takarmányértékesítést, nagyobb hústermelést, rövidebb idő alatt és kevesebb energia-befektetéssel érjenek el. Ehhez a genetikai változáshoz a tartási és takarmányozási technológián is változtatni kellett. A nagyobb termelés, a jó kihozatal azonban akár a minőség rovására is mehet. Ez azonban veszélyeztetheti a fogyasztók biztonságos, folyamatos ellátását, hiába a megtermelt mennyiség. A baromfifélék az egészséges emberi táplálkozáshoz elengedhetetlenek, termékeik nagy tápértékkel rendelkeznek és széles fogyasztói rétegben elterjedtek. A nyugati világban, az életszínvonal emelkedésével kialakult egy olyan fogyasztói réteg, amely megfelelő fizetőerővel rendelkezik, és vásárlói döntésében elsődleges szempontként a biztonság és a minőség jelenik meg.

Hazánkban az elmúlt években az állatlétszámban tapasztalt tendenciákkal éppen ellentétes változások figyelhetők meg a baromfihús-fogyasztás tekintetében. Az elmúlt években folyamatosan nőtt az egy főre jutó évi baromfihús-fogyasztás, 2019-ben már az uniós szinten is kimagasló 35,7 kilogramm felett járt, jelentősen meghaladva az uniós átlagot. 2021-ben a fogyasztás mérséklődött 33,3 kilogrammra (KSH, 2023b).

Az egészséges táplálkozás érdekében egyre szélesebb körben elvárás, hogy az állati eredetű élelmiszerek ne tartalmazzanak antibiotikum és hozamfokozó szermaradványokat. Ennek következtében a baromfitartásban is elindult egy olyan folyamat, amely az antibiotikum-mentes takarmányozáson alapul. Hazánkban a 128/2009. (X. 6.) FVM rendeletben foglaltaknak megfelelően, jelenleg csak állatorvosi vényre és kizárólag terápiás céllal adható antibiotikum a baromfifélék számára, valamint a felhasználást szigorúan dokumentálni szükséges. Ezért az állattartásban jelenleg a betegségek megelőzésére helyeződik a hangsúly.

A fogyasztói megítélés és a húsminőség a már említett okok miatt nagyon fontos befolyásoló tényező. A kókuszszír befolyásolja a hús végső 24. órában mért pH értékét (Soeparno, 2005; Soeparno, 1992b; Prayitno *et al.*, 2010). A kókuszszír továbbá hatással van a hús víztartó képességére, valamint a konyhatechnikai veszteségek mértékére. Növeli a hús víztartó képességét, míg a konyhatechnikai veszteségeket csökkenti (Soeparno, 1992a; Soeparno, 2005; Oktaviana, 2009; Prayitno *et al.*, 2010; Ogunwole *et al.*, 2016). A pálmazsír kiegészítés is befolyásolja ezeket a paramétereket, de nem olyan jelentős mértékben, mint a kókuszszír. Azonban a porhanyósság szempontjából a pálmazsír kedvezőbb eredményeket mutatott több vizsgálatban is (Prayitno *et al.*, 2010; Ogunwole *et al.*, 2016; Khatun *et al.*, 2017).

A takarmányiparban elsősorban energiapótlásra használatos zsírforrások között hazánkban a kókusz- és a pálmazsír nem elterjedt, ugyanakkor használatuk kedvező hatású lehet. A kókuszzsír minőségét leginkább az befolyásolja, hogy jellemzően (körülbelül 90% arányban) telített zsírsavakat tartalmaz és ezen belül zsírsavainak közel 60%-a közepesen hosszú szénlánccal rendelkezik (Bhatnagar *et al.*, 2009; Dayrit, 2015; Wang *et al.*, 2015; Csapó és Csapóné, 2003; Hajós, 2008; Bogdán *et al.*, 1992). Egyediségét az adja, hogy különösen sok laurinsavat (C₁₄) tartalmaz, amely javíthatja az emésztőrendszer egészségi állapotát antimikrobiális hatása révén. Ebből adódóan – irodalmi források alapján – hatékonyan használható pl. a *Clostridium perfringens* és *Escherichia coli* okozta nekrotikus enteritis tüneteinek enyhítésére (Jansman *et al.*, 2006; Jang *et al.*, 2007).

A pálmazsír zsírsavösszetételében a palmitinsav (C₁₆) és az olajsav (C₁₈) szerepel legnagyobb arányban (Bogdán *et al.*, 1992). Egyedi jellemzője a pálmazsírnak, hogy megközelítőleg azonos a telített és a telítetlen zsírsavak aránya. Ennek megfelelően hatására megnő a baromfi szöveteiben a telített zsírok arányát és növeli a hús oxidatív stabilitását. Erre utal, hogy a pálmazsír csökkenti a vérplazma MDA tartalmát és GSHPx aktivitást (Pál, 2009; Long *et al.*, 2019; Attia *et al.*, 2020; Rafiei-Tari *et al.*, 2021).

1.2. Célkitűzések

Kísérletemben vizsgálni kívántam a zsír- és olajkiegészítések hatását a termelési paraméterekre, valamint a takarmány-fogyasztásra és a takarmányértékesítésre. Továbbá, mivel a zsírkiegészítés a termék zsírtartalmának növekedésével járhat, ezért vizsgálni kívántam, hogy a kókusz- és pálmazsír az általam alkalmazott dózisban növeli-e a zsírlerakódást a testben, a szervek körül és okoz-e változást a vérben a zsíryanycserére/energiaforgalomra utaló paraméterekben (a koleszterin- és triglicerid- koncentrációban), valamint a szervezet antioxidáns védelmi rendszerében.

Vizsgálataim kiterjedtek arra is, hogy a hús minősége szempontjából a zsírkiegészítés milyen változásokat okoz az egyes húsminőségi paraméterekben, befolyásolhatja-e az eltarthatóságát, valamint a termék fogyasztói megítélését.

Emellett célkitűzéseim között szerepelt, hogy a kókusz- és pálmazsír az általam alkalmazott dózisban alkalmas lehet-e egyes patogén mikroorganizmusokkal szemben, illetve megvizsgáljam, hogyan befolyásolják zsírsavaik a madarak bélcsatornájában a teljes mikroflóra létszámát. Vizsgálataimban a *Salmonella Typhimurium* és a *Salmonella Enteritidis*, a *Clostridium perfringens*, a *Escherichia coli* megjelenésére és számára, valamint az összes mikróbaszám alakulására fókuszáltam.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Ágazati helyzet

A világ takarmánytermelése 1 126 000 ezer tonna, ennek 27,28%-a (307 285 ezer tonna) brojlercsirke takarmány. A baromfihús-termelés a világon mintegy 130 480 000 tonna, ennek 89,77%-a brojlercsirke hús. A maradék megoszlik javarészt a pulyka, kacsza és lúd faj között. A világ nagyüzemi csirkehús-termelése az EU-28-ra vonatkoztatva 12,2%. Magyarországon is csirkehús a meghatározó a baromfi szektorban. Az összes megtermelt mennyiség (705 462 tonna) 62,5%-a. Magyarország vágócsirke feldolgozása 2019-ben mintegy 173 780 957 egyedre számlált, ami 334 281 tonna vágott tömeget jelentett, ez 2022-ben 175 066 059 egyedre és 345 063 tonnára nőtt. A termelés anyagi bázisát biztosító takarmány-előállítás döntően hazai alapanyagból készül. Jellemzően a fehérjeforrás tekintetében szorulunk csak importra, amely leginkább extrahált szójadara behozatalt jelent. 2021-ben hazánkban megtermelt szója mennyisége 156 580 tonna, míg az importált szója mennyisége 128 318 tonna. Az itthon megtermelt takarmány 3,8-3,9 millió tonna, melyből 1 950 000 tonnát tesz ki a baromfi keveréktakarmány (51,37%) (UBM, 2020; FAO, 2019; KSH 2023c; AKI, 2023).

A baromfitakarmányok fő alkotóelemei a szemestermények, brojlercsirke esetében elsősorban a kukorica és a búza, mint energiahordozó, valamint az extrahált szója- és napraforgódara, mint fehérjeforrás. A gabonamagvakra jellemző a nagy keményítőtartalom (40-70%) és a relatív alacsony fehérjetartalom (7-13%), míg az extrahált darák domináns táplálóanyagai a fehérjék (40-46%) (UBM, 2020; Schmidt, 2003; Dublec, 2011).

Annak ellenére, hogy a baromfi takarmányozásban alkalmazott alapanyagok rendszerint kevés zsírt tartalmaznak, a zsír a leghatékonyabb energiaforrásnak számít. A lipidek energiatartalma általában 39 kJ/g, és ezen energiafajta jobban hasznosul az anyagcsere-folyamatok során. Ennek következtében a baromfi keveréktakarmányok energia tartalmát gyakran zsírkiegészítéssel állítják be. (Babinszky és Halas, 2019).

A takarmánygyártó üzemek zsírkiegészítésre legtöbbször növényi olajokat (napraforgó, repce, szója olajat és különböző pálmaolaj alapú adalékanyagokat) használnak. A zsírkiegészítés előnye a hatékony energiabevitel mellett, hogy pozitívan befolyásolja a keveréktakarmányok egyes fizikai tulajdonságait (pl. csökkenti a porképződést, bizonyos mértékig javítja a pellet minőségét, ugyanakkor túlzott adagolás esetén éppen ellenkező hatású lehet), hátránya ugyanakkor, hogy az eltarthatóság és a beszerzés is problémát jelenthet. Az energiapótlás formájának megválasztásakor fontos szempont a jó emészthetőség, még akkor is, ha tudjuk, hogy a baromfi jó zsíremésztő-képességgel rendelkezik.

E szempontok mellett meg kell említeni, hogy a baromfihús minőségét és összetételét az etetett takarmányok táplálóanyag- (így zsírsav-) összetétele befolyásolja, így azok révén a hús összetétele módosítható. A telített zsírsavakban (SFA-ban) gazdag takarmány alapanyagok – ilyen például az állati eredetű zsírport tartalmazó abrakkeverék – növelik a madarak elzsírosodását (Schmidt, 2003, Ravindran *et al.*, 2016). „Az Egyesült Államokban 960 000 brojlercsirke bevonásával hasonlították össze egy kukorica-szója alapú takarmányban kétféle zsírkiegészítés – egy eikozapentaén- és dokozaheksaénsav keverék, ill. egy állati zsírforrás – hatását. Az eredmények azt mutatták, hogy a többszörösen telítetlen zsírsavakat (PUFA) tartalmazó kiegészítés hatására 25%-kal csökkent a bakteriális szepszís, 18%-kal az *E. coli* eredetű cellulitis előfordulása, ugyanakkor 24%-kal nőtt a Marek-féle betegségből eredő vagy egyéb oktanú tumoros elváltozások gyakorisága. Ez arra hívja fel a figyelmet, hogy a takarmány összetétele megváltoztathatja az adott

állomány állategészségügyi problémáinak jellegét. Az n-3 zsírsavak (linolénsav, eikozapentaénsav, dokozaheksaénsav) általában gyulladáscsökkentő hatásúak, míg az n-6 zsírsavak (linolsav, arachidonsav, dokozaheksaénsav) a gyulladásos folyamatokat segítik a neurofil granulociták számának növelésével és a prosztaglandintermelés fokozásával (Gershwin *et al.*, 1999). Állatkísérletek bizonyítják, hogy a szervezet ellenálló képessége nagymértékben romlik (neutrofil kemotaxis, a makrofágok fagocitózisa és citotoxikus aktivitás), ha a szükségletekhez képest csekély a takarmány esszenciális zsírsav-tartalma (Kelley és Daudu, 1993). A szükségleten felül, nagy mennyiségben adott n-3 és n-6 zsírsavak ugyancsak csökkent immunválasz-készséget eredményeznek (Halas *et al.*, 2006).

Mindezek alapján a madarak termelését, egészségi állapotát és termékminőségét jelentősen befolyásolja takarmányuk zsírsav-összetétele, amely jelenség háttérében a zsíryanycsere sajátosságai állhatnak.

2.2. Baromfi energiaellátása

Az elmúlt évtizedekben számos áttekintő tanulmány született a baromfi zsír emésztésének élettani alapjairól (Freeman 1976, 1984; Krogh, 1985). Ismert, hogy a telítetlen zsírsavak könnyebben emészthetők, mint a telítettek (Renner és Hill, 1961). Az is bizonyított, hogy az intakt trigliceridek hatékonyabb energiaforrást jelentenek a hidrolizált zsírhoz viszonyítva (Young, 1961; Sklan, 1979). Ezeket a megállapításokat pontosították frissebb tanulmányok, melyek szerint az emésztés során a triglicerid molekulákból két zsírsav felszabadul, és egy monoglicerid (egy glicerín molekula, melyhez egy zsírsav kapcsolódik) marad. Ezek szívódhatnak fel a bélcsatornából (Ravindran *et al.*, 2016). Tanchoenrat és Ravindran (2014) megfigyelték, hogy a különböző zsírsavak emésztésének és felszívódásának helye eltérő. A linolénsav felszívódása már a *duodenumban* megkezdődik, míg a palmitinsav, sztearinsav és az olajsav abszorpciója csak a *jejunumban* történik meg.

Ezeknek a különbségeknek a pontos oka nem ismert, így ennek feltárásához további kutatások szükségesek, de feltehetően legalább részben azzal magyarázható, hogy mivel az epevezeték csak az epésbél *distalis* végén szájadzik be, így a nehezebben diszpergálható zsírok csak e területen válnak hozzáférhetővé az enzimek számára (Duke, 1986). Ráadásul a *duodenumon* való áthaladási idő nagyon rövid (Ravindran, 2013), így összességében nincs elegendő idő a telített zsírok emulgeálásához.

Bár a baromfi takarmányokban a táplálóanyag-tartalom 50-70%-át a szénhidrátok adják és így ez szolgáltatja az energiaszükséglet döntő részét, a zsírok tömegegységenként több mint kétszeres energiaértékkel rendelkeznek (Wiseman, 2002), így előnyös lehet, ha a takarmány energiatartalmát zsírok és olajok hozzáadásával emeljük. A lipidek grammonként 37 681 J energiát biztosítanak, míg a szénhidrátok csupán 16 747 J-t (Aviagen, 2018). A zsírok minősége a bennük levő zsírsavak szénláncának hosszától és telítettségétől függ. A rövid szénláncú (SCFA), illetve a telítetlen zsírsavakat tartalmazó növényi olajok könnyebben emészthetőek, mint a hosszú szénláncú és a telített állati zsírok. Ezek alapján telítetlen zsírsavakat érdemes adagolni brojlercsirke indító és nevelő takarmányába, a jó emészthetőség miatt, azonban ez a befejező fázisban a vázszerkezet zsírosodását okozhatja és a végtermékek tárolási minőségére is negatív hatást gyakorolhat.

A zsírkiegészítésnek további járulékos hatásai is lehetnek, hiszen szerepet játszanak a zsírban oldódó vitaminok (A, D, E, K) oldásában, a lipokróm festékanyagok felszívódásában, a csontképzésben és a fehérje-beépülésben egyaránt. Emellett a zsírkiegészítés takarmánygyártás-

technológiai előnyökkel is jár, mivel csökkenti a porképződést, a csőrben jelentkező csirizedést, segíti a granulálást, ezzel a tápok fizikai állapotát és ízletességét (Wiseman, 2002).

Ma már az is ismeret, hogy a könnyen emészthető telítetlen zsírsavakat tartalmazó zsírforrások jótékonyan befolyásolják a brojlerek emésztőrendszerének egészségét, valamint, egyes zsírsavak (SCFA, MCFA) antimikrobiális hatással is rendelkeznek. Így például Jansman és munkatársai (2006) azt találták, hogy a kapronsav és a laurinsav csökkenti a *Campylobacter* és a *Clostridium*ok számát a mikroflórában, amelyet Dayrit (2015) is megerősített. Ezzel szemben Skrivanova és munkatársai (2016) azt találták, hogy három gyakori kórokozó – *E. coli*, *C. perfringens*, *Salmonella spp.* – különböző törzseinek in vitro tenyésztésében vizsgálva csak a kaprilsav volt hatékony minden vizsgált törzzsel szemben, míg a linolsav és az olajsav csak egy-egy törzs szaporodását gátolta. Ezen eredményekre alapozva Lee és munkatársai (2015) többek között kapron- és kaprilsavat tartalmazó mikrokapszulázott savkészítmény hatékonyságát vizsgálták. Eredményeik alapján e savak potenciális antibiotikum alternatívaként használhatók, mivel csökkentik az *E. coli* számot az ürülékben. Legutóbb pedig Nitbani és munkatársai (2016) végeztek egy szélesspektrumú vizsgálatot, amelyben laurinsav hatásait vizsgálták in vitro körülmények között *S. aureus*, *B. cereus*, *E.coli*, *S. typhimurium* tenyészetekben. Tapasztalataik szerint a laurinsav minden vizsgált patogén szaporodását gátolta.

Mindezen pozitív tulajdonságok következtében a baromfi keveréktakarmányokban rendszeresen és több formában használunk zsírkiegészítést. Energiapótlás céljából általában 2-4%, leginkább növényi olaj kiegészítést szoktak alkalmazni. A zsírkiegészítés csökkentheti a porképződést, ami kedvező. A zsírkiegészítés legegyszerűbben a darált alapanyagokhoz történő bekeveréssel történhet. Ugyanakkor, tapasztalat szerint az olajokat a kondicionálás előtt a takarmányhoz adva, azok bevonatot képeznek a takarmányszemcséken és ezáltal megakadályozzák, hogy a kondicionálás során a gőz behatoljon a szemcsékbe és ezzel csökkentik a keményítő zselatinizációját, ami csökkenti a kapilláris adhéziós erőt. Összességében rontja a későbbi pelletálás hatékonyságát (Muramatsu *et al.*, 2015). Schramm és munkatársai (2015) kísérletei alapján a zsírkiegészítés egy részét a pelletálás után adagolva kedvező lehet a granulátum keménysége szempontjából. Kísérletükben a pellet keménysége (PDI) abban az esetben bizonyult a legkedvezőbbnek, amikor a zsírkiegészítés egyharmada a kondicionálás előtt, kétharmada pedig a pelletálás után történt. Ezért manapság leggyakrabban az olaj egy – általában kisebb – részét a darált takarmány-alapanyagok keverése közben adják a keverékhez, míg a fennmaradó részt nagy nyomással permetezik a granulált takarmányra. A zsírok fény és hő hatására avasodnak, így a takarmánygyártás során az antioxidáns-kiegészítésről is kell gondoskodni.

2.3. Zsírok és zsírsavösszetételük

A kókuszolajból és a pálmamagból készült olajok zsírsavai többségében telítettek, ezért szobahőmérsékleten szilárd halmazállapotúak, emiatt a szakirodalomban eltérő módon használják a szerzők, miszerint olajnak és zsírnak is nevezik a kókuszolajból és a pálmamagból készült zsiradékokat.

Olajoknak nevezzük a szobahőmérsékleten folyékony halmazállapotú zsírokat. Ezek leginkább növényi eredetű zsiradékok (Babinszky és Halas, 2019). Az irodalmi forrásokat a szerzők szóhasználatára támaszkodtam fel, azonban a dolgozat saját munkámat tartalmazó részeiben következetesen a szobahőmérsékleten szilárd halmazállapotú zsiradékokra a zsír szót

fogom használni, míg a folyékonyakra az olajat, függetlenül attól, hogy mindegyik növényi eredetű.

Az összes megtermelt növényolaj mennyisége 2020/2021-ben 209,14 millió tonna volt, ebből 73,22 millió tonna volt a pálmaolaj és 3,45 millió tonna a kókuszolaj. A megtermelt pálmaolaj mennyiségének 90%-t az élelmiszeripar hasznosítja (Schahbandeh, 2022).

A zsírok, olajok minőségét elsődlegesen a zsírsav-összetétel határozza meg.

Breuer megfogalmazásában: „A zsírsavak fogalma eredetileg a növényi és állati eredetű zsírokból elszappanosítással nyert C₄-C₂₄ szénatomszámú SFA (telített) és MUFA/PUFA (egyszeresen/többszörösen telítetlen zsírsavak) monokarbonsavakat jelentette, időközben azonban ebbe a csoportba került besorolásra az összes alifás karbonsav, amelyek a természetben előforduló zsírsavakhoz hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek.” (1. táblázat) (Breuer, 2003).

A legtöbb zsírt és olajat növényekből nyerjük, ezen belül a legtöbbet a szójából, majd a napraforgóból, de sokat sajtolnak gyapotmagból, földimogyoróból, repceből, kókuszdióból, palnamagból és olívából (Breuer, 2003).

1. táblázat: Fontosabb zsírsavak tulajdonságai (Breuer, 2003; IFA, 2023 alapján)

Név	Összegképlet	Olvadáspont (°C)	Forráspont (°C)	Sűrűség (g/cm ³)
telített				
vajsav	C ₄ H ₈ O ₂	-5	163	0,96
valeriánsav	C ₅ H ₁₀ O ₂	-32	184-187	0,94
laurinsav	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	44	298	0,88
palmitinsav	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	61-64	351	0,85
sztearinsav	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	67-69	361	0,845
telítetlen				
olajsav	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	17	360	0,90
linolsav	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	-12	230	0,903
dokozahexaénsav	C ₂₀ H ₃₂ O ₂	-44	446,7	0,943
eikozapentaénsav	C ₂₀ H ₃₀ O ₂	-54-(-53)	93,4	0,943

A telített zsírsavak közül a természetes zsírokban a mirisztinsav, a palmitinsav és a sztearinsav fordul elő nagy mennyiségben. A 14 szénatomnál rövidebb láncú zsírsavak a tejben, a palnamagban és a kókuszszírban vannak jelen. Elsődlegesen az aromaanyagok kialakításában van jelentős szerepük, ugyanis illatküszöbük vizes közegben 1-10 mg/kg között van (Csapó és Csapóné, 2003; Bogdán *et al.*, 1992). A SFA-ban gazdag lipidek olvadáspontja magas, nem véletlen, hogy a trópusi növényfajok zsírjainak fontos alkotói (Gunstone, 2007).

A közepes szénláncú zsírsavak, melyek a 8:0, 10:0, 12:0 és 14:0 szénatomot tartalmazó zsírsavak a kókuszdió és a pálma olájában fordulnak elő nagy arányban (Adlof és Gunstone, 2007). Az MCFA-k (közepesen hosszú szénláncú zsírsavak) általában gyenge oldhatóságú és kellemetlen szagú vegyületek (Croxe *et al.*, 2013). Az MCFA-k kiválthatják a kolecisztokinin és esetleg más intestinális hormonok szekrécióját, amelyek befolyásolják a telítettség-érzetet, és ezért a táplálék felvételt (Mabayo *et al.*, 1992; Yang *et al.*, 2014).

A szerves savak, például a propionát és az MCFA, amelyek növekedést elősegítő tulajdonságokkal és antimikrobiális aktivitással is rendelkeznek, nagy lehetőségeket tartogatnak az antibiotikumok alternatívájaként (Paul *et al.*, 2007). Alternatívaként a keveréktakarmányok kiegészítése rövid, vagy közepesen hosszú szénláncú zsírsavakkal klasszikus hozamfokozóként szolgálhat. Mivel az elmúlt 20 évben felismerték a hozamfokozó antibiotikumok széleskörű

használatának veszélyeit, ezért pl. az EU-ban 2006-ban (Dibner és Richards, 2005), az USA-ban 2017-ben (Centner, 2016) és Kínában 2020-ban (Hu és Cowling, 2020) (Muurinen *et al.*, 2021) betiltották ezek használatát a takarmányozásban. Emiatt az állatok termelésének szinten tartásához szükség van alternatív adalékanyagokra, amelyek azonban jellemzően önmagukban alkalmazva nem képesek az antibiotikus hozamfokozók összes teljesítménynövelő funkcióját helyettesíteni (Aarestrup, 2012; Allen *et al.*, 2013; Jiao *et al.*, 2018). Az egyik lehetséges megoldás több olyan termék kiválasztása, amelyek szinergikusan működhetnek (Allen *et al.*, 2013; Seal *et al.*, 2013), még akkor is, ha egy átfogó rendszert kell fontolóra venni (Aarestrup, 2012). Az eddigi vizsgálatok alapján a klasszikus AGP (antibiotikus hozamfokozó) alternatívájaként a takarmányiparban leginkább az antimikrobiális hatású MCFA (Dierick *et al.*, 2002; Liu, 2016; Rossi *et al.*, 2010; Thacker, 2013), a komplex (antimikrobás, étvágyfokozó, emésztésjavító, antioxidáns) hatással rendelkező illóolajok (Reyer *et al.*, 2017; Yang *et al.*, 2015) és bakteriosztatikus hatással rendelkező szerves savak (Wozniakowska *et al.*, 2017) jöhetnek számításba.

Minden 14 szénatomszámnál hosszabb szénláncú zsírsavat LCFA (hosszú szénláncú zsírsavak) közé sorolunk.

A zsírsavak kémiai és biológiai tulajdonságait nem csak a lánchosszúságuk, hanem a szénatomok kapcsolódása is meghatározza. Ez alapján megkülönböztetünk telített és telítetlen zsírsavakat. Telített zsírsavak kizárólag egyszeres kötéseket tartalmaznak. Ezek között a palmitinsav (16:0) a legelterjedtebb telített zsírsav, amely az állati lipidekben a 20-30%-os (Overton, 2021), a növényi zsírokban 10-40%-os arányban szerepel (Gunstone, 2007) (2. táblázat).

2. táblázat: Telített zsírsavak (Bogdán *et al.*, 1992; Breuer, 2003 alapján)

IUPAC név	Rövid jelölés	Szerkezet	Triviális név	Jel
Etánsav	C2:0	CH ₃ COOH	Ecetsav	
Propánsav	C3:0	CH ₃ (CH ₂)COOH	Propionsav	
Butánsav	C4:0	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	Vajsav	B
Pentánsav	C5:0	CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH	Valeriánsav	
Hexánsav	C6:0	CH ₃ (CH ₂) ₄ COOH	Kaprónsav	H
Heptánsav	C7:0	CH ₃ (CH ₂) ₅ COOH	Önantsav	
Oktánsav	C8:0	CH ₃ (CH ₂) ₆ COOH	Kaprilsav	Oc
Nonánsav	C9:0	CH ₃ (CH ₂) ₇ COOH	Pelargonsav	
Dekánsav	C10:0	CH ₃ (CH ₂) ₈ COOH	Kaprinsav	D
Undekánsav	C11:0	CH ₃ (CH ₂) ₉ COOH		
Dodekánsav	C12:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ COOH	Laurinsav	La
Tridekánsav	C13:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₁ COOH		
Tetradekánsav	C14:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ COOH	Mirisztinsav	M
Pentadekánsav	C15:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₃ COOH		
Hexadekánsav	C16:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₄ COOH	Palmitinsav	P
Heptadekánsav	C17:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₅ COOH	Margarinsav	
Oktadekánsav	C18:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₆ COOH	Sztearinsav	St
Nonadekánsav	C19:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₇ COOH		
Eikozánsav	C20:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₈ COOH	Arachinsav	An
Heneikozánsav	C21:0	CH ₃ (CH ₂) ₁₉ COOH		
Dokozánsav	C22:0	CH ₃ (CH ₂) ₂₀ COOH	Behénsav	
Trikozánsav	C23:0	CH ₃ (CH ₂) ₂₁ COOH		
Tetrakozánsav	C24:0	CH ₃ (CH ₂) ₂₂ COOH	Lignocerinsav	
Pentakozánsav	C25:0	CH ₃ (CH ₂) ₂₃ COOH		
Hexakozánsav	C26:0	CH ₃ (CH ₂) ₂₄ COOH	Cerotinsav	

A telítetlen zsírsavak egyik felosztása szerint megkülönböztetünk egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírsavakat, valamint eikozanoidokat (3. táblázat) (Ratledge, 2013; Gunstone, 2007).

3. táblázat: Telítetlen zsírsavak (Adlof és Gunstone, 2007; Murray, 2003 alapján)

Megnevezés	IUPAC	C:D	n-x
Mirisztoleinsav	14:1(9)	14:1	n-5
Palmitoleinsav	16:1(9)	16:1	n-7
Sapiensav	16:1(6)	16:1	n-10
Olajsav	18:1(9)	18:1	n-9
Elaidinsav	18:1(9)	18:1	n-9
Vakcénsav	18:1(11)	18:1	n-7
Linolsav	18:2(9,12)	18:2	n-6
Linoeladinsav	18:2(9,12)	18:2	n-6
α -linolénsav	18:3(9,12,15)	18:3	n-3
Arachidonsav	20:4(5,8,11,14)	20:4	n-6
Eikozapentaénsav	20:5(5,8,11,14,17)	20:5	n-3
Erukasav	22:1(13)	22:1	n-9
Dokozahexaénsav	22:6(4,7,10,13,16,19)	22:6	n-3

C:D a számjel: a zsírsav (C) szénatomjainak teljes mennyisége és a benne lévő (D) kettős (telítetlen) kötések száma; ha D>1, akkor feltételezzük, hogy a kettős kötések egy vagy több metilénhíd választja el. Az n-x (szintén ω -x vagy omega-x) nomenklatúrában a zsírsav kettős kötése az X. szén-szén kötésen található, a terminális metil-széntől (n vagy ω) a karbonilszén felé számolva.

A telítetlen zsírsavak közül takarmányozási szempontból a leglényegesebb zsírsav a linolsav. A linolsavat és a linolénsavat metabolikusan elengedhetetlennek tartják a baromfi számára, mivel azokat a madarak nem képesek szintetizálni (Ravindran *et al.*, 2016). Ugyanakkor a linolsav (18:2 (9,12)) nagy mennyiségben (>50%) megtalálható több, a baromfi takarmányozásban általánosan használt termény – a kukorica, a napraforgó és a szójabab – olajában (Gunstone, 2007).

2.3.1. Növényi olajok előállítása

A növényi zsírokat a növények magvaiból és gyümölcseiből nyerik, de bizonyos növények esetében a gyökereiből és a szárból. Ennek megfelelően a növényi zsiradékokat gyümölcshúszsírokra és magzsírokra bontjuk (Bogdán *et al.*, 1992). A gyümölcshúszsírokhoz tartozik a pálmaolaj, az olívaolaj és az avokádóolaj. A magzsírok közé soroljuk a kókuszszírt, a kakaóvaját, a gyapotmag, a kukorica, a mogyoró, a napraforgó, a földimogyoró, a szója és a repce olaját (Csapó és Csapóné, 2003; Hajós, 2008). A különböző csoportosításokat 4. és 5. táblázat mutatja be.

4. táblázat: Növényi zsíradékok csoportosítása a zsírsav-összetétel szerint (Bogdán *et al.*, 1992; Hajós, 2008)

Zsírsavkomponens (10% feletti arány)	Konzisztencia és jelleg	Származás	Jellemző tulajdonság	Jellemző felhasználás
Palmitin-, olaj és linolsavak	nem száradó vagy félig száradó olaj	gyapotmag, gabonacsíra olajok (kukorica, búza), tökmag	a csíraolajok sok tokoferolt tartalmaznak, a tökmagolaj delta-7 szterinekben gazdag	gyapotmag jó sütőolaj, a többi kiváló salátaolaj
Palmitin-, olaj-, sztearin-(linol) savak	szilárd zsírok vagy nem száradó olajok	kakaó, borneo faggyú	viszonylag kemény, többféle polimorf módosulatban kristályosodik	csokoládégyártás
Kevés olaj- és palmitin-, sok laurin- vagy mirisztinsav	szilárd zsírok	kókusz, muszkát, pálmamag, babasszu	jó oxidációs stabilitás	margarin alapanyag
Olaj-, linol-, palmitin-, arachin- , lignocerin-, eruka-, linolénsav	nem-, félig- vagy száradó olajok, szilárd zsírok	mogyoró, szója, mandula, len, napraforgó, földimogyoró, repce, mustármag	nagy mennyiségű többszörösen telítetlen zsírsavat tartalmaznak	főzés, sütés, saláta, majonéz, margarin

A kísérleteimben vizsgált olajok a „Kevés olaj- és palmitin-, sok laurin- és mirisztinsav” tartalmú csoportba tartoznak. Nagy telített zsírsavtartalmuk miatt jól eltarthatóak, hiszen oxidációra kevésbé hajlamosak, azonban a vizet tartalmazó készítményekben mikrobiológiai romlás következhet be, amely során C₈-C₁₂ szabad zsírsavak, illetve az ezekből képződő metilketonok szabadulnak fel.

5. táblázat: Néhány növényi eredetű zsíradék C₁₂-C₁₈ zsírsavainak mennyisége az összes zsírtartalomra vonatkoztatva százalékos arányban (Lásztity és Törley, 1993)

Zsírsavak	Kókuszszír	Pálmamagzsír	Napraforgóolaj
Laurinsav	44,7	42,5	-
Mirisztinsav	16,2	11,9	-
Palmitinsav	8	6,3	6,2
Sztearinsav	1,9	7,4	4,1

A kókusz- és a pálmamagolaj rendkívüli oxidációs stabilitással rendelkezik, de a nedvesség hatására lipáz jelenlétében az élelmiszer termékekben 10-12-szer gyorsabban hidrolizálnak, mint más olajok, ezzel kellemetlen, szappanos mellékízt eredményezve (Hajós, 2008).

2.3.2. Kókuszszír

A trópusokon régóta az elsődleges zsírforrás. Nyers állapotban és ömlesztve elsősorban a Fülöp-szigetektől és Indonéziából érkezik a kókusz Európába (UNCTADstat, 2017).

A kókuszolaj vagy kókusz zsír a kókuszpálma (*Cocos nucifera* L.) terméséből készül, a kókuszdió érett húsának megszárástásával majd kisajtolásával. A kókusz bél frissen 35% zsírt és 48% vizet tartalmaz, a szárított anyaga, avagy a kopra zsírtartalma pedig 63-70% (Bogdán *et al.*, 1992). Ez a növényi zsír erősen telített (körülbelül 90%) és teljes zsírsavösszetételének kb. 60%-a közepes lánc hosszúságú (Bhatnagar *et al.*, 2009; Dayrit, 2015; Wang *et al.*, 2015; Csapó és Csapóné, 2003; Hajós, 2008; Bogdán *et al.*, 1992). Egyediségét az adja, hogy ezen belül különösen sok laurinsavat (43-53%) tartalmaz, szobahőmérsékleten szilárd halmazállapotú, és 43,8°C-on olvad meg (Hajós, 2008). A kókuszolaj gyorsan metabolizálódik, mert könnyen felszívódik, a bél falban nincs számottevő reészterifikáció (Ferreira *et al.*, 2012). Így a domináns zsírsava, a laurinsav, szabad zsírsavként hatékonyan szállítódik a vérrel. Tapasztalat szerint a felvett laurinsav nagy része felszívódást követően a portális keringéssel közvetlenül a májba kerül, ahol energiatermelésre fordítódik és/vagy olyan metabolitok képződnek belőle, amelyek az extrahepatikus szövetekben hasznosíthatók közvetlen energiaforrásként. Így például a képződő ketontestek az agyban és a szívben biztosíthatnak energiát (Dayrit, 2015).

Zsírsav-összetételére vonatkozóan a legkorábbi szakirodalmi forrás Swern-től származik (1979) (6. táblázat). Eszerint a kókusz zsírban található zsírsavak 86,4-93,2% telített, és a fennmaradó 6,8-13,6% elsősorban egyszeresen telítetlen zsírsavakból (olajsavból és palmitolajsavból) áll, de megtalálható benne a többszörösen telítetlen linolsav is, átlagosan 1,3-2,6% arányban. A kókusz zsírban megtalálható trigliceridek többsége a laurinsav, a mirisztinsav és a kapronsav kombinációja. Legnagyobb arányban trilaurint (LaLaLa), kaprodilaurint (CyLaLa), kaprolauromirisztint (CyLaM), dilauromirisztint (LaLaM), lauromirisztopalmitint (LaMP) és kaprolaurooleint (CyLaO) találunk benne. Az irodalmi források alapján a különböző trigliceridek aránya a kókuszolajban nem állandó. Így pl. Bogdán és munkatársai (1992) szerint a trigliceridek 50-60%-a kaprilo-lauromirisztinsav, 20%-a dimirisztolaurinsav, és kisebb mennyiségben laurodimirisztinsav és palmito-dimirisztinsav is jelen van. A kaprilo-lauro-mirisztát olvadáspontja 15°C, míg a miriszto-dilauráté 33,8°C. Ez a magyarázata annak, hogy a kókusz zsír szobahőmérsékleten is lágy, nem egységes halmazállapotú. Sűrűsége (40°C) 0,907-0,913 g/cm³, törésmutatója 1,448-1,450, Reichert-Meissl-száma 6-8, olvadási tartománya 20-28°C, Polenske-száma 12-18 (Bogdán *et al.*, 1992). A kókuszolaj minorvegyületei között a szterinek 470-1140 mg/kg, a tokotrienolok 44 mg/kg és a tokoferolok 42 mg/kg mennyiségben fordulnak elő (Firestone, 1999). Ugyanakkor Lisa és munkatársai (2008) szerint az összetétel a következőképpen alakult: MLaCy (15%), LaLaCy (13%), PLaCy (8%), LaOCy (6%), SLaCy (5%) és MMCy (5%). Nusantero és munkatársainak (2013) vizsgálatai alapján az összes triglicerid több, mint 90%-a kizárólag telített zsírsavakat tartalmazó vegyület: 25,18% LaLaLa, 22,41% CyLaLa, 17,44% MLaLa, 17,2% CyCyLa, 8,98% MMLa. Marina és munkatársai (2009) malajziai és indonéz eredetű kókusz zsír mintákban hasonló összetételt találtak: 21,95% LaLaLa, 17,33% CyLaLa, 17,18% MLaLa, 13,15% CyCyLa, 10,19% MMLa. Az eltérő eredmények háttérében állhat eltérő termőterület, fajták vagy akár a vizsgálati eljárások fejlődése is, mindazonáltal erre vonatkozó vizsgálatok ill. eredmények nem állnak rendelkezésre. Így a pontos ok jelenleg nem állapítható meg.

6. táblázat: A kókuszszír zsírsavösszetétele a különböző irodalmi források szerint

	Telített zsírsavak aránya a teljes zsírsavtartalomra vonatkoztatva (%)							
	C ₆	C ₈	C ₁₀	C ₁₂	C ₁₄	C ₁₆	C ₁₈	C ₂₀
Swern, 1979		6,0-10,0	5,0-9,0	44,0-52,0	13,0-19,0	8,0-11,0	1,0-3,0	
Lásztity és Törley, 1993	0,2	7,3	6,3	44,7	16,2	8,0	1,9	
Firestone, 1999		5,5-7,8	4,6-9,4	45,1-50,3	16,8-20,6	7,7-10,2	5,4-9,9	
Breuer, 2003			13,0	45,0-50,0	13,0-90,0	8,0-9,0	2,0-3,0	
Bagdi és Stumpf, 2007	0,6	7,0	7,0	48,0	19,0	9,0	2,5	
Hajós, 2008			5,0-8,0	45,1-53,2	16,8-21,0	7,5-10,2	2,0-4,0	0,0-0,2
Lisa és Holcapek, 2008		15,6		42,0	14,0	7,0	11,0	
Marina <i>et al.</i> , 2009		6,5	8,2	42,5	18,3	9,3	5,3	
Firestone, 2013	0-2	0,91-10	3,78-11	45-51	16-21,09	4-10,2	1-5	0-0,2

A zsírsav-összetétel jellemzésére alkalmas jód- és elszappanosítási szám esetében a különböző források hasonló értékekről számolnak be. A jódszám 5-13, az elszappanosítási szám pedig 248-264 között alakult (Breuer, 2003; Firestone, 1999; Swern, 1979). Energiatartalma 35 kJ/g (Breuer, 2003).

2.3.3. Pálmazsír

A pálmamagolaj és a pálmaolaj esetében is Malajziából és Indonéziából érkezik a legtöbb termék nyersen és ömlesztve (UNCTADstat, 2017).

A kereskedelem számára legfontosabb olajpálma az *Elaeis guineensis*, ez a pálma Nyugat-Afrikából terjedt el a trópusi és szubtrópusi területekre. A szilva méretű olajos gyümölcs húsából állítják elő a pálmaolajat, ami gazdag C₁₆ és C₁₈ zsírsavakban. Ezzel szemben az olajos magjából nyert pálmamagolaj elsősorban C₁₂ zsírsavban gazdag. (Hajós, 2008).

A pálmaolaj szobahőmérsékleten sűrűn folyó, színe nyersen sötét narancsvörös a benne levő nagy karotintartalom (500-700 mg/kg) miatt. Ennek eliminációjával a szín világosítható, melyet hőkezeléssel (220°C), vákuumban végeznek. Egyedi jellemzője a pálmaolajnak, hogy megközelítőleg azonos a telített és a telítetlen zsírsavak aránya. Zsírsavösszetételében a palmitinsav (30-50%) és az olajsav (42-52%) szerepel legnagyobb arányban, míg a többszörösen telítetlen zsírsavak közül leginkább a linolsav és a linolénsav található meg benne, átlagosan 10%-os arányban (Bogdán *et al.*, 1992). A pálmaolajban a szabad zsírsavak aránya legfeljebb 5%, azaz a zsírsavak többsége di- és trigliceridekben megkötve jelenik meg (7. táblázat).

A pálmaolaj természetes antioxidánsként tokotrienolokat (73%) és tokoferolokat (27%) tartalmaz (Hajós, 2008). Olvadási tartománya 27-30°C, sűrűsége 15°C-on 0,921-0,947 g/cm³ (Breuer, 2003).

7. táblázat: Az olajok zsírsavösszetétele (egyedi minták gázkromatográfiás elemzése alapján) az összes zsírsav százalékban kifejezve (Hajós, 2008)

	C6:0	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0
Pálmaolaj	NK	NK	NK	NK-0,5	0,5-2,0
Pálmamag-olaj	NK-0,8	2,4-6,2	2,6-5,0	45,0-55,0	14,0-18,0
	C16:0	C16:1	C17:0	C17:1	C18:0
Pálmaolaj	39,3-47,5	NK-0,6	NK-0,2	NK	3,5-6,0
Pálmamag-olaj	6,5-10,0	NK-0,2	NK	NK	1,0-3,0
	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1
Pálmaolaj	36,0-44,0	9,0-12,0	NK-0,5	NK-1,0	NK-0,4
Pálmamag-olaj	12,0-19,0	1,0-3,5	NK-0,2	NK-0,2	NK-0,2

NK = nem kimutatható

Az élelmiszeripari gyakorlatban rendszerint nem tiszta pálma- ill. pálmamag-olajat használnak. A kereskedelmi forgalomban kapható pálma közép frakció (PMF) a pálma zsíradékának frakcionálása során jön létre, annak középfrakciója (Soós, 2014). Alsobaai és munkatársai (2013) a PMF zsírsavösszetételét vizsgálták és a palmitinsav mellett tipikusnak az olajsavat (39,4%), a sztearinsavat (4,6%) és a linolsavat (9,6%) nevezték meg amellet, hogy a zsír jódszámát 53-nak mérték. Mohamed (2013) átszterezési vizsgálatai során a PMF triglicerid összetételét mérte. Megállapította, hogy a domináns trigliceridek a POP (telítetlen triglicerid (1,3-dipalmitoil-2-oleoil-glicerinn)) (55,58%), a POO (egyszeresen telített triglicerid (1-palmitoil-2,3-dioleoil-glicerinn)) (29,78%) és a POS (erős pálma sztearin (1-palmitoil-2-oleoil-3-sztearoil-rac-glicerinn)) (10,40%). Sonwai és munkatársai (2012) a PMF zsírsavösszetételére vonatkozóan hasonló eredményt – palmitinsav (51,6%), olajsav (35,6%), linolsav (6,6%) és sztearinsav (4,2%) – kaptak, azonban a trigliceridek között a POP (17,8%) és a POO (13,4%) jelentősen elmaradt Mohamed (2013) mért értékeitől.

Jahurul és munkatársai (2014) a pálma középfrakció elemzése során egy jellegzetes nagy exoterm csúcs mellett egy kisebb, magasabb hőmérsékleten jelentkező csúcsot talált. A csúcs 17°C-nál érte el maximumát és a felszabaduló hőt 65,61 J/g-nak mérték.

Oladási szempontból Mohamed (2013) a PMF csúszáspontját 31-33,5 °C-nak adta meg. A magmágneses rezonancia spektroszkóppal mért oladási profil jellemző adatai: 20°C 42%, 30°C-on 6-9%, 35°C-on 1-3,5% és 40°C-on legfeljebb 1,5%. Sonwai és munkatársai (2012) méréseinél a csúszáspont 39,8°C-nak adódott. Az oladási profil egy elnyújtott szilárdzsír-tartalom görbével jellemezhető. 20°C-on közel 50%, 35°C-on mintegy 10% volt a szilárdzsír érték. A pásztázó differenciális kalorimeriával mért oladási termogramon két endoterm csúcs adódott, közöttük a karakterisztikus csúcs 25°C-nál jelentkezett.

Liu és munkatársai (2010) különböző pálmafrakciókat elemezve megállapították, hogy amennyiben a zsíradék POP és PLP (telítetlen triglicerid (1,3-dipalmitoil-2-linoleoil-glicerinn)) trigliceridekben gazdag, még viszonylag nagy szilárdzsír-tartalom mellett is gyenge mikroszerkezetet mutat, azaz lágyabb. Az ilyen összetételű zsír hajlamos a kevés, nagyméretű asszociátum létrehozására, aminek eredménye az ezek közötti gyenge kölcsönhatás. De Graef és munkatársai (2007) összevetették a transzszírsavat is tartalmazó és a transzszírsav mentes pálmazsírok kristályosodását és állományát. Az állományt penetrometriás módszerrel elemezték. Megállapították, hogy a transzszírsavas minta gyorsabban kristályosodik és keményebb

állományú, mint a transzzsírmentes minta. A két jelenség között oksági kapcsolatot feltételeznek.

2.4. Közepesen hosszú szénláncú zsírsavak hatása a baromfi termelésére és energiametabolizmusára

Korábban említést tettem arról, hogy a szerves savak, például a propionát és az MCFA, amelyek növekedést elősegítő tulajdonságokkal és antimikrobiális aktivitással is rendelkeznek, nagy lehetőségeket tartogatnak a hozamfokozó antibiotikumok alternatívájaként (Paul *et al.*, 2007). ezért beépítésük a baromfi keveréktakarmányába a termelés további javulását eredményezheti járulékos pozitív hatásai révén.

Ilyen például, hogy sokak szerint az antimikrobiális szerek révén javítható a madarak takarmányértékesítése (Dibner és Richards, 2005; Jansman *et al.*, 2006). Adams és munkatársai (1996) szerint a kókuszolaj javíthatja a madarak zsír emésztését és ennek eredményeként a termelési paramétereket *Eimeria* fertőzés esetén. Egy másik vizsgálatban 1,5 és 2,0 g/kg-os MCFA kiegészítés (Aromabiotic® Vitamex, Drongen, Belgium) hatását vizsgálták brojlercsirkékben a testsúly és a takarmány-értékesítés kapcsán (Khosravinia, 2015). Arra a megállapításra jutottak, hogy a 2 g/kg-os kiegészítés javította az európai termelési hatékonysági tényezőt, elsősorban a kisebb mortalitás miatt. Emellett javultak a welfare mutatók is, mivel a madarak lábbetegségeinek előfordulása csökkent mutatott a nagy telepítési sűrűség ellenére (16 és 18 madár/m²). A szójaolajjal összevetve nem okoz változást a súlygyarapodásban, a takarmányfelvételben vagy a takarmányértékesítésben sem (Wang *et al.*, 2015). Ugyanakkor a halolaj-kiegészítést kókuszolajra cserélve szignifikánsan javult a csibék növekedése az 1-21 napos időszakban (9,9%-kal gyorsabban gyarapodtak), miközben az állatok kevesebb takarmányt fogyasztottak. Ez az előny a 42 napos korra ugyan eltűnt, de az ehető húsrészek és belsőségek mennyisége 2,8-4,5%-os növekedést mutatott, miközben csökkent a hasúri zsír mennyisége (Attia *et al.*, 2020). További kísérletek (Piracicaba *et al.*, 2009; Nobakht *et al.*, 2011; Alagawany *et al.*, 2019) is megerősítik, hogy a közepesen hosszú szénláncú zsírsavak formájában bevitt zsírkiegészítés kedvező hatással van az energiaháztartásra és az energiaértékesítésre és elsősorban izomépítésre fordítódik.

A pálmazsír, mint energiahordozó használata tapasztalat szerint növeli az állatok takarmányfelvételét (Onwudike, 1986; Ezieshi és Olomu, 2004; Sundu *et al.*, 2005), miközben nem okoz számottevő változást a testtömeg és súlygyarapodás (Panigrahi és Powell, 1991; Onifade és Babatunde, 1998; Sundu *et al.*, 2005) alakulásában annak ellenére, hogy a pálmazsír-kiegészítés növelte a takarmány táplálóanyagainak látszólagos emészthetőségét (Smink *et al.*, 2008). A pálmazsír látszólagos emészthetőségének növekedése (Smink *et al.*, 2008) előnyös lehet, de von Schaumburg és munkatársai (2018) kísérlete azt sugallja, hogy a nagyobb energia bevitel korlátozó tényező lehet a testtömegnövekedés szempontjából. Az irodalomban szereplő egyéb vizsgálatok (Zollitsch *et al.*, 1997; Khatun *et al.*, 2017; Ayed *et al.*, 2015; Rahman *et al.*, 2012) eredményei ellentmondásosak. Khatun *et al.* (2017) azt találja, hogy a 6%-os pálmaolaj-kiegészítés kisebb növekedést eredményez, míg Rahman *et al.* (2012) szerint a 4%-os pálmaolaj hátrányosan befolyásolja a növekedést. Ezek a különbségek arra utal, hogy az eredmények érzékenyek lehetnek az alkalmazott takarmányozási programra, és nem teljesen összehasonlíthatóak. Ennek oka, hogy Khatun *et al.* (2017) 42. napon vizsgálta a madarakat, és keverte a pálmaolajat a szójaolajjal a vizsgálat során. Míg Rahman *et al.* (2012) napos kortól kezdődően 2 hetente mérte a madarakat és csak pálmaolaj kiegészítést használt. Így az ő eredményi megbízhatóbbak. A termelési

paraméterek változásainak hátterében a zsírok energiametabolizmusban játszott szerepe áll, amely nagy mértékben függ attól, hogy a takarmány zsírsavösszetétele hogyan alakul.

Tapasztalat szerint például az MCFA-k csökkentik a szubkután zsírlerakódást (Han *et al.*, 2003; St-Onge *et al.*, 2003; Takeuchi *et al.*, 2006). Wang és munkatársai (2015) azt is kimutatták, hogy ez a változás összefüggésben áll a zsírsejtek leptin termelésének csökkenésével, mivel a szérumban leptin koncentráció csökkenését tapasztalták a bőr alatti zsírréteg vastagságának csökkenése mellett a kókuszolaj hatására. Mindez megfelel eddigi ismereteinknek, miszerint a leptin fontos szerepet játszik az állati szervezet energiametabolizmusának szabályozásában (Hwa *et al.*, 1996) és koncentrációja a szérumban pozitív korrelációt mutat a bőr alatti zsírszövet mennyiségével (Staiger *et al.*, 2003). A glukagon megemeli a vércukorszintet, és kimutatták, hogy serkenti a lipolízist. Ugyanakkor úgy tűnik a közepesen hosszú szénláncú zsírsavak egy másik metabolikus szabályozó útvonal működését is befolyásolják. Így a kókuszolaj-kiegészítés hatására Wang és munkatársai (2015) a vér glukagon koncentrációjának emelkedését tapasztalták, amely dóziszfüggést mutatott. Mivel ez a hormon a vércukorszint növekedését eredményezi és serkenti a lipolitikus folyamatokat (Heimberg *et al.*, 1969), nem meglepő, hogy a kókuszolaj hatására csökkent a zsírlerakódás a madarakban.

Más vizsgálatok szerint a többszörösen telítetlen zsírsavak bevitele a telített zsírsavak beviteléhez képest alacsonyabb zsírlerakódást okoz az állatban. A telítetlenebb táplálékot (pl. lenolajat) fogyasztó állatok testzsírtartalma azonban alacsonyabb volt, mint Ugyanakkor az egyszerűen telítetlen és telített zsírsavakban gazdag energiaforrást (kókusz, pálma, és olívaolaj) tartalmazó takarmányt fogyasztó állatok testzsírtartalma meghaladja a telítetlen, többszörösen telítetlen zsírsavakban gazdag energiaforrásokat fogyasztó állatokét (Villaverde *et al.*, 2005). Emellett azt is megfigyelték, hogy pálmaolaj kiegészítés alkalmazása esetén a csirkék a nagyobb mennyiségű SFA-t ürítettek, ami a zsírsavak gyengébb emészthetőségére utal. Ennek hátterében az állhat, hogy a pálmaolaj folyamatos bevitele esetén jelentős mértékben nő a telített zsírsav-felvétel, ezáltal a telített/telítetlen zsírsavak aránya eltolódik a szervezetben (Kavouridou *et al.*, 2008). Habár gyengébb emészthetősége miatt a takarmányban lévő telített zsírsavak egységnyi mennyisége kevesebb metabolizálható energiát biztosít az állati szervezet számára, mint a PUFA-k, mégis nagyobb arányban járul hozzá a zsírlerakódáshoz. Ez a plusz energia azonban nem rakódik le trigliceridek formájában, mert a zsírlerakódás nem fokozódik, és a felszívott zsír mennyisége még az elfogyasztott mennyiségnél is alacsonyabb. Ennek magyarázata egyes szerzők (Takeuchi *et al.*, 1995; Baillie *et al.*, 1999; Raimbault *et al.*, 2001; Toyomizu *et al.*, 2002; Kavouridou *et al.*, 2008) szerint az, hogy míg a rövid szénláncú telített zsírsavak nagyobb arányban hasznosulnak triglicerid szintézisre, addig a PUFA metabolizálható energiájának egy része különböző anyagcsere-folyamatokban – például a termogenezisben – hasznosul.

Azt is megfigyelték, hogy a takarmányba bekevert zsír összetétele a brojlercsirkék fehérjetermelését is befolyásolja. Így azonos fehérjeellátás mellett a telített zsírsavakat nagyobb arányban tartalmazó zsírforrást fogyasztó madarakban a zsírlerakódás mértéke és a fehérjetranszformáció hatékonysága nagyobb volt, mint a telítetlen zsírsavakban gazdag zsírforrások használata esetén. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a hozzáadott zsírforrástól függően különbségek vannak a zsírfelhasználásban vagy -eloszlásban. Így a telítetlen zsírokból származó energia az anyagcsere-funkciókban értékesül, míg a telített zsírokból származó kalóriák a zsírsejtekben rakódnak le (Sanz *et al.*, 2000).

2.5. Húsminőség

Manapság a baromfihús fogyasztása és termelése világszerte gyorsan növekszik, ami elsősorban alacsony árának és nagyarányú kelendőségének köszönhető (Barbut *et al.*, 2016). Bár az utóbbi évek gazdasági és társadalmi folyamatai (COVID, energiaválság stb.) számos kedvezőtlen változást okoztak, ennek ellenére a baromfihús-termelés volumene továbbra is növekszik és ez a tendencia várhatóan a következő tíz évben is fennmarad (Zoltán, 2024). Mindeközben egyre nagyobb hangsúlyt kap a hús minősége, ami közvetlenül befolyásolja a potenciális vagy a rendszeres fogyasztók vásárlási vagy újra vásárlási döntését (Resurreccion, 2004; Michel *et al.*, 2011).

A hús – definíció szerint – az állatok emberi fogyasztásra alkalmas, valamint konyhatechnológiai és húsipari feldolgozásra kerülő részeit jelenti. Azaz húsként tartjuk számon az izomszövetet, a kötőszövetet, a zsírszövetet, az ehető zsigereket (máj, vese, tüdő), az agyvelőt, a vért, a csontokat és az idegszövetet (Tanács és Pinnyey, 2018). Szűkebb értelmezésben a hús kifejezést csak az izomszövetre használjuk (Lásztity és Törley, 1993). A hús fogalma: „Az emlős-állatok és madárfajok (szárnyasok) emberi fogyasztásra alkalmasnak minősített, természetes alkotórészüket képező, vagy hozzájuk kötődő vázizomzata [a rekeszizom és a rágóizom a vázizomhoz tartozik, míg a szív, a nyelv, a fejen lévő izmok (a rágóizmok kivételével), a lábizületek izmai és a farok nem], ha az összes zsír vagy kötőszövet-állomány nem haladja meg az alábbi értékeket, és ha a hús valamely más élelmiszer összetevőjét képezi (...)” (Magyar Élelmiszerkönyv, 2008). Ezeket a fogalmakat a jelenleg hatályban lévő 48/2016. (VII. 18.) FM rendelet (a Magyar Élelmiszerkönyv kötelező előírásairól szóló 152/2009. (XI. 12.) FVM rendelet módosításáról) máshogy határozza meg. Ebben a 853/2004/EK rendeletben megfogalmazott meghatározás szerint: „Hús: az 1.2-1.8. pontban¹ említett állatok élelmezési célra alkalmas részei, beleértve a vért.”. Emellett meghatározták az állati test, a friss hús, a belsőség és a zsiger fogalmát. Kiemelném a friss hús fogalmát: „olyan hús, amelyen nem végeztek más tartósítási folyamatot, mint hűtés, fagyasztás vagy gyorsfagyasztás, beleértve a vákuumcsomagolt vagy a szabályozott nyomás alatt csomagolt húst.”.

A Magyar Élelmiszerkönyv (2008) meghatározza a szárnyasok húzában a megengedett maximális zsír és kötőszövet arányát. Előírás szerint a hús megengedett zsírtartalma 15%, míg a kötőszövet aránya legfeljebb 10% lehet. Lawrie (1998) megállapította az izomszövet kémiai összetételét, miszerint: 75,5% víz, 18-20% fehérje, 3,5% oldhatatlan nem-fehérje rész és kb. 3% zsír.

A húsminőség egy olyan kifejezés, amelyet a teljes hús tulajdonságainak leírására használnak, beleértve annak fizikai, kémiai, morfológiai, biokémiai, mikrobiális, érzékszervi, technológiai, higiéniai, táplálkozási és kulináris tulajdonságait (Ingr, 1989). A környezeti tényezők közül a takarmányozás befolyásolja leginkább a hús minőségét. Így például a növényi eredetű olajok széleskörű használata a baromfi takarmányokban befolyásolhatja a húsok n-3-PUFA-

¹ 1.2. „Háziasított patás állatok”: a házasított szarvasmarhafélék (beleértve a Bubalus és Bison fajokat), sertés, juh- és kecskefélék, és a házasított egypatás állatok. 1.3. „Baromfi”: tenyésztett madarak, beleértve azokat, amelyek nem tekinthetők háziállatnak, de amelyeket háziállatként tenyésztettek, kivéve a futómadarakat. 1.4. „Nyúlfélék”: mezei és üregi nyulak és rácsálók. 1.5. „Vad”: — vadon élő patás állatok és nyúlfélék, valamint egyéb, emberi fogyasztás céljából vadászott szárazföldi emlősök, amelyeket az érintett tagállamban alkalmazott jog szerint vadnak tekintenek, beleértve a vadon élő állatokhoz hasonlóan szabad körülmények között, zárt területen élő emlősöket; és — az emberi fogyasztás céljából vadászott vadon élő madarak. 1.6. „Tenyésztett vad”: tenyésztett futómadarak és az 1.2. pontban nem említett tenyésztett szárazföldi emlősök. 1.7. „Apróvad”: szabadon és vadon élő szárnyasvadak és nyúlfélék. 1.8. „Nagyvad”: szabadon és vadon élő szárazföldi emlősök, amelyek nem illenek az apróvadak meghatározásába.

tartalmát és ezzel annak eltarthatóságát. Ugyanakkor az n-3 zsírsavak arányának növekedése kedvezően hathat a szív- és érrendszerre, a bőr egészségére, az immunrendszerre és az idegrendszerre egyaránt (Schmidt, 2003).

A megjelenés, a textúra, a zamatosság, a lédúság, a szilárdság, a porhanyósság, az illat és az íz jelenti a legfontosabb és legkönnyebben észlelhető húsminőségi tulajdonságok összességét, amelyek befolyásolják a hústermékek kezdeti és végső minőségi megítélését a fogyasztók vásárlását megelőzően és a konyhatechnikai feldolgozás során (Cross *et al.*, 1986). Ezen túlmenően a hús számszerűsíthető tulajdonságainak ismerete, mint például a víztartó képesség, a nyíróerő, a csepegési veszteség, a konyhatechnikai veszteség, a pH, az eltarthatósági idő, a kollagén tartalom, a fehérje oldhatóság és a zsírkötő kapacitás nélkülözhetetlen a feldolgozás számára (Allen *et al.*, 1998). Vadáné (1996) szerint a húsminőségen szűkebb értelemben a vágást követő biokémiai változások következtében bekövetkező fizikai, kémiai, és biológiai tulajdonságokat együttesen értjük. Ezek alapján négy csoportra osztotta a húsminőségi tulajdonságokat, ezek az érzékszervi, táplálkozási, élelmiszerbiztonsági és a technológiai tulajdonságok. Manapság leginkább ezen kategóriák mentén jellemezzük a hús minőségét hazánkban.

2.5.1. *Post mortem* folyamatok

A vágást követően az izomszövetnek bizonyos változásokon kell keresztülmennie ahhoz, hogy a fogyasztó számára megfelelő terméké, hússá váljon. A *post mortem* hatások közül a hűtés körülményei, valamint a konyhatechnika a legmeghatározóbbak (Heincinger *et al.*, 2008).

A halál bekövetkeztével leáll a keringés, ezáltal megszűnik a szövetek oxigén- és tápanyag-ellátása. A működés fennmaradásához az izmokban tárolt glikogén bontásával megfelelő szubsztrát áll rendelkezésre az ATP-képződéshez, oxigén hiányában a glükóz azonban nem tud belépni a citrátkörbe, hanem tejsavvá alakul, felszaporodik az izomszövetben, és lecsökkenti annak pH-ját. A pH-csökkenés sebessége gyakorlatilag az izomban lévő tejsav-koncentrációval arányos. A tejsavtermelés során hő szabadul fel, ami főként a bioaktív fehérjék, enzimek denaturációjához vezet. A nagy tejsav-koncentráció és a hőszaporulat csökkenti a sejtmembránok integritását, aminek következtében azok nem tudják megtartani a sejtekben lévő folyékony halmazállapotú sejtömeget, ezért az izom vizet veszít (Babinszky és Halas, 2019).

Az ATP szükséges az elernyedéshez is, így a kialakuló ATP-hiány miatt az aktin a miozintól nem válik el, hanem állandósul az aktomiozin komplex. Ez okozza a hullamerevséget, vagyis a *rigor mortis*-t. Ez az állapot akkor következik be, mikor a kreatin-foszfát a refoszforilációs feladatát már nem képes ellátni (Fletcher, 2002). Ugyanakkor a *rigor mortis* idővel oldódik, amely folyamatban kiemelkedő szerepe van a strukturális fehérjék (pl.: dezmin, titin, troponin T) bomlásának és a szarkoméra szerkezeti változásainak (Shi *et al.*, 2021). Ez utóbbi folyamatot nevezzük a hús érésének.

Ezek a folyamatok időbeli lefutása jellegzetes. A baromfi legértékesebb húzában, a mellfilében általában a vágást követő első 2 órában a pH és a hőmérséklet gyorsan csökken, ezt *prerigor* állapotnak is nevezzük. Körülbelül 4 óra elteltével befejeződik a glikolízis és a pH-csökkenés és megindul a *rigor mortis* kialakulása (Kijowski *et al.*, 1982). 24 óra elteltével pedig a filé *rigor mortis* állapota feloldódik. Ezért a baromfi mellhús esetében a 24 óra utáni minőséget tekintjük a végső húsminőségnek (Hawkins *et al.*, 2014). Mindezt befolyásolja a csontozás időpontja. Általánosságban, amennyiben a csontozás a vágást követő 6 órában megtörténik, akkor

tapasztalat szerint az izomkontrakció erősebb és nem oldódik, ezért a hús rágósabb lesz (Fletcher, 2002).

2.5.2. pH

A húsban post mortem lejátszódó glikolízis intenzitása a *post mortem* 45 perc elteltével mért pH-val írható le. A 45 perces időpont egyezményesen került megállapításra a vágóvonalai megmunkálás végének megfelelően. A glikogénbomlás teljes lezajlása után mért pH-érték a végső pH. Stewart és munkatársai (1984) arra a következtetésre jutottak, hogy a különböző *post mortem* kezelések nem befolyásolták az izmok végső pH-értékét.

A brojlerhús normál pH-értéke 5,96 és 6,07 között mozog (Van Laack *et al.*, 2000, Souza *et al.*, 2005, Bowker és Zhuang, 2013, Jiang *et al.*, 2018).

A takarmányozás jelentősen befolyásolhatja az állatok glikogénraktárainak méretét és azok felhasználását a vágás során. Így például tapasztalat szerint szűz kókuszolaj hozzáadása a takarmányhoz a csirkehús pH-értékének növekedését eredményezi (Soeparno, 2005). Ennek az lehet az oka, hogy az olajkiegészítés befolyásolja a brojlercsirke izomzatának glikogénszintjét, ezáltal a *post mortem* tejsav-termelődés mértékét, amely megszabja a hús pH-értékét (Soeparno, 1992b). Prayitno és munkatársai (2010) eredményei is alátámasztották ezt, mert vizsgálatukban a szűz kókuszolaj mennyiségének növelésével a hús végső pH-értéke nagyobb lett (kontroll csoport 6,11, 1%-os kókuszolaj-kiegészítés esetén 6,18, míg 2% dózis esetében 6,25). További vizsgálat is megerősítette ezt a megállapítást, ahol szintén brojlercsirkéket neveltek kétfázisos takarmányozás mellett napos kortól 42 napos korig. A vizsgálatban összehasonlították a 2% kókusz- és pálmaolaj hatását. A vágást követő 24. órában a 2% kókuszolajat tartalmazó csoportban 5,91, míg a 2% pálmaolajat tartalmazó csoportban 5,35 volt a pH értéke (Ogunwole *et al.*, 2016), ami összefüggést mutathat a két olaj eltérő emészthetőségével (Handayani *et al.*, 2019).

2.5.3. Szín

A szín a fény által a szemben kiváltott inger. Ehhez három tulajdonság tartozik, így a színérzékelés háromdimenziós mennyiség. Első tulajdonság a színezet, melyet a vörös, a sárga, a narancs, a kék és a bíbor jelzőkkel, illetve ezek kombinációjával fejezzük ki. Második tulajdonság a világosság, ezzel azt fejezzük ki, hogy a felület mennyi fényt bocsát ki, enged át, vagy ver vissza. A harmadik tulajdonság pedig a színezetdúság, ezzel a felület kromatikus színérzékelését jellemezzük. Ha nincs kromatikus színérzékelés, akkor fehér, szürke és fekete színek vannak jelen. A színmérő műszerek egy egyszerűsített emberi színlátást modelleznek (Hovorkáné, 2007). A CIE Lab színvizsgálati módszer színtere az L^* , a^* és b^* értékeket határozza meg, amelyet a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (Commission Internationale de l'Eclairage (CIE)) 1976-ban fogadott el (Girolami *et al.*, 2013). Ebben a módszerben az L^* érték a fénykomponens, amely 0 és 100 között mozog (a feketétől a fehérig). Az a^* és a b^* -120 és +120 érték között kerül meghatározásra. Az a^* zöldtől (ha negatív) a pirosig (ha pozitív), a b^* kéktől (ha negatív) a sárgáig (ha pozitív) terjed (Papadakis *et al.*, 2000; Yam és Papadakis, 2004). A színinger különbséget, ΔE^*_{ab} -t a színtérben értelmezett két színpont (a mért és az etalon vagy vonatkoztatási színpont) közötti térbeli távolsággal adjuk meg (Lukács, 1982).

Az elmúlt évtizedekben számos kutatás rámutatott a szín fogyasztói döntést befolyásoló szerepére (Barbut, 2001b). A tyúk faj esetében ismert, hogy izmainak jelentős színkülönbségei vannak és a húst „fehér” vagy „sötét” kategóriába sorolták. Ezek a jelentős különbségek nagyrészt az izmok biokémiai folyamataiban és szöveti felépítésében fennálló eltéréseknek köszönhetők. A

mellizom hajlamosabb a színváltozásokra, mint a combizmok. A mellizom a vágott test nagy részét teszi ki és a benne rejlő világos szín minden színváltozással járó húshibát nyilvánvalóbbá tesz (Santiago Anadón, 2002).

A hús színe a pigment-koncentrációtól és a vas ionok jelenlététől függ. A kétértékű vasat tartalmazó mioglobint bíborvörös színű, majd oxidáció következtében létrejön az oximioglobin, ami élénk piros (cseresznyepiros) színű, végül, amikor egy újabb oxidáció során metmioglobinná alakul, akkor szürkés-barnás színűvé válik (Kropf, 1993; Incze, 1996). A hús színe nagymértékben korrelál a különböző hem-tartalmú komponensek – a mioglobin, a hemoglobin és a citokrómok mennyiségével (Froning *et al.*, 1968; Fleming *et al.*, 1991b; Froning, 1995). A hem pigment (így a mioglobin) koncentrációja elsősorban a hús világosságát (L^*) befolyásolja, de hatást gyakorol a hús vörösségére (a^*) és a sárgaságára (b^*) is (Santiago Anadón, 2002).

A mioglobin a baromfihús legfontosabb hem pigmentje, amely nagymértékben járul hozzá a szín alakulásához. Ugyanakkor a legtöbb baromfi húzában a mioglobin koncentráció szignifikánsan kisebb, mint más fajok hasonló izmaiban (Froning *et al.*, 1968; Fleming *et al.*, 1991b; Millar *et al.*, 1994; Wideman *et al.*, 2016). Froning és munkatársai (1968) megállapították, hogy például a brojlercsirke és a pulyka mellizmában a mioglobin-koncentráció 0,15, illetve 0,50 mg/g, míg a sertés vagy a marha hasonló húsrészeiben ez az érték 2 ill. 6 mg/g.

A legtöbb kísérletben a mellizom mioglobin-tartalma lényegesen alacsonyabb volt, mint a combizomban (Qamar, 2023). Korábbi vizsgálatokban a mellhús összes hem tartalma 0,16 mg/g (Rhee és Ziprin, 1987), 0,32-0,44 mg/g (Fleming *et al.*, 1991b) és 0,24 mg/g (Kranen, 1999) volt. Míg a combhúsban mért értékek 0,41-0,68 mg/g (Rhee és Ziprin, 1987) és 0,59-0,79 mg/g (Fleming, 1991a) voltak. A combhúsnak nagy része az úgynevezett vörös izomrostokból áll, míg a mellhús szinte teljes egészében fehér rostokból (Barbut, 2001a) épül fel. Következésképpen a friss nyers mellhús halvány rózsaszínű, míg a nyers combhús sötétvörös.

Boulianne és King (1995) jelentős negatív korrelációról számoltak be (-0,81, és -0,52 között) az L^* értékek és az izom teljes pigment, mioglobin, illetve vas tartalma között. A hús vörös színéhez kapcsolódóan beszámoltak arról, hogy pozitív korreláció áll fenn a teljes pigmentkoncentrációval (0,60). Le Bihan-Duval és munkatársai (1999) szerint az exterminálás utáni 24. órában mért pH-érték negatív korrelációban áll a hús világosságával (L^*) (-0,60) és a csepegési veszteséggel (-0,40), melyet 3 nappal az exterminálás után mértek.

A hús vörös (a^*) és a sárga (b^*) színintenzitása szorosan összefüggnek egymással, erős pozitív genetikai korrelációval (0,72). Abdullah és munkatársai (2010) megállapították, hogy a 32. napos életkorban a brojlercsirke húzában szignifikánsan ($p < 0,05$) kisebb az L^* érték (51.11), mint a 42. napon (53.35). A hússzín és a takarmány közötti kapcsolat vizsgálata ezideig elsősorban a takarmány-alapanyagok hatásainak összehasonlítására korlátozódott. Így például Smith és munkatársai (2002) megállapították, hogy a búzára alapozott takarmányozás elsősorban a hús világosságára, a kukorica a sárga színintenzitásra hat pozitívan, míg a köles használata esetén a vörös szín intenzitása növekszik. Továbbá azt is megállapították, hogy az E-vitamin kiegészítés a szín világosságát növeli (Zhang *et al.*, 2011). A hússzín és a keveréktakarmány zsírsavösszetétele között ezideig jelentős összefüggést nem mutattak ki. Így például Du és Ahn (2002) megállapították, hogy a takarmányhoz hozzáadott konjugált linolsav nem befolyásolja a brojler mellfilé a^* értékét. Prayitno és munkatársai (2010) vizsgálatukban, ahol eltérő (0, 0,5, 1, 1,5, 2%) arányban adagoltak szűz kókuszolajat napos kortól 35. napos korig, nem találtak eltérést a hússzínben. Feltehetően a szűz kókuszolaj hozzáadása nem befolyásolja a mioglobint, a hemoglobint és a hem pigmentek koncentrációját a húsból. Ogunwole és munkatársai (2016)

korábban említett vizsgálatában, amelyet 2%-os kókuszolaj kiegészítéssel végeztek a mellhús színvizsgálata során az L^* 45,35, az a^* 8,31 és a b^* 5,45 értékeket mérték, míg 2% pálmamagolaj kiegészítés esetén az érték az L^* esetében 52,31, az a^* esetében 6,02, míg a b^* esetében 6,7 volt. Eszerint a pámaolaj hatására világosabb és sárgább lett a hús, az eltérés azonban nem volt szignifikáns mértékű.

2.5.4. Víztartóképesség

A víztartó képesség a nyers hús legfontosabb funkcionális tulajdonságai közé tartozik. Jauregui és munkatársai (1981) a vízmegkötési potenciált az izomfehérjék azon képességeként definiálták, miszerint megőrzi a vizet a külső erők hatása alatt is. Ez alapján a vízmegkötési potenciál azt a maximális vízmennyiséget jelenti, amelyet az izomfehérjék visszatarthatnak a méréskor fennálló körülmények között. A felesleges nedvesség arra a vízmennyiségre vonatkozik, amelyet erő alkalmazásával ki lehet préselni a húsból. A szabad csepegési veszteség azt a vízmennyiséget jelenti, amelyet a hús veszít el a gravitáció hatására (Regenstein *et al.*, 1979).

Az izom víztartó-képességének magyarázata az, hogy a miofibrillumot alkotó filamentumok közötti térben felhalmozódott nagy mennyiségű víz korlátozott a mozgásban. Éppen ezért ezt kötött víznek is nevezik (Szűcs, 2002). Az izomban lévő víz körülbelül 88-95%-a intracellulárisan van jelen az aktin és a miozin szálak közötti térben. Ehhez ép sejtmembrán szükséges. Ugyanakkor az izomban lévő víznek 5-12%-a a miofibrillák között, a sejtközi térben helyezkedik el (Ranken, 1976; Offer és Knight, 1988). Az olyan tényezők, mint a pH, a szarkomer hossza, az ionerősség, az ozmotikus nyomás és a *rigor mortis* kialakulása befolyásolják a víztartó-képességet az intra- és az extracelluláris víz mennyiségének megváltoztatásával (Northcutt *et al.*, 1994; Offer és Knight, 1988), ill. az izomban jelenlévő pozitív és negatív töltésű részecskék arányainak változásával. Így a víztartó képesség szoros korrelációt mutat a kémhatás alakulásával, azonban ennek jellege változó lehet. Így a normál pH tartományban (5,1-5,6) erős pozitív korreláció áll fenn, míg savasabb körülmények között (pH 5,1 alatt) a pH csökkenésével nő a víztartó képesség (IvyPanda, 2023).

Soeparno (1992a) arról számolt be, hogy kókuszolaj kiegészítés hatására a brojlersirke-hús víztartó képessége 6 és 7 hetes korban körülbelül 22,19% és 28,54% volt. Ezzel szemben Prayitno és munkatársai (2010) ugyancsak kókuszolajjal végzett vizsgálatában a brojlerhús víztartó képessége 30,93% és 42,21% között mozgott. Megállapították, hogy minél nagyobb a takarmányban a szűz kókuszolaj mennyisége, annál nagyobb a brojlersirkehús víztartó képessége. Hasonló megállapításra jutottak Ogunwole és munkatársai (2016), ahol a 2% kókuszolaj alapú takarmányozású brojlersirkék hújának vízmegtartó képessége nagyobb volt, mint 2% pálmamagolaj etetésekor. Ez összefüggésbe hozható a húsok pH-jának eltérő alakulásával.

2.5.5. Konyhatechnikai veszteségek

A konyhában történő előkészítés és főzés, valamint a sütés során fellépő veszteség a hús minőségének fontos meghatározói, mert összefüggnek a főzés hatására elvesztett víz mennyiségével és a vízben oldódó tápanyagokkal. Minél nagyobb a főzési veszteség százalékos aránya, annál több víz vész el és a tápanyagok vízben oldódnak, vagyis a hús veszít a tápanyagtartalmából. Azaz a minőségi húsnak alacsony a főzési vesztesége (Lawrie, 2003; Soeparno, 2005; Dilaga és Soeparno, 2007), így a főzés során kisebb lesz a tápanyagvesztés. Tapasztalatok szerint a takarmány összetétele befolyásolhatja a főzési veszteség mértékét (Soeparno, 2005), azonban a veszteségek szélsőséges értékeket mutatnak az egyes kísérletekben.

Prayitno és munkatársai (2010) eredményei azt mutatták, hogy a takarmány 1,5% feletti szűz kókuszolajjal történő kiegészítés hatására a brojlercsirke-hús főzési vesztesége szignifikánsan változott ($p < 0,01$). Eszerint a brojlercsirkehús főzési vesztesége 2%-os kiegészítés esetén 18,87% volt, míg a kontroll csoportban ugyanez a paraméter 26,79%-os értéket mutatott. Minél nagyobb a takarmányban a szűz kókuszolaj mennyisége, annál kisebb a brojlercsirkehús főzési vesztesége (Soeparo, 1992a). Ennek feltehetően az az oka, hogy a takarmányhoz hozzáadott szűz kókuszolaj befolyásolja a hús zsírtartalmát. A brojlérhús zsírtartalma csökken a takarmányban lévő szűz kókuszolaj hozzáadásának mértékével (Oktaviana, 2009), így feltételezhető, hogy a főzési folyamat során kevesebb zsír vész el, vagyis amennyiben a húsnak kisebb a zsírtartalma, kisebb lesz a főzési vesztesége is. Ezt erősíti meg Lawrie (2003), aki szerint a főzési veszteséget többnyire a húsból található zsír olvadása és távozása okozza.

A főzési veszteség egyúttal negatív kapcsolatban áll a víztartó képességgel (Soeparo, 2005). Tapasztalata szerint a nagy víztartó képességgel rendelkező hús kis sütési ill. főzési veszteséggel rendelkezik. Ezt támasztja alá Prayitno és munkatársai (2010) szűz kókuszolaj növekvő arányú takarmányba keverésével végzett kísérlete is, amelyben a legkisebb (18,87%) főzési veszteséget a legnagyobb hozzáadott zsírtartalom mellett érték el, amely összefüggésben lehetett a hús pH-jával és a jó víztartó képességével is.

Kókuszolaj és pálmamagolaj 2-2%-os arányban történő bekeverésének hatására a pálmamagolaj alapú takarmányozási csoportban lévő brojlercsirkék húsnak főzési vesztesége nagyobb volt, mint a kókuszolaj kiegészítés esetén (Ogunwole, 2016), amelynek hátterében a két olaj eltérő emészthetősége állhat.

2.5.6. Porhanyósság

A porhanyósság az egyik legfontosabb élvezeti értéket képviseli a fogyasztó számára a termékben, így nagyban befolyásolja a kedveltséget (Deatherage, 1963; Savell *et al.*, 1989). Ez sok kutató figyelmét felkeltette (Li *et al.*, 2001). Ennek eredményeként számos módszer létezik a brojlercsirke mellhús porhanyósságának mérésére. Műszeres vagy leíró elemzéseket, fogyasztói érzékszervi értékeléseket vagy a vizsgálati lehetőségek kombinációit alkalmazták a hús porhanyósságának értékelésére (Owens *et al.*, 2004). A baromfiiparban általában olyan instrumentális módszereket alkalmaznak, mint az Allo-Kramer nyíró-tömörítő rendszer (többpengés), a Warner-Bratzler nyírópenge és a textúraprofil-elemzés (TPA) (Sams *et al.*, 1990). Ezek többségének alapja a nyíróerő-próba (Cavitt *et al.*, 2001, 2004). Owens és munkatársai (2004) tanulmányában számos módszert hasonlítottak össze, annak érdekében, hogy a porhanyósság a legjobban mérhető legyen. Arra a megállapításra jutottak, hogy a különböző módszerek (Razor Blade (Cavitt *et al.*, 2001), Allo-Kramer (Kramer *et al.*, 1951), Warner-Bratzler (Bratzler, 1932)) használata gyors és pontos.

A textúra változása a nyers húsból a *rigor*, azaz a kontrakciós állapottal, majd az azt követő proteolitikus folyamatok előrehaladásával, és az ehhez kapcsolódó vízkötő-képesség változásával, valamint a hús kötőszöveti állományának mennyiségével és eloszlásával függ össze (Babinszky és Halas, 2019). A baromfihús porhanyósságának két fő tényezője az életkorral járó kötőszöveti keménység és a miofibrilláris fehérjék kontraktilis állapota. A kötőszövet érettségét jelentősen befolyásolja a kollagén kémiai keresztkötéseinek jelenléte az izomban. Mivel a kollagén térhálósodása az életkor előrehaladtával növekszik, a hús általában keményebb az idősebb állatokban. A porhanyósságot alapvetően meghatározó másik tényező, a miofibrilláris fehérjék kontraktilis állapota elsősorban a *rigor mortis* kialakulásának sebességétől függ. A brojlercsirke

esetében az életkorral kapcsolatos keménység (a kötőszövet térhálósítása) kérdése gyakorlatilag nem releváns, mivel az állatok 5-7 hetes korban érik el a vágásérettség állapotát. A miofibrilláris fehérje kontraktilis állapota elsősorban a *rigor mortis* kialakulásának, majd oldódásának és a vágás körüli tényezőknek az eredménye (Shrimpton, 1960). Mivel manapság a vágóhídi technológia egységes, ezért a hús porhanyósságában tapasztalt eltéréseket leginkább a hizlalás során fellépő környezeti hatásokra (pl. takarmányozásra) vezetik vissza (Fletcher, 2002; Scholtyssek, 1980).

Számos külső tényező befolyásolja a hús porhanyósságának alakulását. Kimutatták, hogy az életkor, a fajta és az ivar, valamint a környezeti és takarmányozási stresszfaktorok befolyásolják a húsminták porhanyóssága közötti eltéréseket (Guhne, 1970; Lyon és Wilson, 1986; Smith és Fletcher, 1988; Sams, 2002).

Prayitno és munkatársai (2010) eredményei alapján az 1,5% feletti szűz kókuszolaj bekeverése a takarmányba jelentős mértékben befolyásolja a hús porhanyósságát ($p < 0,01$). Tapasztalatok szerint minél nagyobb az olaj bekeverési aránya, annál puhább a hús, azaz annál kisebb a nyíróerő értéke. Bouton és munkatársai (1971) megállapították, hogy a hús pH-ja és víztartó-képessége összefüggésben vannak a hús porhanyósságával. Hoffman és munkatársai (2003) bizonyították, hogy a hús pH-értéke és porhanyóssága között negatív korreláció áll fenn. Hasonlóképp, Soeparno (2005) is megállapította, hogy a semlegesközeli pH-értékű hús általában lédúsabb, ezért puhább. A zsírkiegészítés porhanyósságra gyakorolt hatásairól rendelkezésre álló adatok mindazonáltal ellentmondásosak. Míg Khatun és munkatársai (2017) Cobb 500 brojlerrel végzett kísérletükben 6% pálmaolaj kiegészítés esetén csupán 1,2 kg/cm² nyíróerőt mértek, addig egy másik kísérletben 2% pálmamagolaj-kiegészítés esetén 5,67 kg/cm², 2% kókuszolaj kiegészítés esetén pedig 6,63 kg/cm² eredményről számoltak be a kutatók (Ogunwole *et al.*, 2016). Smink és munkatársai (2008) pedig azt találták, hogy a pálmazsír-kiegészítés növelte a hús porhanyósságát.

2.5.7. Egyéb húsminőséget befolyásoló tényezők

A húsnak az adott állatfajra vonatkozó jellegzetes **szagot** kell mutatni és minden egyéb idegen szagtól mentesnek kell lennie. Abban az esetben, amennyiben egyéb szag is érezhető, a termék hibásnak számít. A hiba lehet takarmányozási eredetű. Például túlzott mennyiségű halliszt vagy nagy erukasav-tartalmú repce etetése jellegzetes szaghibát okozhat a vágottáruban (Óváry *et al.*, 2003).

A hús zamatának kialakításáért több ezer vegyület együttes hatása a felelős. A végső **íz** kialakításához azonban csak ezek kis része járul hozzá. A zsírtartalom az egyik legmeghatározóbb tényező, ugyanis az ízért felelős anyagok többsége zsírban oldódik. A végső íz kialakításában azonban elsődleges szerepe van a konyhatechnikai eljárásoknak (Shahidi *et al.*, 1986). A kötőszövetbe beépült zsír javítja a hús ízletességét, illetve porhanyósabbá is teszi (Gippert és Körösiné Molnár, 2006). Prayitno és munkatársai (2010) eredményei azt mutatták, hogy a szűz kókuszolaj-kiegészítést tartalmazó keveréktakarmánnyal etetett brojlersírkékből származó húsok íze nem változott meg a kiegészítés eredményeként számottevően. A kiegészítés nem változtatta meg a húspanban található illékony anyagok mennyiségét és arányát, így azokra a szájban és/vagy az orrüregben lévő receptorok azonosan reagáltak, azaz nem változtatták meg a hús ízét (Sams, 2001).

A **lédúság** alatt a hús nedvességtartalmát értjük, amelyet a rágás során szerzett benyomás alapján tudunk megítélni. Fernandez és munkatársai (1999) kutatásai szerint, ha a húspanban az

intramuszkuláris zsírtartalom meghaladja a 2,25%-ot, akkor a bírálók magasabb pontot adtak a lédússágra azonos nedvességtartalom mellett. Lyon és Wilson (1986) vizsgálatai során arról számoltak be, hogy a főzési módszer jelentős hatással volt a késztermék lédússágára és porhanyósságára. Megjegyezték, hogy a hús szívóssága alacsony főzési hőmérsékleten lassan csökken, azonban magas főzési hőmérsékleten a kollagén gyors zsugorodása, majd a hús megkeményedése következik be. Lyon és Lyon (1990) a nedvességtartalom és a porhanyósság jelentős különbségeiről számoltak be különböző főzési módszerek alkalmazásával. A főzés magas hőfokon, alacsony nedvességtartalmú környezetben szárazabb, kevésbé lédús terméket eredményezhet, ami miatt rágóssá válik a hús, vagyis az érzékelt porhanyósság csökkenését eredményezi. Ezen paraméter esetében azonban a takarmány zsírtartalma és a lédússág közötti összefüggés vizsgálata tekintetében a szakirodalom meglehetősen hiányos.

2.5.8. A takarmányozás/zsírkiegészítés hatása a húsok tápanyagtartalmára és érzékszervi tulajdonságaira

A takarmányok energiaforrásai különböző mértékben értékesülnek az anyagcsere-folyamatokban, azaz, azonos mennyiségű zsírból, keményítőtől vagy rostból különböző mértékű zsírbeépülés tapasztalható a szervezetben, azaz a takarmány energiaforrása némileg befolyásolja a hús zsírtartalmát is (Babinszky és Halas, 2019). Ugyanakkor a hús összetétele elsősorban genetikailag meghatározott. Ez azt jelenti, hogy – a takarmányozástól függetlenül – az izmokba a testfehérje 50%-a, míg a testzsír 15-20%-a épül be (Halas *et al.*, 2004).

A hús zsírsavösszetételét a monogasztrikus állatok esetében egyértelműen a takarmány zsírsavösszetétele határozza meg. Baromfi-fajokkal végzett nagyszámú vizsgálat eredményei egybehangzóan azt mutatják, hogy a húsban jelentősen növelhető a többszörösen telítetlen – köztük az esszenciális – zsírsavak és ezzel párhuzamosan csökkenthető a SFA aránya. A vizsgálatok azt mutatják, hogy a hús zsírsavösszetételének megváltoztatásához nem kell a hizlalás teljes ideje alatt etetni a zsírsavforrást (Babinszky és Halas, 2019). Brojlereknél négy hét is elegendő a vágás előtt a hús zsírsavösszetételének megváltoztatásához (Schmidt *et al.*, 2008). Így például Rebolé és munkatársai (2006) eredményei azt mutatták, hogy a pálmaolajat napraforgóolajjal (100 g/kg-ig) kicserélve a brojlercsirkék takarmányában, a csirkehús MUFA-tartalma növelhető.

Egyúttal a zsírsavösszetétel változása befolyásolhatja a hús érzékszervi tulajdonságait. Például, ha a takarmánnyal bevitt PUFA aránya 0,5% felett van a húsban, akkor számítani kell arra, hogy az egészségi szempontoknak jobban megfelelő, ugyanakkor élvezeti érték szempontjából kevésbé elfogadható húst fogunk előállítani (Pettigrew és Esnaola, 2001). Az α -linolénsav- és az arachidonsav-tartalom növekedése a húsban rontja a fogyasztói megítélést, mivel az e zsírsavakban gazdag élelmiszerek íze és szaga is jellegzetes, egyes fogyasztók számára idegen. Az erre irányuló vizsgálatok ráadásul azt mutatják, hogy még a különböző elkészítési módokkal sem lehet közömbösíteni a kedvezőtlen ízt. Például az egyébként kis zsírtartalmú csirkehúsból készült ételek étkezési minősége statisztikailag igazolhatóan romlik, ha nagy a hús α -linolénsav-tartalma (Babinszky és Halas, 2019).

2.6. Antioxidáns státusz

2.6.1. Lipidperoxidáció biológiai háttere

Az élő szervezetek oxigén jelenlétében folyamatosan ki vannak téve oxidatív hatásoknak, melynek eredményeként fiziológiás körülmények között is képződhetnek reaktív oxigén szabadgyökök (ROS). A szervezet biológiai antioxidáns védelmi rendszere felelős azért, hogy a ROS vegyületek képződését és lebomlását egyensúlyban tartsa. Ha ez az egyensúly megbomlik, oxidatív stressz alakul ki (Sies, 1991; Girard *et al.*, 2005, Joyeux-Faure *et al.*, 2006). Az egyensúly megbomlásáért felelős lehet a ROS képződésének fokozódása, vagy a szervezet antioxidáns védelmének gyengülése (Espinosa-Diez *et al.*, 2015). Amennyiben a ROS-képződés nő, ezzel párhuzamosan csökkenhet a glutation redox-rendszer szabályozásában részt vevő gének expressziója, ami megnehezítheti a ROS inaktiválását (Pelyhe, 2017).

Az oxidatív stressz hatására a sejt bármely biomolekulája károsodhat (Jacob és Burri, 1996). A lipidek oxidálódhatnak (Gutteridge és Halliwell, 1990), a DNS szál eltörhet, vagy DNS adduktok jöhetnek létre, amelyek pontmutációk kialakulásához vezethetnek (Berlett és Stadtman 1997; Cooke *et al.*, 2003; Ayala *et al.*, 2014).

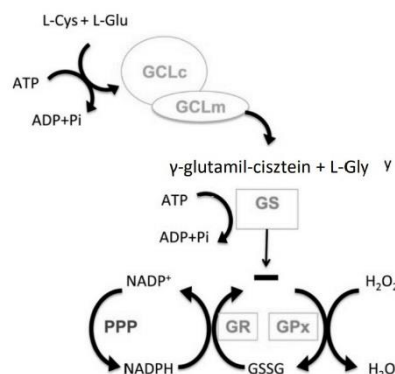
A lipidperoxidáció elsősorban a membránokat veszélyezteti, mivel azok foszfolipid kettősrétegében nagy mennyiségű többszörösen telítetlen zsírsav (PUFA) van. Ezek különösen érzékenyek a peroxidatív hatásokra (Ayala *et al.*, 2014). A lipidperoxidáció következtében az oxidatív módon károsodott zsírsavak révén a membránok fluiditása és integritása csökken, tehát permeabilitásuk megnő (Gutteridge és Halliwell, 1990), végeredményként a sejt elpusztul (Mézes és Matkovics, 1986).

A MDA (malondialdehid) 2-tiobarbitursavval (TBA) savanyú közegben magas hőmérséklet hatására sárgás-vörös színű komplexet képez (Németh, 2004), amely reakciót gyakran alkalmazzák a lipidperoxidációs folyamatok kimutatására (Yagi, 1982; Vajdovich, 1999). Az MDA lipidperoxidáció egyik metastabil végterméke, amit testfolyadékból és szövetekből reaktív aldehidként mutatnak ki (Barber és Bernheim, 1967). Felszabadulása a telítetlen zsírsavak oxidációjakor történik (Mézes és Matkovics, 1986). Tulajdonsága, hogy képes keresztkötéseket kialakítani a fehérjékben, ezek a kötések számos sejtalkotót képesek inaktiválni (enzimek, sejtmembránok), ennek következtében felfszaporodása a sejtmembrán károsodásához, majd a sejt pusztulásához vezet (Vajdovich, 1999). Šojić *et al.*, (2012) szerint az oxidatív hatások eredményeként bomlanak a vitaminok és a többszörösen telítetlen zsírsavakból reaktív lipidperoxidok keletkeznek. Ezek nagy mennyisége toxikussá válhat a szervezetre. A baromfi szövetekben lévő zsírok relatíve sok PUFA-t tartalmaznak, amelyet tovább növelhet, ha az állat takarmányával további telítetlen zsírsavakat juttatunk be a szervezetbe. Ezért a baromfifélékben oxidatív körülmények között fokozott a szervezet érzékenysége, intenzívebb lehet a lipidek peroxidációja (McKay és Kings, 1980; Molenaar *et al.*, 1980), amelynek mértéke és így a szervezet antioxidáns státusza egyes vérparaméterek segítségével ellenőrizhető (Awotwi, 1990; Aletor és Egberongbe, 1992; Babatunde *et al.*, 1992).

Az antioxidáns védelmi rendszer célja kiküszöbölni az *in vivo* képződő aktív oxigéngyökök károsító hatásait (Sies, 1997; Erdélyi, 2002). A magasabb rendű szervezetekben az antioxidáns védelmi rendszeren belül több védelmi vonal alakult ki (Tokarz *et al.*, 2013). Azok a reaktív gyökök, melyeknek a biológiai felezési ideje kevesebb, mint 10^{-8} másodperc, a kis molekulású antioxidánsok ártalmatlanítják (Mézes, 1999). Ezzel szemben a hidrogén-peroxid felezési ideje

hosszú (10^1 perc), mennyiségének szabályozása elsődlegesen enzimatis úton történik (Chance *et al.*, 1979).

A nem-enzimatis antioxidáns védelmi rendszer egyik rendkívül fontos tagja a vízóldékony GSH, mely három aminosavból álló ún. tripeptid. A glutation szintézise két enzim – a γ -glutamil-ciszterin-ligáz (GCL) és a glutation szintáz (GS) – működésének köszönhető. A GCL a glutamát és a cisztein kapcsolódását katalizálja, míg a GS a dipeptidhez kapcsol egy glicint (1. ábra). Ez a folyamat ATP-dependens (Espinosa-Diez *et al.*, 2015). A GSH az egyik legnagyobb mennyiségben megtalálható antioxidáns molekula a szervezetben. A redukált formája aktív tiol csoporttal rendelkezik, ez oxidatív stressz hatására könnyen oxidálódik, ezáltal fontos szerepet tölt be az oxidatív folyamatok elleni védelemben (DeLeve és Kaplowitz, 1990; Volodymyr, 2011). A GSH mennyisége számos tényező függvénye, egyebek mellett befolyásolja például az állat aminosav-ellátása, a takarmány E-vitamin tartalma (Anantharaju *et al.*, 2002). az oxidatív stressz (Yadav *et al.*, 2007) egyaránt. Funkciója sokrétű, központi szerepet játszik azonban a reaktív oxigéngyökök ártalmatlanításában. Erre közvetlen és közvetett módon is képes. Közvetlen módon a szuperoxid anionnal és más szabadgyökökkel léphet reakcióba, míg közvetett módon más antioxidáns molekulákat (pl. dehidro-aszkorbinsavat) képes redukálni (Espinosa-Diez *et al.*, 2015). A glutation és a reaktív gyökök reakciója során glutationil-gyök képződik. Ez a gyök stabilnak tekinthető mivel ismereteink szerint nem okoz további károsodást (Kosower és Kosower, 1978). A GSH homeosztázist a glutation *de novo* szintézise mellett egyéb tényezők is befolyásolják. Így például a sejtből történő efflux mértéke, a GSSG-GSH (glutathion-diszulfid-redukált glutathion) redukció intenzitása, vagy a sejten belüli felhasználás (Halliwell és Gutteridge, 1989). Emellett a GSH a hidroxil- és a szuperoxid-gyökökkel való reakciója által (Ross, 1988) kulcsszerepet játszik a szervezet enzimatis antioxidáns védelmében is, mint a GSHPx (glutathion-peroxidáz) vagy a GST (glutathion S-transzferáz) enzimek ko-szubsztrátja (Whanger, 1994). A glutathion legfőbb funkciója a GSHPx szubsztrátjaként a H_2O_2 -re és a lipidperoxidokra kifejtett redukáló hatás (Kosower és Kosower, 1978). A folyamat során képződő oxidált glutathion (GSSG-t) a GSR (glutathion-reduktáz) regenerálja, amelynek a sejtek szabad tiol tartalmának fenntartásában van fontos szerepe (1. ábra). Ezen kívül számos más funkcióval is rendelkezik, ilyen például, hogy transzportálja és tárolja a nitrogén-oxidot, cisztein-tartalékként viselkedik, részt vesz a ribonukleotidok és dezoxiribonukleotidok redukálásában, az ösztrogének, leukotriének és prosztaglandinok metabolizmusában, valamint a xenobiotikum transzformációban is konjugáló ágensként (Halliwell és Gutteridge, 1989; Lu, 2009). Ezt az eredményt mások is alátámasztották, mivel oxidatív hatásra a glutathionkoncentráció nagyon gyors és erőteljes csökkenését figyelték meg (Daba és Rahman, 1998). A GSH elérhetősége a bioszintézis és a felhasználási helyek között alapvetően függ a GSH és a cisztein fluxustól (Giustarini *et al.*, 2009). A GSH bioszintézisét a szubsztrát-hozzáférés és az allosztérikus folyamatok is befolyásolják. Ezért, ha az intracelluláris GSH tartalom egy kritikus érték fölé emelkedik, akkor a GCLc katalikus aktivitásért felelős alegységei (73 kDa; 33 kDa) kompetitív gátlásának köszönhetően inaktívvá válnak, ezért csökken a GSH szintézise. Egyéb limitáló tényező a sejtek szabad cisztein-tartalma (Lu, 2009; Lu, 2013).

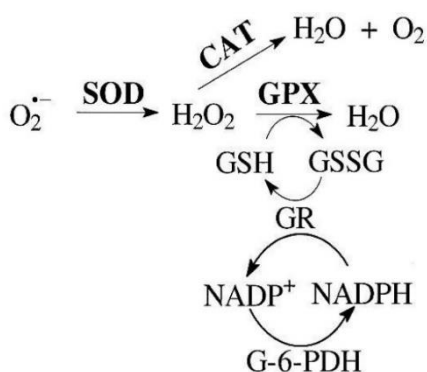


1. ábra: A glutation bioszintézis és a glutation redox rendszer: A cisztein és glutamin összekapcsolását a GCL végzi, ezt követően a GS egy glicint csatol az így létrejövő GSH-hoz, amely folyamatok NADPH-t igényelnek. A glutation redox rendszerben, a GSHPx enzim koszubsztrátként használja a GSH-t H_2O_2 eliminálásához, majd a létrejövő oxidált GSSG-t a GR visszaredukálja GSH-vá, ami szintén energia igényes folyamat (Espinosa-Diez *et al.*, 2015 és Pelyhe, 2017 nyomán)

A szervezet oxidatív hatásokkal szembeni második védelmi vonalát képezik az antioxidáns enzimek (pl. szuperoxid-dizmutáz, kataláz, glutation-peroxidáz, tioredoxin-reduktáz) és egyes fémkötő fehérjék (ferritin, albumin, metallothionein) (2. ábra). Az antioxidáns enzimek a ROS-t redukáló reakciókat katalizálják, ilyen módon semlegesítik azokat (Cai és Cherian, 2003; Espinosa-Diez *et al.*, 2015).

Az enzimatisz védelmi rendszer elemei a szuperoxid aniont hidrogén-peroxiddá redukáló SOD (szuperoxid-dizmutáz), a hidrogén-peroxidot bontó CAT (kataláz), valamint a peroxidázok (GSHPx, GST) (Leonard *et al.*, 2004), mindemellett a Trx (tioredoxin-reduktáz) (Holmgren, 1977). Ezek az enzimek hatásukat elektron akceptorok felhasználásával érik el. Az enzimek a legteljesebb antioxidáns védelem érdekében egymással szinergista módon működnek együtt (Michiels *et al.*, 1994).

A GSHPx-nek fontos szerepe van a ROS káros hatásainak kiküszöbölésében, elsősorban a mitokondriumban és a citoszolban, mivel a SOD működése során keletkező H_2O_2 -t H_2O -vá alakítja, miközben a GSH-t oxidálja (2. ábra) (Imai és Nakagawa, 2003).



2. ábra: Az enzimatisz antioxidáns rendszer sematikus ábrája: A szuperoxid aniont a SOD H_2O_2 -vé alakítja, melyet a CAT és a GSHPx bont tovább vízzé (Li *et al.*, (2000) és Pelyhe (2017) nyomán)

A GST enzimcsalád nem csak antioxidáns hatással rendelkezik, részben a GSH és az elektrofil xenobiotikumok bioszintetikus konjugációját katalizálja (Liu *et al.*, 1993). Ezen felül a

GSHPx-hez hasonló aktivitása van. A folyamat során legtöbbször a szerves hidroperoxidokat redukálja ko-szubsztrátként a GSH-t felhasználva. Így szelénhiányos állapotban a szelén-dependens GSHPx helyettesítője lehet (Rahman, 2007). A glutation redox rendszer elsődlegesen az enyhe oxidatív stresszel szemben hatékony, míg az erőteljesebb oxidatív hatások kiküszöbölésében a kataláz tölt be fontos szerepet és biztosítja a védelmet (Zoidis *et al.*, 2010; Matés, 2000).

A GSHPx enzimek az antioxidáns rendszer nélkülözhetetlen részei, fő feladataik közé tartozik a sejtmembrán és a citoszol, valamint a sejtorganellek oxidatív károsodással szembeni védelme. Feladatát más enzimekkel együttműködésben látja el. Így pl. a SOD hatására a szuperoxid anionból létrejövő H_2O_2 -t vízzé alakítja a GSH egyidejű oxidációja mellett (Imai és Nakagawa, 2003). A GSHPx elsősorban azokban a szövetekben található meg, amelyekben nagyarányú lehet a peroxid terhelés, így a vörösvérsejtekben, a májban, a tüdőben és a vesében (Chambers és Harrison, 1988). A máj GSHPx aktivitása és a GSH koncentrációja szoros és szignifikáns negatív korrelációt mutat a gerinces állatok maximális élettartamával (Lopez-Torres *et al.*, 1993). Emlősökben eddig nyolc fehérjét azonosítottak, melyek ehhez a családnak tartoznak. A GSHPx1-4 és GSHPx6 szelenociszteint, míg a GSHPx5 és a GSHPx7-8 ciszteint tartalmaznak (Labunsky *et al.*, 2014). Tapasztalat szerint azon izoformákban, ahol a szelenocisztein helyett cisztein szerepel az aktív centrumban rendkívüli módon lecsökken az enzim katalitikus aktivitása (Maiorino *et al.*, 1995; Guo *et al.*, 2014).

2.6.2. A takarmányozás és a lipidperoxidáció összefüggései

A szervezet lipidperoxidációs folyamataiban jelentős szerep tulajdonítható a takarmányfelvétellel bekerülő antioxidáns és prooxidáns hatású anyagoknak (Vajdovich, 1999). A receptúra összeállításakor – egyebek mellett – fontos a fehérjebevitelre odafigyelni, ugyanis csökkenésével a lipiperoxidációs folyamatokban részvevő enzimek szintézisében zavar keletkezhet. Az SH-csoportot tartalmazó cisztein (Brigham *et al.*, 1960; Niki *et al.*, 1985) és ennek alapanyagául szolgáló metionin központi szerepet töltenek be a szabadgyökök elleni védekezésben (Brot és Weissbach, 1983). Fontos megemlíteni, hogy a fehérjék biológiai hatékonyságát az oxidáló lipidek (pl.: metil-linolénsav) csökkentik, mert a lizin, a triptofán, a cisztein és részben a metionin értékesülését rontják (Nielsen *et al.*, 1985). A madarakban a máj GSH-tartalma 25-50%-kal alacsonyabb lehet, mint az emlősökben (Reed és Faris, 1984; Kretzschmar és Klinger, 1990; Wang *et al.*, 1997), valamint az életkorral a glutation koncentrációja emelkedik (Beers *et al.*, 1992; Entkvetchakul *et al.*, 1993). Wang és munkatársai (1998) bizonyították, hogy a brojlercsirkék vörösvérsejtjeiben a GSH koncentráció emelkedik az életkor függvényében. Ugyanakkor a vérplazma glutation-tartalmának 90%-a a hepatikus *sinusoid* kiáramlásból származik, így megfelelő indikátora lehet a hepatikus GSH státusznak (Lauterburg *et al.*, 1984).

Az *ad libitum* módon takarmányozott brojlercsirkék esetében a nagy zsírtartalmú (8,28%), többszörösen telítetlen zsírsavakban gazdag takarmányok etetése esetén alacsonyabb vérplazma GSH koncentrációt és GSHPx aktivitást mértek, mint kisebb zsírtartalmú (5,16%) takarmányokkal (Pál, 2009). Ez összefüggésben állhat azzal a tapasztalattal, hogy a többszörösen telítetlen zsírsavak prooxidánsként viselkedve megterhelik a brojlercsirkék antioxidáns védelmi rendszerét. Ez különösen a sok kettős kötést tartalmazó n-3-as hosszú szénláncú EPA és DHA esetében szembetűnő (Pál, 2009). Korábbi kísérletek szintén ezt a megfigyelést igazolják (D'Aquino *et al.*, 1991; Németh *et al.*, 2004).

Long és munkatársai (2019) arról számoltak be, hogy 2 és 4% pálmaolaj bekeverés esetén szignifikánsan csökkent a szérumban MDA-koncentrációja az etetés 21. napján, ugyanakkor az antioxidáns enzimek – a szuperoxid-diszmutáz és a GSHPx – aktivitása nem változott számottevően. Ezzel szemben Rafiei-Tari és munkatársai (2021) éppen ellentétes eredményről számoltak be. Ez összhangban van Bobadoye és munkatársai (2009) megállapításával, miszerint az MDA koncentráció fokozatosan növekedett a brojlercsirkék keveréktakarmányába kevert pálmaolajiszap² bekeverési arányának növekedésével. Feltételezések szerint a pálmaolaj-kiegészítés modulálhatja a pro- és anti-inflammatorikus citokinek közötti egyensúlyt, valamint korlátozottan hathat a brojlercsirkék antioxidáns státuszára, ennek előjele azonban nem egyértelmű.

Attia és munkatársai (2020) vizsgálatában a 1,5%-os kókuszolaj kiegészítés csökkentette a vérplazma MDA-t és az MDA:TAC arányt a halolaj-kiegészítést tartalmazó takarmányhoz viszonyítva. Hasonló eredményekről számoltak be Dong és munkatársai is (2018).

2.7. Közepesen hosszú szénláncú zsírsavak összefüggése egyes szervek, szövetek működésével

A takarmányozási eredetű biológiai hatások (pl. emésztést serkentő anyagok, antioxidánsok, toxinok, patogén mikroorganizmusok, immunstimuláns anyagok) iránt egyes szervek nagyobb kitettséget mutatnak. A legtöbb takarmányozási anomáliában érintett a máj, amely méregtelenítő funkciójából adódóan a szervezetbe bekerült káros anyagok ártalmatlanításának központi szerve. Így szinte minden takarmány eredetű hatás megjelenik a máj működésében. Emellett az immunrendszernek kiemelt szerepe van a takarmány eredetű biológiailag aktív anyagok metabolizációjában. Így az első védelmi vonalat jelentő bélcsatorna (elsődlegesen a vékonybél) szerepe elvitathatatlan. Szöveti felépítése a takarmánnyal érkező különböző biológiailag aktív anyagok és mikroorganizmusok hatására érzékenyen reagál. Emellett az immunszervek – mint pl. a tobozmirigy és a Fabricius-tömlő – is kiemelt jelentőséggel bírnak a takarmány eredetű biológiailag aktív anyagok hatásainak ellenőrzésében. Mindezek alapján az említett szervek szöveti felépítésének változásai fő indikátorai lehetnek a takarmányban jelenlévő biológiailag aktív anyagok hatásainak, legyen bár pozitív vagy negatív előjelű.

2.7.1. Máj (Hepar)

A máj a szervezet legnagyobb mirigye, elsődleges méregtelenítő funkciójának köszönhetően számos elváltozásnak és betegségnek kitett szerv. Károsodása lehet bakteriális eredetű. Így például a máj gyulladásáért többek között a madarak *paratyphusa* a felelős, melynek kiváltója a *Salmonella typhimrium* lehet. Gennyes májgyulladást okozhat pl. az *Escherichia coli*, amely a portális véráramba jutva az epevezetéken keresztül jelenik meg a máj állományában.

A májat károsító takarmány eredetű hatások között kiemelt jelentőséggel bírnak a. A trichotecén-vázis toxinok (T-2, HT-2, DAS, NIV, FX, DON) többek között növekedési depressziót, heveny májdystrophiát, ill. nekrozist okozhatnak (Fekete, 2009).

A máj egyik leggyakrabban előforduló anyagforgalmi zavarból adódó elváltozása a zsíros infiltráció, amelynek hátterében számos ok állhat (túltáplálás, hypoxia, szövetmérgek, a lipotrop faktorok hiánya, a szénhidrát-anyagforgalom zavara, az ionkoncentráció savas irányba történő eltolódása) (Dobos-Kovács, 2014). Felmerülhet a kérdés, hogy megváltoztatható-e a máj zsírsav-

² palm oil sludge = pálmazsír iszap, a gyártás végén visszamaradt anyag.

összetétele a takarmányozás révén. Erre irányuló kísérletekben az az általános tapasztalat, hogy különböző zsírforrásokat adagolva nem tért el számottevően a máj zsírsavprofilja. Így González-Ortiz és munkatársai (2013) is kimutatták, hogy az n-3 PUFA zsírsavakkal dúsított takarmány nem okozott jelentős változást a máj zsírsav-összetételében. Ugyanakkor 4% kókuszolaj kiegészítés hatására a hizlalás végére bár a testzsír-összetételben megnőtt az összes n-9 MUFA aránya az n-6 PUFA rovására, azonban a máj zsírsavprofiljának fő összetevőjét a SFA-k adták (Kanakri *et al.*, 2018).

2.7.2. Vékonybél (*Intestinum tenue*)

A vékonybél az epésbél, az éhbél és a csípőbél szakaszból áll. Fala háromrétegű (nyálkahártya, izomréteg, savóshártya). A nyálkahártyán találhatóak a bélbolyhok, melyek nyelv vagy levél alakúak és 0,5-1,5 mm hosszúak. A hámréteget (*epithem tunicae mucosae*) mikrobolyhok fedik (Fehér, 2000). Mivel ez a szerv kiemelt szerepet játszik a táplálóanyagok felszívódásában, ezért vélhetően minden takarmányozási tényező befolyásolja működését, szöveti felépítését.

A táplálóanyagok optimális emésztésének alapvető feltétele a bélbolyhok megfelelő fejlettsége (magassága, szélessége), valamint a bolyhok között kialakuló Lieberkühn-kripták mélysége. Ennek a struktúrának a fejlődésében és működésében alapvető szerepe van a takarmány táplálóanyag-összetételének. Így pl. hiányos energia- ill. fehérje-ellátás esetén csökken a felszívó felület (Incharoen *et al.*, 2010). A takarmány eredetű problémák primer támadáspontja a bélhám. Ehhez kapcsolódóan a leggyakrabban kialakuló válaszreakció a bélgyulladás, amely a táplálóanyagok hasznosításában és így a termelésben komoly gondot okoz. Ennek hátterében leginkább az áll, hogy bizonyos körülmények között – pl. takarmányozási fázisok váltásánál – jelentősebb mennyiségű emésztetlen táplálóanyag juthat el a vakbélig, ahol ezek az anyagok táplálóanyagként hasznosulhatnak a mikrobákban és egyes fajok, törzsek kontrollálatlan felszaporodását eredményezhetik. A fiziológiás retroperisztaltikával ezek a baktériumok visszajuthatnak az *ileum*-ba és a *jejunum*-ba, és endo- és exotoxinok termelésével diszbakteriózist és következményesen betegségeket okozhatnak (Bedford, 1995; Apajalahti és Bedford, 1999; Yegani és Korver, 2008). Az enteritis kialakulásának közvetlen okozói általában a különböző *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens* törzsek. Ezek az *epithel* sejtek leválását okozzák, ill. egyes törzsek endotoxinokat bocsátanak a bél lumenébe. Ennek következtében a bélfal mélyebb rétegei is elhalhatnak. Az endotoxinok felszívódás után eljuthatnak a májba, vesébe, szív- és vázizomzatba, ahol további szöveti elfajulást indíthatnak el (Dobos-Kovács, 2014). Takarmányozási szempontból ehhez a folyamatban fontos szerepe lehet a takarmány rosttartalmának ill. rost-összetételének. A baromfifélék rosttoleranciája gyenge. A vízben oldódó rostalkotók növelik a béltartalom viszkozitását, ezáltal csökkentik egyes takarmány-összetevők, például a fehérjék és zsírok emészthetőségét, ill. a megemésztett táplálóanyagok felszívódását a bélcsatornából. Bizonyított tény, hogy az oldható rostban gazdag takarmány-komponensek zsírbeépítésre gyakorolt depresszív hatása döntően ezen anyagok emészthetőséget csökkentő hatásával magyarázható. (Dublecz, 2011).

A takarmány nyersrosttartalma mellett az egyéb táplálóanyagok is hatással lehetnek a bélhám szerkezetére és ezen keresztül a táplálóanyagok hasznosításának hatékonyságára. Így például a takarmány zsírtartalma ill. annak összetétele meghatározza a zsírok emészthetőségét. Kísérleti tapasztalatok alapján a zsírok oldhatóságának növelésével változhat a bélmorfológia is. Ezzel hozható összefüggésbe az a tapasztalat, hogy a kedvezőbb emulgeálódó képességgel

rendelkező növényi olajok hatékonyabban hasznosíthatók, mint a nagyobb telített zsírsavhánnyal rendelkező zsiradékok. Azonban, ha ez utóbbiak mellé emulgeáló szereket is juttatnak a szervezetbe, akkor hasznosulásuk javul (Geng *et al.*, 2022). Azt is megfigyelték, hogy az emulgeálódás hatékonyságának növelése legalább részben a bélhám szerkezetének változásán keresztül hat, mivel a jejunumban egyértelműen megnő a villusok hossza és szélessége, összességében a felszívó felület (Gholami *et al.*, 2024).

A takarmány-összetétel mellett annak fizikai formája is hatással lehet a bélhám morfológiájára. Ariyadi és munkatársai (2019) megállapították, hogy a morzsázott és granulált takarmány kedvező hatást gyakorol a brojlercsirkék vékonybelének fejlődésére és hisztomorfológiájára. A bélbolyhok magassága és szélessége, valamint a Lieberkühn-kripták mélysége nagyobb volt a dercés keveréket fogyasztó madarak értékeinél. A magasabb boholy növeli a felszívódási felületet ezáltal hozzájárul az emésztőenzimek hatékony emésztő funkciójához és a táplálóanyagok hatékonyabb transzportját eredményezi a bolyhok felületén (Zang *et al.*, 2009; Yamauchi, 2002). Mindezek alapján a brojlercsirkék termelésének növekedése összefüggésbe hozható a vékonybél morfológia és a takarmány fizikai formája között fennálló kapcsolattal.

2.7.3. Fabricius-tömlő (*bursa Fabricii*)

A madarak egyik elsődleges immunszerve. A kloáka mellett található üreges szerv. Üreges hámsejtek bélelik, melyek hosszirányú nyálkahártyaráncokba rendeződnek. A tömlő *folliculusaiban* érnek a B-*lymphociták* és válnak immunglobulinok termelésére alkalmassá. Fejlődése a kikeléstől számított 3-4. hétig tart és erre az időre éri el maximális aktivitását, majd 3-4 hónap után elsorvad. Működését számos tényező befolyásolja az aktivitás időszakában, így beszámoltak a bursa érintettségéről fejlődési rendellenességek, vérkeringési zavarok, regresszív elváltozások, proliferatív elváltozások, gyulladások, akkomodációs jelenségek, élőködők és daganatok esetén is (Dobos-Kovács, 2014).

Takarmányozáshoz kapcsolódóan ezideig elsődlegesen a T-2 és egyéb trichotecénvázak mikotoxinok hatását írták le, amelyek a *bursa Fabricii*-ben lymphocita-depléciót okoznak (Fekete, 2009).

Irodalmi adatok alapján a takarmány zsírtartalma, ill. annak zsírsavprofilja fontos szerepet játszik a brojlercsirkék sejtes és humorális immunitásának optimalizálásában. (Attia *et al.*, 2020), így vélhetően a Fabricius-tömlő működésére is hatást gyakorol.

2.7.4. Magzatmirigy (*Thymus*)

A magzatmirigy a madarak fontos immunszerve a Fabricius-tömlő mellett. A nyak két oldalán a bőr alatti kötőszövetben található. Ez a 6-8 lebenyből álló füzérszerű szerv 8-15 mm hosszú. A csontvelőben képződött egyes *lymphociták* a *thymus folliculusaiban* alakulnak át T-sejtté. Ezek vesznek részt az ellenanyag-termelésben (Helper funkció) (Fehér, 2000).

Hasonlóan a Fabricius-tömlőnél leírtakhoz e szervben is megfigyelhető a limfocita deplécia egyes trichotecénvázak mikotoxinok takarmánnyal történő bevitele esetén (Fekete, 2009). Emellett egyes irodalmi források arról számolnak be, hogy egyes zsírforrások (pl. 1,5% kókuszolaj kiegészítés) szignifikánsan növeli a *thymus* kéregállományának vastagságát, ezzel együtt a teljes szerv tömegét és a testhez viszonyított százalékos arányát (Attia *et al.*, 2020).

2.8. Közepesen hosszú szénláncú zsírsavak és a mikrobiom összefüggései

A bél mikroflóra összetétele és a bélfal szöveti felépítése a bél egészségét meghatározó kulcselemek (Jeurissen *et al.*, 2002). A mikrobiótát alkotó mikroorganizmusok és az anyagcseréjük során felszabaduló metabolitok fontos szerepet játszanak a bélfal szöveti szerkezetének alakulásában, valamint, mivel a baromfiban a bélfal szerepe az immunválaszkészségben kiemelkedő, ezért a bélcsatornából érkező káros anyagokkal szembeni védelemben is kritikus jelentőséggel bírnak (Onrust *et al.*, 2015). Nemcsak a bélcsatornában élő mikroflóra, hanem a bélfal által termelt nyálkaréteg és a bélhám is kulcsfontosságú a bélbetegségekkel szembeni ellenálló képesség szempontjából (Jeurissen *et al.*, 2002). A bélnyálkahártya és a bélcsatorna ökoszisztémája egy összetett egység, amely több mint 640 baktériumfajt, több mint 20 hormonhatású anyagot tartalmaz, megemésztí és felszívja a tápanyagok túlnyomó részét (Choct, 2009). A brojlercsirkék bélmikroflórája baktériumokból, gombákból és protozoonokból áll. E mikroflóra döntően a csípőbélben és a vakbélben lokalizálódik, ahol körülbelül 10^9 , illetve 10^{11} CFU/g-ot érnek el (Yegani és Korver, 2008). Az eubiotikus (egészséges állatra jellemző) bélfóra fő alkotói: *Firmicutes*, *Proteobacteria* és *Bacteroidetes*. Ezeken kívül az *Actinobacteria*, *Tenericutes*, *Cyanobacteria* és *Fusobacteria* tagjai is kis mennyiségben jelen lehetnek (Pourabedin és Zhao, 2015). A bélrendszer különböző részeiben eltérő nemzetségek vannak jelen. A begy, a zúzógyomor, valamint a duodenum hasonló összetételű mikrobiótával rendelkezik. Itt akár 99%-os jelenléttel a *Lactobacillus* nemzetség található meg (Gong *et al.*, 2007; Sekelja *et al.*, 2012). A vékonybélben általánosságban a *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Turicibacter*, *Clostridium sensu stricto* és a *Clostridium* XI klaszter dominanciája jellemző, de megtalálható az *Escherichia coli* vagy a *Proteobacteria* törzsből származó *Helicobacter* is. Ez utóbbiak túlzott elszaporodása a csirke teljesítményének romlásával jár (Kollarcikova *et al.*, 2019). A jejunumban elsősorban a *L. salivarius* és a *L. aviarius* (Gong *et al.*, 2007; Feng *et al.*, 2010) uralkodik. Ettől az ileum mikrobiális összetétele kis mértékben eltér és kevésbé stabil. Az ileumban megtalálható főbb nemzetségek a *Lactobacillus*, *Candidatus Arthromitus*, *Enterococcus*, *Escherichia coli/Shigella* és a *Clostridium* XI (Pourabedin és Zhao, 2015, Wei *et al.*, 2016). Gong és munkatársai (2007) szerint a vakbélben elsősorban a *Clostridium* nemzetség az uralkodó, de jelen van a *Lactobacillus* és a *Ruminococcus* nemzetség is. Más irodalmi feljegyzés szerint a három fő család a *Clostridiaceae*, *Lachnospiraceae* és *Ruminococcaceae* (Danzeisen *et al.*, 2011), továbbá jelen van még az *Enterococcaceae*, az *Enterobacteriaceae* és a *Bacteroidaceae* (Yin *et al.*, 2009). Fontos sajátosság, hogy a vakbél flórája sokkal gazdagabb, mint a bélrendszer többi részében, benne több eddig ismeretlen és besorolatlan alkotóval. Eddigi vizsgálatok alapján azonban leginkább a *Bacteroides fragilis*, *L. crispatus*, *L. johnsonii*, *L. salivarius* és *L. reuteri* törzseknek van jelentősége, amelyek több mint 40%-át is kiteheti a vakbél mikrobiótának (Stanley *et al.*, 2015).

Egy egészséges állat bélrendszerében jelenlévő hasznos és káros baktériumok között egyensúly áll fenn, és a köztük kialakuló szimbiotikus, ill. rivalizáló kölcsönhatások is befolyásolják ennek dinamikáját (Williams *et al.*, 2001).

A mikrobiom összetételét, fajgazdagságát és egyensúlyi állapotát számos környezeti tényező befolyásolja. Ezek között jelen dolgozat témájához kapcsolódóan fontos megemlíteni a rövid és közepesen hosszú szénláncú zsírsavak antimikrobiális hatását. Az eddigi kutatási eredmények alapján ennek hátterében e savak specifikus amfifil kémiai szerkezetük áll. Így feltehetően képesek a sejtmembrán ill. a bakteriális sejtfal károsítására, ami intracelluláris anyagok kiszivárgásához és baktériumok pusztulásához vezet (Kim és Rhee, 2013; Kim és Rhee, 2016). Ennek pontos

mechanizmusa ugyan még nem ismert, de úgy tűnik, hogy a baktériumok e hatással szemben nehezen tudnak védekező mechanizmust kialakítani (Hurdle *et al.*, 2011; Mingeot-Leclercq és Decout, 2016; Mishra *et al.*, 2017). A széles hatásspektrum és a biztonságos és környezetbarát tulajdonságok miatt folyamatosan nőtt e zsírsavak ilyen célú felhasználása az 1970-es évektől az állategészségügyi, takarmányozási és élelmiszeripari területeken egyaránt (Desbois és Smith, 2010; Hovorkova *et al.*, 2018). A laurinsavnak és a monolaurinnak (más néven glicerol-monolaurátnak) kimutathatóan jelentős antimikrobiális hatása van Gram-pozitív baktériumokkal, számos gombával és vírussal szemben (Dayrit, 2015). Ily módon felvetődik annak a lehetősége, hogy ezek a zsírsavak beavatkozhatnak a bélflóra összetételének egyensúlyába és ezen keresztül a táplálóanyagok hasznosításának hatékonyságát, a bélrendszer egészséges működését is befolyásolhatják.

2.8.1. A legfontosabb patogén baktériumok a baromfiban

A baromfitartásban számos patogén baktérium okozhat komoly nehézségeket. Ezek közül dolgozatomban csupán a három legkritikusabb mikroorganizmust szeretném kiemelni.

A salmonellózis a baromfi és ezen belül a brojlercsirke esetében is az egyik leggyakoribb bakteriális eredetű megbetegedés. Elsősorban a *Salmonella typhimurium* és a *Salmonella enteritidis* kapcsán ismert, hogy képesek súlyos tünetekkel (szervi invázió, hasmenés és ebből következő dehidratáció, növekedésbeni elmaradás, anorexia, elhullás) járó megbetegedést okozni a fiatal madarakban. Egyes *S. enteritidis* törzsek azonban képesek szubklinikai krónikus fertőzéseket kialakítani elsősorban tojó és tenyészállatokban, sőt az utóbbiak a petefészken keresztül az utódokra is átvihetik a fertőzést (Imre, 2007), nehezítve ezzel a mentesítés folyamatát.

A *Clostridium perfringens* természetes alkotója a baromfi intestinális flórájának és akár 10^5 CFU/g mennyiségben is jelen lehet az egészséges állat szervezetében. Ugyanakkor 10^6 - 10^8 CFU/g-ra felszaporodva súlyos elváltozásokat, nekrotikus enteritist okozhat (Mora *et al.*, 2020).

Az *Escherichia coli* a bélcsatornában rendszeresen jelen van és kontrollált szaporodás esetén nem okoz problémát sem az állat, sem az állati terméket fogyasztó ember számára. Opportunista természetéből adódóan azonban stressz hatására rendkívül gyors szaporodásra képes, és ilyen körülmények között megbetegedéseket, akár elhullást okozhat az állományban. A colibacillosis tünetei rendszerint nem specifikusak, változatosak függően az állat életkorától és az esetleges kísérő betegségektől. Leggyakrabban hasmenés, borzolt tollak, csökkent étvágy, depresszió jelentkezik.

2.8.2. MCFA a patogén mikróbák ellen

Ahogy az a 2.8. fejezetben korábban már említésre került a közepesen hosszú szénláncú zsírsavak antimikrobiális hatásuk révén új generációs adalékanyagként jó potenciállal rendelkezhetnek a salmonellafertőzés visszaszorításában. Ezt a hatást támasztja alá az a tapasztalat, hogy MCFA-kal kiegészített keveréktakarmánnyal etetett brojlercsirkékben a vakbélben előforduló Salmonellák gyérülése volt megfigyelhető. A vizsgálatban a napos csibéket megfertőzték, majd a 21., 35. és 42. életnapon vizsgálták a Salmonellák jelenlétét (Chotikatum *et al.*, 2009).

A közepesen hosszú szénláncú zsírsavak hatékonyak lehetnek a clostridiumok elszaporodásának megelőzésében is. Kaprinsavval és laurinsavval végzett kísérletben például úgy tapasztalták, hogy hatásukra csökken a *Clostridium perfringens* száma a jejunum-ban és az ileum-ban (Jansman *et al.*, 2006).

Loung és munkatársai (2014) szűz kókuszolajjal és pálmamagolajjal végeztek vizsgálatokat és eredményeik arra utaltak, hogy e zsírforrások *Escherichia coli* és *Salmonella typhimurium* fertőzés esetében ugyan gyenge, de egyértelmű antibakteriális hatást mutattak, amely hatás a dózis növelésével és az olajok hidrolizálása esetén erősödik.

A kókuszolajban található laurinsavat önmagában is vizsgálták és arra a megállapításra jutottak, hogy már 5%-os koncentrációban gátolhatja számos patogén, többek között a *Salmonella typhimurium* és az *Escherichia coli* baktériumok szaporodását. Ebben az esetben is megállapították, hogy a nagyobb koncentráció jobb eredményt mutat (Nitbani *et al.*, 2016). Ez a vizsgálat in vitro körülmények között történt, így az eredmény nem összehasonlítható az üzemi körülmények között végzett vizsgálatokkal és modellállatokkal.

A pálmaolaj és a pálmamagolaj antibakteriális hatását vizsgálva megállapították, hogy a *Elacis guineensis dura* és *tenera* fajtákból nyert olajok nem gátolták a különböző patogén mikroorganizmusokat. A vegyes elegy azonban minimálisan gátolta az *E. coli* szaporodását (Ekwenye és Ijeomah, 2005). Egy tanulmány az MCFA tyúk takarmányozásban történő felhasználásával foglalkozott, ahol 1,2%-os kaprilsav és kaprinsav kiegészítést alkalmaztak más zsírsavakkal kombinálva. A vizsgálat kiterjedt a tojástermelés intenzitására, tojáshéj-szilárdságra, a vér kalcium-koncentrációjára és az ürülék *Lactobacillus* és *E. coli* tartalmára. Az MCFA-val etetett tojótyúkokban a chymusban megnövekedett a *Lactobacillusok*, miközben csökkent az *E. coli* száma a 30. és 35. héten. A 0,05%, 0,1% és 0,2% MCFA-val etetett tojótyúkok ürülékében magasabb *Lactobacillus*-tartalmat mértek (7,8-7,95 log₁₀ cfu/g), mint azoknál, amelyek nem kaptak (7,59 log₁₀ cfu/g) kiegészítést. Eközben a két nagyobb dózis esetében az ürülék kevesebb *E. coli*-t tartalmazott (5,8-5,9 log₁₀ cfu/g), a kontrollhoz (6,1 log₁₀ cfu/g) viszonyítva (Lee *et al.*, 2015).

Egy átfogó vizsgálat keretében különböző közepesen hosszú zsírsavak antimikrobiális ill. bakteriosztatikus hatásait tanulmányozták. Ennek eredménye alapján a kaprinsav 5 mg/ml dózisban gátolta az *E. coli* törzsek szaporodását. A *Cl. perfringens* szaporodását a közepes szénláncú zsírsavak (mirisztinsav, laurinsav) gátolták, de hatékony volt etekintetben a laurinsav monogliceridje (3 mg/ml koncentrációban) is.

A kapril és a laurinsav antibakteriális hatása leginkább a citoplazmatikus membrán struktúrák károsodásának köszönhető, miközben a sejtmembrán integritása megmarad, azaz bakteriosztatikus hatásukat nem a sejtmembrán permeabilitásának megváltoztatásával érik el, mint azt korábban feltételezték (Skrivanova *et al.*, 2006).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Kísérleti állatok, tartás- és takarmányozás-technológiájuk

A vizsgálatra a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet, Takarmánybiztonsági Tanszékének kísérleti telepén került sor Cobb 500 hibrid kakasokkal.

Az állatvédelmi előírások a 40/2013. (II. 14.) Korm. rendelet az állatkísérletekről, 1.§ 4. bekezdés d. az elismert állattartási gyakorlatra vonatkozó pontja értelmében jelen vizsgálatra nem terjed ki. Valamint a rendelet 2.§ 11 pontja szerint megfelel az „elismert állattartási gyakorlat” -nak, amelyet a rendelet a következőképpen definiál: „az állatok tenyésztése vagy tartása során rutinszerűen alkalmazott minden olyan eljárás, mely az állat szaporítását, valamint jólétének és megfelelő egészségi állapotának ellenőrzését és fenntartását szolgálja.” A munkahelyi állatjóléti bizottság által kiállított határozat száma MATE-MKK-2020/21.

Az állatokat 1 m² hasznos alapterületű ketrecekben tartottam. A vizsgálat során nem léptem túl a 32/1999. (III. 31.) FVM rendelet 7. sz. melléklete a 2007/43/EK Tanácsi Irányelv szabályozásban foglalt 33kg/m² állatsűrűséget.

A vizsgálatba 240 egyedet vontam be. A csoportkialakítás a 14. életnapon történt. Az állatokat 5 csoportba soroltam, csoportonként két rekeszben egyenként 24-24 állatot helyeztem el, ügyelve arra, hogy átlagos testsúly minden rekeszben hasonló legyen. A csoportjelöléseket ennek megfelelően az alábbiak szerint alakítottam ki:

K – kontroll csoport,

KO (**K**ókusz**O**laj) – 5%-os kókuszszír kiegészítés,

PO (**P**álma**O**laj) – 5%-os pálmazsír kiegészítés,

KOPO (**K**ókusz**O**laj és **P**álma**O**laj) – 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés,

NO (**N**apraforgó**O**laj) – 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

A csoportok takarmányozása teljes értékű, dercés, intenzív brojler csirke nevelő keveréktakarmánnyal (Vitafort Zrt.) történt, amelynek garantált táplálóanyag-tartalmát a 8. táblázat tartalmazza. A 14.-21. életnap között, a szoktatási időszakban minden csoport a kontroll takarmányt kapta. A 21. életnapon kezdődött meg a kísérleti takarmányok adagolása, amelyekhez a megfelelő zsír- és olaj-kiegészítést 5%-os arányban adagoltam. Az NO csoportot a vizsgálatban pozitív kontrollként kívántam megfigyelni.

8. táblázat: A kontroll keveréktakarmány garantált táplálóanyag-tartalma

Táplálóanyag	Mennyiség
Nedvesség max.	12,50%
Nyersfehérje min.	19,34%
ME baromfi min.	10,69 MJ/kg
Nyersrost max.	4,10%
Nyerszsír min.	2,90%
Kalcium min.	1,02%
Foszfor min.	0,70%
Nátrium min.	0,15%
Hozzáadott P	0,28%
A-vitamin	10050 NE/kg
D-3 vitamin	3015 NE/kg
E-vitamin	34 mg/kg
Lizin min.	0,95%
Metionin min.	0,45%
Hozzáadott Met.	0,12%
Nyershamu	7,40%

A takarmány és az ivóvíz *ad libitum* állt az állatok rendelkezésére.

Az állatok mélyalmos tartásmódban voltak elhelyezve a kísérletben. Alomanyagként puha faforgácsot használtam.

A kísérleti időszakban a technológiai leírásnak megfelelő világítási programot alkalmaztam (9. táblázat).

9. táblázat: Világítási program (Cobb, 2021)

Nap	Világos fázis	Sötét fázis
1-5. életnap	23 óra	1 óra
6. életnap	20 óra	4 óra
7. életnap	19 óra	5 óra
8. életnap	18 óra	6 óra
9. életnap	17 óra	7 óra
10. életnap	16 óra	8 óra
34-42. életnap	21 óra	3 óra

A kísérletben elvégzett egyes vizsgálatok elemzését önálló alfejezetekben írtam le.

3.2. A kísérleti takarmányok kiegészítése zsírokkal és olajjal – takarmányvizsgálatok

3.2.1. A kísérleti takarmányok kiegészítése zsírokkal és olajjal

A kísérletben felhasznált nem hidrogénezett kókusz- és pálmazsír (PalmFood, Budapest) szobahőmérsékleten szilárd halmazállapotú. Így a takarmányba történő bekeveréshez fel kellett olvasztani. Ennek érdekében a zsírok tárolóedényeit 43,7-50°C közötti meleg vízfürdőbe helyeztem és lassan keverve melegítettem fel. A napraforgóolaj (NT Kft., Kiskunfélegyháza) esetében nem volt szükség előkészítésre. A már folyékony zsírokat és olajat először 1:5 arányban

kevertem el a dercés takarmánnyal, majd az így elkészült keveréket további 1:4 arányban elegyítettem a dercés takarmánnyal.

A kontroll és a kísérleti takarmányokból egyaránt mintát vettem a 44/2003. (IV. 26.) FVM rendelethez tartozó 11. számú melléklet előírásai szerint további kémiai analízis céljából.

3.2.2. A kísérleti takarmányok táplálóanyag-tartalmára vonatkozó vizsgálatok

A takarmányok nyers táplálóanyag-tartalmának meghatározásához Weendei analízist végeztem a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet, Takarmánybiztonsági Tanszék laboratóriumában. A laboratóriumban a Magyarországon érvényben lévő szabványok alapján dolgoztam, melyeket a továbbiakban részletezek.

Az MSZ ISO 6496:2001 szabvány alapján a nedvességtartalom meghatározásra került, a további vizsgálatokat légszáraz takarmányon végeztem.

A nyersfehérje-tartalmat makro Kjeldahl-módszerrel határoztam meg a MSZ 5983-2:2009 szabványnak megfelelően: a kénsavas roncsolást és a képződött ammóniumsó NaOH-os desztillálást követően a képződött ammónia mennyisége kénsavval titrálva került megállapításra.

Az MSZ EN ISO 11085:2015 szabványnak megfelelően a nyerszsír mennyiségét n-hexános kivonással mértem Soxhlet-féle extrahálóban.

A tömegveszteség alapján, amelyet a takarmányminta kénsavas és kálium-hidroxidos főzését követő hamvasztás után tapasztaltam számítottam a takarmány nyersrost-tartalmát a MSZ EN ISO 6865:2001-nek megfelelően.

A nyershamu meghatározása a minta láng nélküli elhamvasztásával történt (152/2009/EK rendelet III. M melléklet).

Az N-m.k.a. (nitrogén-mentes kivonható anyagok) mennyiségét a szárazanyag-tartalom és a nyersfehérje, nyerszsír, nyersrost, nyershamu mennyiségének különbségeként számoltam ki.

A keményítő mennyiségének meghatározására a minta savas hidrolízisét követően, a felszabaduló cukrok polarimetriás mérését végeztem el (152/2009/EK rendelet III. L melléklet).

A cukortartalom mérésére független laboratóriumban (Vitafort-Labor Kft.) került sor a 152/2009/EK r.III. m. J módszer alkalmazásával.

A mért táplálóanyag-tartalom alapján metabolizálható energia mennyiségét a jelenleg elfogadott képlettel (Takarmánykódex, 2004) számítottam ki.

$$ME \left(\frac{MJ}{kg} \right) = 0,1551 \times \text{nyersfehérje} + 0,3431 \times \text{nyerszsír} + 0,1669 \times \text{keményítő} + 0,1301 \times \text{cukor}$$

Meghatároztam a kísérletben használt zsírforrások és a takarmányminták zsírsavösszetételét is. A vizsgálatokat egy független laboratórium (EUROFINS Food Analytica Kft. Laboratórium, Gyula) végezte az MSZ EN ISO 12966-4:2015 vizsgálati módszernek megfelelően.

3.3. Termelési paraméterek mérése és számítása

A mérések az állatok 21., 28., 35. és 42. életnapján, a kísérlet szerinti 0., 7., 14. és 21. napon történtek. Minden mintavételi napon mértem az összes egyed testtömegét. A takarmánybemérés napi szinten történt függesztett önetetőkhöz, majd a heti mérlegelés során visszamértem az etetőkből a takarmányt és ezen adatok alapján kalkuláltam a heti takarmányfogyasztást. Az adatokat csoportonként g/egyed dimenzióban vizsgáltam.

A testtömeg adatokból számítottam az átlagos napi egyedi testtömeg-gyarapodást. A takarmányfogyasztási és testtömeg-gyarapodási adatokból számoltam az átlagos takarmány-értékesítést is.

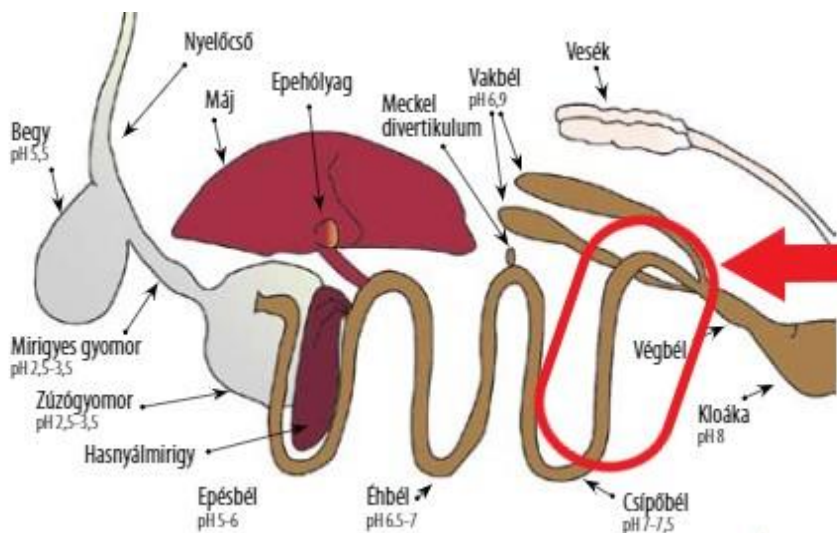
A kísérlet során naponta rögzítettem az elhullást. Ennek alapján kiszámoltam az életképességi százalékot.

A kísérlet során történt laboratóriumi vágások alkalmával további vizsgálatokra egyes szerveket és húsrészeket a 3.4. fejezetben részletezett módon mintáztam. Mértem a máj-, a lép-, a szív-, a *bursa Fabricii*-, valamint a jobb és a bal oldali mellfilé tömegét. Az eltérő testméretből adódó eltérések kiküszöbölése érdekében meghatároztam a szervek és a mell relatív tömegét az alábbi képlet alapján:

$$\text{Relatív tömeg (\%)} = \frac{\text{szerv vagy mell tömeg}}{\text{élőtömeg}} \times 100$$

3.4. A mintagyűjtés módszere

Az első mintavétel (28. életnap) alkalmával csoportonként 8 egyedet (4 egyed/fülke) extermináltam. Ezt követően a mintavételekre hetente került sor, a második mintavétel a 35. életnapon, a harmadik mintavétel a 42. életnapon történt meg. Az egyedekből vér, *post mortem* mintáztam a májat, lépét, szívet, *bursa Fabricii*-t, *Thymus*-t, vesét, vékonybelet (a csípőbél distalis, a vakbelek hosszának megfelelő szakaszát (3. ábra), valamint a teljes mellizmot gyűjtöttem. A mintavétel normál vágóhídi folyamatnak megfelelő zsigerezés során történt.



3. ábra: Mintázott csípőbél szakasz (piros körrel és nyíllal jelölt terület) (Szijjártó, 2014)

3.4.1. Vérminták gyűjtése és kezelése

Az állatok leölése minden esetben a 40/2013. (II. 14.) Korm. rendelet III/A. fejezet 14.§ 4. pontjában foglalt kivéreztetéssel történt. A vérmintákat minden egyedből a nyaki érkomplexből (*aa. carotis ext. et int., v. jugularis*) vettem. A mintavételi csövek véralvadást gátló tartalmúak 0,2 mol/L EDTA-Na₂ 0,05 ml/ml vér mennyiségben.

A biokémiai vizsgálatokhoz a vérplazmát a vérben található alakos elemektől 2500 rpm centrifugálással választottam el. A centrifugálást 15 percig végeztem. A vérplazmát pipettával szívtam le, majd a vörösvérsejteket fiziológiás sóoldattal (0,65% w/v NaCl) mostam, ezt követően

1:9 (v/v) arányú bidesztillált vízzel hemolizáltam. A vörösvérsejt-hemolizátum és vérplazma minták egy részét -18°C-on, másik részét -72°C-on tároltam a felhasználásig.

3.4.2. Szövetminták gyűjtése és kezelése

A szövetmintákat *post mortem*, zsigerelés során vételeztem. A vese, szív, lép, *Thymus* és *bursa Fabricii* esetében az egész szervet eltávolítottam. A vékonybél mintákat a csípőbél distalis területéről, a vakbelekkkel párhuzamosan futó szakaszt távolítottam el. A májminták a máj nagy lebenyének *caudalis* oldalán, a vérér-komplexum alatti területéről kerültek kimetszésre. A máj, vékonybél, *Thymus* és *bursa Fabricii* mintákat 10% (v/v) formaldehid oldatban tároltam a felhasználásig. További májmintákat, a lépet, illetve a vesét -18°C-on, illetve -72°C-on tároltam a felhasználásig.

3.4.3. Alomminták gyűjtése és kezelése

Az alommintákat hetente, a betelepítéskor, ezt követően pedig az exterminálások előtt vételeztem. Minden fülkéből 10 egyedi mintát vettem, amelyekből elegymintát készítettem. Arra törekedtem, hogy minden fülkében azonos helyről (etető, itató környezetéből) történjen az egyedi minták gyűjtése, valamint arra, hogy az egyedi mintákban domináljon az ürülék mennyisége, azaz minél kevesebb alomanyag kerüljön bele. A mintákat steril vizeletes pohárba gyűjtöttem feliratoztam, majd a vizsgálatig hűtve tároltam. Az alommintákból mikrobiológiai vizsgálat történt.

3.5. Húsminőség vizsgálati módszerek

3.5.1. pH mérés

A pH méréshez HANNA HI 99163 típusú szúrószondás pH mérőt használtam. Az exterminálást követő 45. percben és a 24. órában történt a pH mérése. Az elektródát a jobb oldali mellfilé *cranialis* részébe szúrtam mindkét mérés alkalmával, de nem ugyanarra a helyre. Az eredményeket rögzítettem a későbbi kiértékeléshez.

3.5.2. Színmérés

A mellminták szín-meghatározását reflektancia spektrometriás módszerrel állapítottam meg. Ehhez Minolta CR 410[®] típusú Chromametert használtam a vágást követő 24. órában. A minták színmérését friss metszéspelületen végeztem. A műszer a hús színét L*a*b* színrendszerben a minta világosságát, vörös, ill. sárga színintenzitását adja meg. A kapott eredmények alapján meghatároztam a ΔE^*_{ab} értéket az alábbi képlet szerint:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

A ΔE^*_{ab} érték segítségével összehasonlítottam a fogyasztói szempontoknak megfelelően a vizualizálható különbségeket (Lukács, 1982) a 10. táblázat alapján. A ΔE^*_{ab} érték számítás során csak a harmadik vágás eredményeit használtam fel.

10. táblázat: ΔE^*_{ab} érték kategóriái (Lukács, 1982)

$\Delta E^*_{ab} \leq 0,5$	Nem érzékelhető.
$0,5 < \Delta E^*_{ab} \leq 1,5$	Alig észrevehető.
$1,5 < \Delta E^*_{ab} \leq 3,0$	Észrevehető.
$3,0 < \Delta E^*_{ab} \leq 6,0$	Jól látható.
$6,0 < \Delta E^*_{ab}$	Nagy.

3.5.3. Csepegési veszteség

A csepegési veszteség méréséhez a kis mellizmot (*pectoralis minor*) használtam fel, és Honikel módszerét alkalmaztam (Honikel, 1998). A minták tömegét lemértem, majd az egyed saját jelölőjével ellátva rögzítettem a hűtőrácsra. 24 órás hűtve tárolást (+4 °C) követően ismét lemértem a tömegét. A kapott adatokból számítottam ki a csepegési veszteséget.

$$\text{Csepegési veszteség (\%)} = \frac{\text{Csepegési veszteség (g)}}{\text{Induló tömeg (g)}} \times 100$$

3.5.4. Konyhatechnikai veszteségek meghatározása

A mellmintákat 35 napig fagyasztva tároltam majd mértem a fagyott tömeget. Ezt követően a mintákat szobahőmérsékleten (22°C) olvasztottam ki és ismét megmértem a tömegét. Végül a húst kontakt grillsütőben (Russel Hobbs) 72°C-os maghőmérsékletig sütöttem. A maghőmérséklet ellenőrzéséhez Voltcraft Detir maghőmérőt használtam. Közvetlenül a sütés után mértem a sült tömeget, majd a szobahőmérsékletre (22°C) való hűlést követően a hűlt tömeget. Ebből a 4 adatból számítottam ki a kiolvadási-, sütési- és a hűlési veszteséget.

$$\text{Kiolvadási veszteség (\%)} = 100 - \left(\frac{\text{Kiolvadt minta tömege (g)}}{\text{Fagyott minta tömege (g)}} \times 100 \right)$$

$$\text{Sütési veszteség (\%)} = 100 - \left(\frac{\text{Sült minta tömege (g)}}{\text{Kiolvadt minta tömege (g)}} \times 100 \right)$$

$$\text{Hűlési veszteség (\%)} = 100 - \left(\frac{\text{Kihűlt minta tömege (g)}}{\text{Sült minta tömege (g)}} \times 100 \right)$$

3.5.5. Nyíróerő érték meghatározása

A vizsgálathoz a 3.5.4. fejezetben leírt módon megsütött és kihűlt mellmintákból a mell hosszanti vonalát figyelembe véve az izom medialis élétől egy centiméterre, az izomrostok lefutásával párhuzamosan vágtam ki az 1x1 cm² keresztmetszetű hasáb formájú próbatestet. A nyíróerő méréséhez TA.XT PLUS készüléket használtam, amelyen egy 1,2 mm vastagságú Warner-Bratzler pengét rögzítettem. A készülék 250 mm/perc sebességű egyenes vonalú, egyenletes mozgással vágta át a próbatesteket. Egy próbatesten 5 vágást végeztem. A Texture Exponent 32 program segítségével azt a legnagyobb erőt mértem, amely a próbatest teljes keresztmetszetének átvágásához szükséges (kg/s).

3.5.6. Tápanyag-tartalmi paraméterek meghatározása

A mellminták tápanyag-tartalmát Dickey-John Instalab 600 NIR Product Analyzer készülékkel mértem. Ehhez a fagyasztott mintákat szobahőmérsékleten kiolvastottam, majd homogenizáltam. A homogenizátumot a készülékhez tartozó küvettába simítottam ügyelve arra, hogy egyenletes felületet képezzen és így helyeztem be a gépbe, amely automatikusan végezte el a mérést és tömegszázalék formájában adta meg a minta nedvesség-, fehérje- és zsírtartalmát.

3.5.7. Zsírösszetétel meghatározása

A mellminták zsírösszetételét független laboratórium végezte (EUROFINS Food Analytica Kft. Laboratórium, Gyula) az MSZ EN ISO 12966-4:2015 vizsgálati módszernek megfelelően.

3.6. Biokémiai módszerek

A biokémiai paraméterek méréséhez a szövetmintákból a mérést megelőzően homogenizátumot készítettem 1:9 arányú hideg (+4°C-os) 0,65% (w/v) fiziológiás sóoldattal, Ultra Thurrax homogenizátor (8000 rpm) segítségével. A homogenizátumban mértem az MDA koncentrációt. Majd a homogenizátumot centrifugáltam (10000 rpm, +4°C) és a szupernatáns frakcióban mértem a glutation-peroxidáz aktivitást, a redukált glutation-koncentrációt, valamint a fehérjetartalmat (Mézes, 1999).

3.6.1. A konjugált dién és -trién tartalom meghatározása

A konjugált dién és trién tartalmat a májból az AOAC (1984) módszere szerint határoztuk meg. A módszer lényege, hogy a minta lipidtartalmának 2,2,4-trimetil-pentánnal történt extrakcióját követően a konjugált diének abszorbanciája 232 nm-en, míg a -triének abszorbanciája 268 nm-en mérhető.

3.6.2. A tiobarbitursav-reaktív anyagok (MDA) mennyiségének mérése

Az MDA-tartalom meghatározását vérplazmában, vörösvérsejt-hemolizátumban és máj szövet natív homogenizátumában mértem Placer és munkatársai (1966) által kifejlesztett, majd Matkovics és munkatársai (1988) által továbbfejlesztett módszer alapján. A módszer azon az elven alapul, hogy az MDA tiobarbitursavval savanyú közegben és magas hőmérsékleten sárgászöld színű komplexet képez. 1 rész tiobarbitursav oldathoz 3 rész 10%-os triklór-ecetsav oldatot adagoltam. 0,25 ml mintát 2,25 ml reagens oldattal elegyítettem, majd 100 °C vízfürdőben lezárt csövekben 20 percig tartottam. A lehűtés gyorsan hideg vízben történt, ezt követően 2500 rpm sebességen 5 percig centrifugáltam. A felülúszóból végeztem el a mérést a reagens vakkal (0,05 ml fiziológiás sóoldat és 2,25 ml reagens) szemben. A fotometrálas 535 nm-en történt.

3.6.3. A GSH-koncentráció meghatározása

A GSH tartalom meghatározását vérplazmában, vörösvérsejt-hemolizátumban és máj szövet homogenizátumának szupernatáns frakciójában mértem (Sedlak és Lindsay, 1968). A módszer alapja a glutation szabad SH-csoportjának szulfhidril-reaktív anyaggal való reakciója. A méréshez 10%-os TCA oldatot, Tris puffert (0,4 mol trisz-hidroximetil aminometán, HCl-al (hidrogén-klorid) beállítva 8,9 pH) és DTNB oldatot (250 µmol 5,5-dithiobis-2 nitrobenzoesav oldva 25 ml abszolút metanolban) használtam. 0,1 ml mintához 0,4 ml TCA oldatot adtam a fehérje kicsapása érdekében. Centrifugálást 10000 rpm sebességen 3 percig végeztem. 0,05 ml felülúszóhoz 1 ml

Tris puffert és 0,05 ml DTNB oldatot kevertem. A keveréket 5 percen át szobahőmérsékleten hagytam állni. A fotometráls 412 nm-en történt desztillált vízzel, mint vak mintával szemben.

3.6.4. A GSHPx-aktivitás meghatározása

A GSHPx aktivitást vérplazmában, vörösvérsejt-hemolizátumban és máj szövet homogenizátumának szupernatáns frakciójában mértem (Matkovics *et al.*, 1988). A módszer azon az elven alapul, hogy a reaktív oxigéngyökök jelenlétében a GSH az enzim közreműködésével GSSG-vé oxidálódik. A vizsgálathoz felhasználtam Tris HCl puffert 50 mM pH 7,6 (6,057 g Trisz-hidroximetil-aminometán, 0,372 g EDTA-Na₂, 3,90 ml c.c HCl, bidesztillált víz), GSH oldatot (6 mg GSH ad 10 ml puffer), CHPO oldatot (5 µl kumene-hidroperoxid ad 10 ml puffer), 10%-os triklórecetsavat, Tris puffert 0,4 M pH 8,9 (48,46 g trisz-hidroximetil aminometán ad 1000 ml, cc. HCl oldat beállítás a 8,9-es pH értékre) és DTNB oldatot (0,099 g 5,5-dithiobis-2 nitrobenzoesav, 25 ml abszolút metanol). A mérés során 10 perc szobahőmérsékleten történt inkubációt követően TCA puffert használtam a fehérjék kicsapására. A csapadékot 2500 rpm sebességen 5 perces centrifugálással ülepítettem ki. A felülúszóból 1,0 ml mintát 0,4 M Tris pufferrel, valamint a DTNB oldattal elegyítettem. 5 percig hagytam szobahőmérsékleten állni, majd 412 nm-en fotometráls végeztem vízzel szemben. Az enzimaktivitást egységben fejeztem ki, amely 1nM glutation oxidációját jelenti percenként a használt rendszerben 25°C-on. Az enzimaktivitást a minták 10000g szupernatáns fehérjetartalmára vonatkoztatva adtam meg. A minták fehérjetartalmát a vérplazma és a vörösvérsejt-hemolizátum esetében Biuret reakcióval (Weichselbaum, 1946), a máj homogenizátum esetén Folin-fenol reagens fehérjével adott színreakciójának felhasználásával (Lowry *et al.*, 1951) mértem.

3.6.5. A vérplazma koleszterin koncentrációjának meghatározása

Az Kol (koleszterin) koncentrációjának mérését enzimátikus reagenskészlet (Diagnosticum, Magyarország) segítségével határoztam meg, melynek menete az Allain és munkatársai (1974) által kifejlesztett módszeren alapul. A mintában lévő koleszterin-észtereket a koleszterin-észter-hidroláz hidrolizálja. A keletkező koleszterint a koleszterinoxidáz kolesztenonná alakítja át, eközben hidrogén-peroxid keletkezik. A hidrogén-peroxid 4-amino-antipirinnel és p-hidroxibenzén-szulfonáttal peroxidáz enzim jelenlétében quinoneimin nevű vörös színű oxidációs terméké alakul át. A festék színintenzitása arányos a minta összkoleszterin koncentrációjával és 505 nm-es abszorbancia maximummal fotometriásan mérhető.

3.6.6. A vérplazma triglicerid koncentrációjának meghatározása

A TG (triglicerid) koncentrációjának meghatározásához enzimátikus-kolorimetriás reagenskészletet (Diagnosticum, Magyarország) használtam. A mérés Young és munkatársai (1975) által kifejlesztett és Fossati és Prencipe (1982) által módosított módszeren alapszik. A mérés során a triglicerideket a lipoprotein-lipáz hidrolizálja. A keletkező glicerint a glicerín-kináz ATP jelenlétében glicerín-3-foszfáttá alakítja. A glicerín-3-foszfát glicerín-3-foszfát-oxidáz segítségével történő oxidációja során hidrogén-peroxid képződik, mely 4-aminoantipirinnel és p-hidroxibenzén-szulfonáttal peroxidáz enzim jelenlétében quinoneimin oxidációs termék képződik. A molekula mennyisége arányos a minta triglicerid koncentrációjával és 505 nm-es abszorbancia maximummal fotometriásan meghatározható.

3.7. Szövetteni metszetek készítése

A kísérlet során szövettani metszeteket készítettem a *bursa Fabricii*-ből, a *Thymus*-ból a májból és a csípőbélből. A mintákat 10%-os pufferolt formaldehid-oldatban való fixálás és tárolás után víztelenítettem és beágyaztam, amelynek folyamatát a 11. táblázatban részleteztem. A víztelenítést, egy Thermo Excelsior víztelenítő automatával, míg a paraffinblokkok elkészítését beágyazó automatával végeztem (Kunz Instruments). A metszetek egy Reichert típusú, számkás mikrotómmal készültek (Pop Renáta segítségével Állatorvostudományi Egyetem, Patológiai Tanszékén). A metszetek 3-4 µm vastagságúak voltak. A metszést követően a metszetek hideg vizes üvegcádba kerültek, majd tárgylemezre húztam őket. Ezt követően a metszeteket meleg vizes (52-53°C) vízfürdőbe merítettem, majd szűrőpapírral leitattam. A még jobb tapadás érdekében, a metszeteket pár percre melegítő lapra (70°C) helyeztem. A tárgylemezeket ezután hematoxin-eozin festéssel (Hematoxinoldat Gill II. szerint módosítva, Merck és Eosin Y Alcorolic 0,2%, VWR International Kft.) festettem, egy festőautomatában (Thermo Varistain 24-4). A festés menetét a 12. táblázatban részletezem. A tárgylemezek fedését pár csepp DPX Mountant for histology (Sigma) fedőanyaggal és fedőlemezzel végeztem (Krutsay, 1999).

11. táblázat: A szövetminták víztelenítésének és beágyazásának folyamata

	Reagens	Hőmérséklet	Időtartam	Megjegyzés
1.	Patosolv (30%)	30°C	1 óra	Sorszámonként emelkedő töménységű
2.	Patosolv (40%)	30°C	1 óra	
3.	Patosolv (70%)	30°C	1 óra	
4.	Patosolv (90%)	30°C	1 óra	
5.	Patosolv (100%)	30°C	1 óra 20 perc	
6.	Patosolv (100%)	30°C	1 óra 20 perc	
7.	Xilol	30°C	1 óra	
8.	Xilol	30°C	1 óra 30 perc	
9.	Xilol	30°C	1 óra 30 perc	
10.	Paraffin	62°C	1 óra 20 perc	
11.	Paraffin	62°C	1 óra 20 perc	
12.	Paraffin	62°C	1 óra 20 perc	

12. táblázat: A szövetszövetminták festésének folyamata

	Reagens	Időtartam
1.	Xilol	5 perc
2.	Xilol	5 perc
3.	Xilol	5 perc
4.	Patosolv	5 perc
5.	Patosolv	3 perc
6.	Patosolv	3 perc
7.	Hideg csapvíz	1 perc
8.	Hideg csapvíz	1 perc
9.	Haematoxin (Gill II)	20 másodperc
10.	Meleg csapvíz	5 perc
11.	Meleg csapvíz	5 perc
12.	Meleg csapvíz	6 perc
13.	0,2%-os eosinoldat	30 másodperc
14.	Patosolv	2 perc
15.	Patosolv	3 perc
16.	Patosolv	5 perc
17.	Xilol	5 perc
18.	Xilol	3 perc
19.	Linomen	3 perc

A szövetszövet minták vizsgálatához Pannoramic MIDI II metszetszkennel segítségével a mikroszkópos képet digitalizáltam és 3DHISTECH CaseViewer (2.4.0.119028) szoftver segítségével elemeztem.

A talált elváltozásokat egy táblázatban összesítettem, ahol az elváltozás súlyosságát a következőképpen jelöltem: + (enyhe), ++ (közepes) és +++ (súlyos). A *lymphocytás* gócok esetén jelöltem a gócok számát az adott metszési síkban, illetve feljegyeztem az egyéb elváltozásokat.

3.8. Mikrobiológiai vizsgálatok módszere

Az alomanyagból heti rendszerességgel mintákat gyűjtöttem és a mikrobiológiai összetételre vonatkozó elemzéseket független laboratórium (EUROFINS Food Analytica Kft. Laboratórium, Gyula) végezte el.

A *Salmonella spp.* detektálására az MSZ EN ISO 6579:2002/A1:2007, az *Escherichia coli* esetében az MSZ ISO 16649-2:2005, a *Clostridium perfringens* kimutatására az MSZ EN ISO 7937:2005, a mikrobaszám mérésére az MSZ EN ISO 4833-1:2014 szabványok szerint került sor.

3.9. Matematikai és statisztikai módszerek

A kísérlet során a mért értékeket adatrögzítő lapra jegyeztem fel. A meglévő eredményeket Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft Corp.) táblázatkezelő programmal digitalizáltam.

Az elkészített adatmátrixokat R 3.4.4. és R 3.6.1. programmal elemeztem, mely során egytényezős variancia-analízist (One-way ANOVA) végeztem összevetve a kontroll és a kísérleti csoportok eredményeit. Utótesztként Pearson-féle korreláció analízist hajtottam végre $p \leq 0,05$ szignifikancia-szint mellett. Ezen vizsgálatok elvégzésének alapfeltételét – a homogén eloszlást – Shapiro-Wilk teszttel, illetve Q-Q ábrával ellenőriztem. Szignifikáns különbség esetén elvégeztem az ANOVA utótesztjét, a Tukey tesztet.

A korrelációs együtthatókat Guilford (1950) alapján soroltam erősség szerinti kategóriákba. A korrelációs összefüggések megállapításához a teljes adathalmaz elemzését végeztem el annak érdekében, hogy megvizsgáljam, hogy az egyes paraméterek között milyen típusú és mértékű összefüggés áll fenn. Ezt követően vizsgáltam az egyes kezelések hatását tekintetben, hogy a kezelések hatására változás következett-e be a paraméterek korrelációs összefüggései között. Ezeket különböző színekkel is kódoltam (13. táblázat).

13. táblázat: Korrelációs együttható értékek és azok színek szerinti besorolása

Tartomány	Szint	Szín jelölés
0	nincs lineáris kapcsolat	nincs
0 - 0,2 (-0,2 - 0)	gyenge, majdnem elhanyagolható kapcsolat	szürke
0,2 - 0,4 (-0,4 - -0,2)	biztos, de gyenge kapcsolat	kék
0,4 - 0,7 (-0,7 - -0,4)	közepes korreláció, jelentős kapcsolat	zöld
0,7 - 0,9 (-0,9 - -0,7)	erős korreláció, markáns kapcsolat	citromsárga
0,9 - 1 (-1 - -0,9)	nagyon erős korreláció, erős függő kapcsolat	piros

A kapott adatokból Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft Corp.) táblázatkezelő programmal készítettem táblázatokat és diagramokat.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Takarmányvizsgálatok eredményei

4.1.1. Takarmány táplálóanyag-tartalma

A takarmányokban mért táplálóanyag tartalmak a 14. táblázatban olvashatók.

A keveréktakarmányok látszólagos metabolizálható energia-tartalma (AME) minden kísérleti csoportban 0,5-1,0 MJ/kg-mal meghaladta a K értékét.

A zsír- és olajkiegészítés hatására a nyerszsír-koncentráció növekedése mellett minden mért táplálóanyag mennyisége csökkent valamelyest a kísérleti csoportokban.

14. táblázat: A kísérletben használt keveréktakarmányok táplálóanyag tartalma

Paraméter	K	KO	PO	KOPO	NO
AME (MJ/kg)	12,14	13,05	12,90	12,79	13,03
Nyersfehérje (%)	18,30	17,59	17,42	17,76	17,60
Nyerszsír (%)	3,50	8,83	8,47	8,35	8,13
Nyersrost (%)	3,40	2,73	2,80	2,40	3,28
Nyershamu (%)	8,90	8,26	8,13	8,30	8,55
N-m. k. a. (%)	54,50	52,79	53,53	54,10	52,38
Keményítő (%)	44,68	40,12	40,09	38,96	41,26
Cukor (%)	5,00	4,60	4,60	5,10	4,80

K: kontroll, KO: 5%-os kókusz zsír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolaj kiegészítés.

A zsíradagolás hatására – érthető módon – a K-hoz viszonyítva ugyan csökkent a nyersfehérje, nyersrost, keményítő-tartalom és nőtt a nyerszsír koncentráció a kezelt takarmányokban, azonban a kezelések között számottevő eltérés nem mutatkozott. Ennek alapján a zsírkiegészítést tartalmazó takarmányok táplálóanyag-összetétel tekintetében azonosnak tekinthetők. A zsírsav-összetétel a kezelések hatására az adott zsírforrásnak megfelelően jelentősen eltért a K keveréktakarmány zsírsav-összetételétől.

4.1.2. A vizsgálatban alkalmazott zsírok és az olaj zsírsavösszetétele

A vizsgálatban használt kókusz- és pálmazsír, valamint a napraforgóolaj zsírsavösszetételének meghatározásából származó eredmények a 15. táblázatban láthatók.

15. táblázat: A kísérletben használt zsírok és olaj zsírsavösszetétele (%)

Zsírsav			KO	PO	NO
MCFA	Kaprilsav	C8:0	8,86	0	0
	Kaprinsav	C10:0	6,24	0	0
	Laurinsav	C12:0	43,26	0,23	0
LCFA	Mirisztinsav	C14:0	18,17	0,94	0
	Palmitinsav	C16:0	10,04	43,16	6,63
	Sztearinsav	C18:0	3,05	4,70	3,48
	Olajsav	C18:1n9t	6,87	39,87	28,86
	Linolsav	C18:2n6c	1,66	9,66	59,83
	Linolénsav	C18:3n6/3	0	0,15	0
Egyéb			1,85	1,29	1,20

KO: kókuszszír, PO: pálmazsír, NO: napraforgóolaj.

Az eredmények alapján jól látható, hogy az általam választott 3 zsiradék eltérő mennyiségben tartalmazza a különböző zsírsavakat. A várakozásoknak megfelelően a mérések igazolták, hogy a kókuszszír nagy mennyiségben tartalmaz laurinsavat, a pálmazsír gazdag palmitinsavban és a napraforgóolaj nagy linolsavtartalmú.

4.1.3. A keveréktakarmányok zsírsavösszetétele

Vizsgáltam a kísérletben használt keveréktakarmányok zsírsavösszetételét is. A laurinsav aránya a KO takarmányban 29,27%-kal, a KOPO takarmányban pedig 14,38%-kal haladta meg a kontroll értékét a kiegészítés hatására (16. táblázat).

16. táblázat: A kísérletikeveréktakarmányok zsírsavösszetételének zsírsavösszetétele (% takarmány teljes nyerszsírtartalmára vonatkoztatva)

Zsírsav			K	KO	PO	KOPO	NO
MCFA	Kaprilsav	C8:0	0,05	4,88	0,17	2,54	0
	Kaprinsav	C10:0	0,06	3,87	0,11	1,9	0
	Laurinsav	C12:0	0,11	29,38	0,95	14,49	0,07
LCFA	Mirisztinsav	C14:0	0,24	11,34	0,96	5,88	0,1
	Palmitinsav	C16:0	12,76	10,57	31,77	21,45	8,8
	Sztearinsav	C18:0	3,63	2,98	4,2	3,58	3,31
	Olajsav	C18:1n9t	26,14	13,66	33,91	25,19	28,45
	Linolsav	C18:2n6c	49,82	20,23	24,79	22,42	56,41
	Linolénsav	C18:3n6/3	5,12	1,94	2,17	2,03	1,88
Egyéb			2,07	1,15	0,97	0,52	0,98

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

A palmitinsav aránya is változott a kiegészítés hatására, azaz a PO 19,01%-kal, a KOPO 8,69%-kal nagyobb értéket mutatott a K-hoz viszonyítva.

A linolsav mennyisége a K takarmányban magasnak mondható, ennek oka, hogy a kísérletben kontrollként használt kereskedelmi brojlercsirke keveréktakarmány eleve tartalmazott napraforgóolajat az optimális energiatartalom biztosítása érdekében. A kísérletben az NO

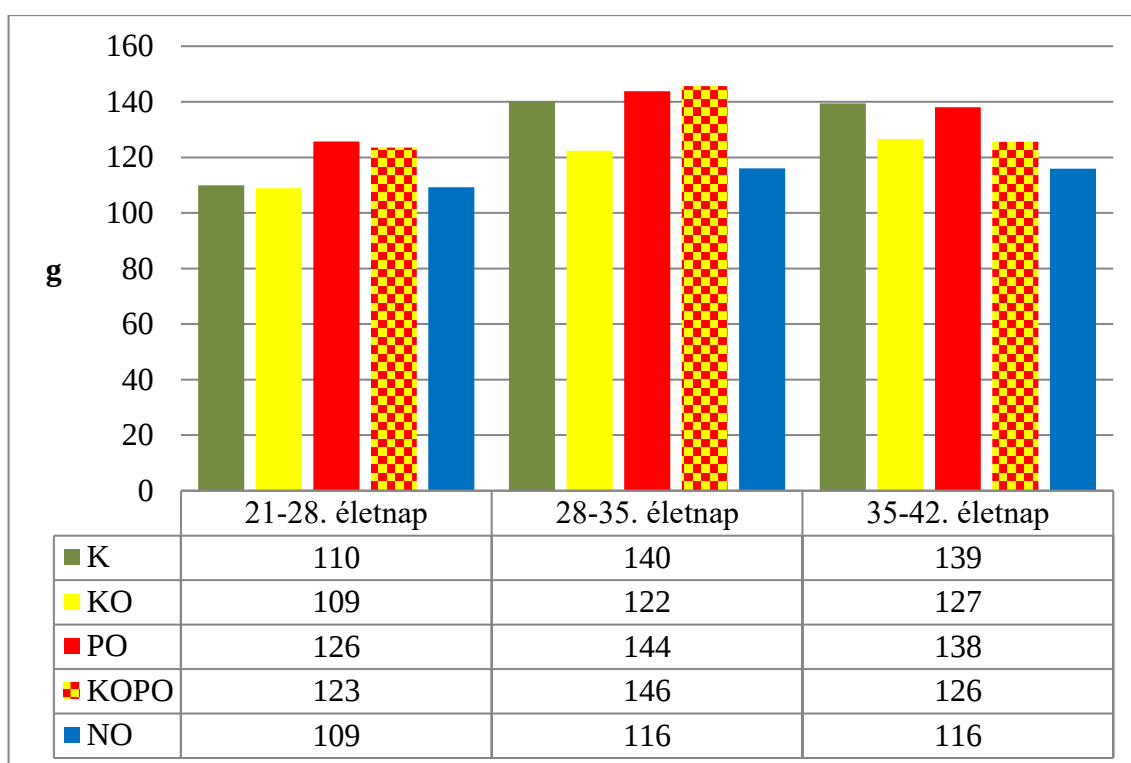
csoportban ehhez a takarmányhoz adagoltunk további 5% napraforgóolajat, amely csupán 6,59%-os emelkedést eredményezett a linolsav arányában.

Összességében megállapítható, hogy a zsír- és olaj-kiegészítés hatására megnövekedett az adott zsírforrásra jellemző zsírsav aránya a takarmányok zsírsavösszetételében.

4.2. Termelési paraméterek eredményei

4.2.1. Takarmányfogyasztás

A kísérleti takarmányok etetésének első hetében (4. ábra) a pálmazsirt tartalmazó takarmányt fogyasztó csoportok takarmányfelvétele volt a legnagyobb. A PO csoport 14%-kal, a KOPO 12%-kal haladta meg a K csoport értékét. A többi kísérleti csoport a kontrollhoz hasonló értékeket mutatott. A 28.-35. nap között a tendencia hasonló, azonban az eltérések mértéke változott. A KO és NO csoportok takarmányfogyasztása 13%-kal és 17%-kal volt kevesebb, mint K csoporté, miközben a PO és KOPO csoportok fogyasztása továbbra is meghaladta azt, azonban ekkor az eltérés már csupán 3-4% volt. Az utolsó héten minden kísérleti csoport kevesebb takarmányt vett fel a kontrollnál. Azaz a PO és KOPO csoportok fogyasztása 1 ill. 10%-kal maradt a K értéke alatt, míg a KO és NO a korábbiakhoz hasonló eltérést mutatott.



4. ábra: Átlagos egyedi napi takarmányfogyasztás (g/egyed/nap)

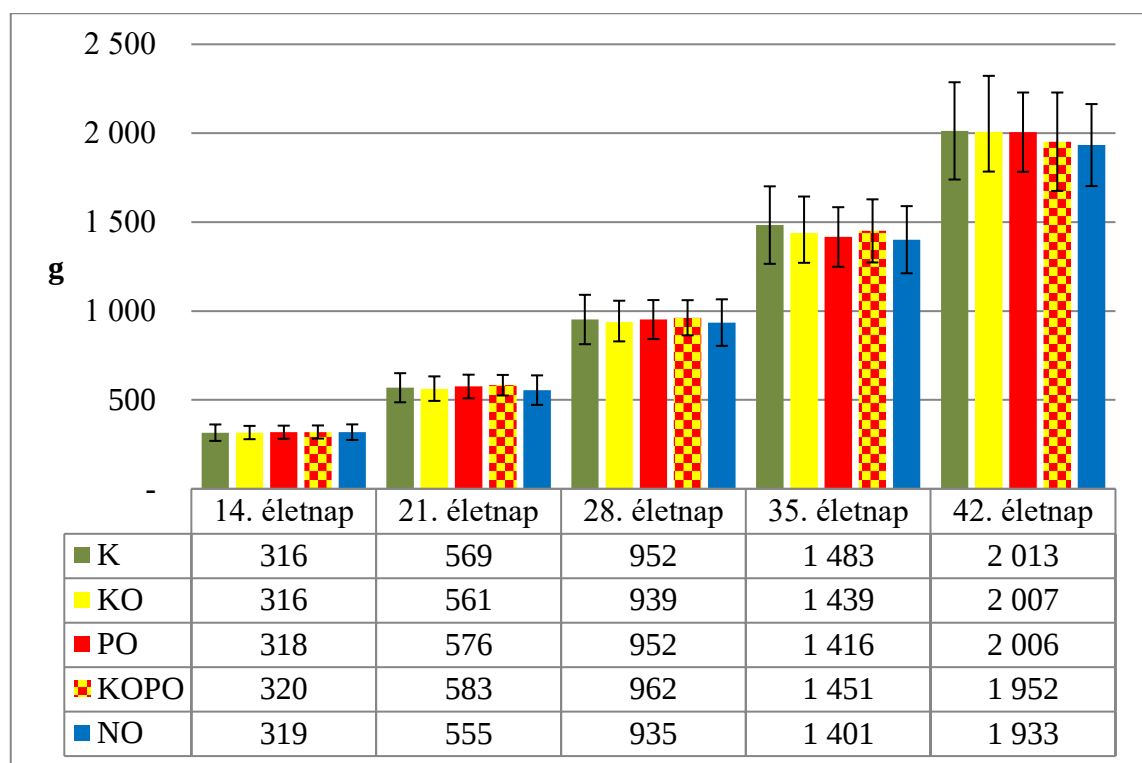
K: kontroll, KO: 5%-os kókusz zsír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolaj kiegészítés.

A teljes vizsgálati időszakban a PO (138,94 kg) és a KOPO (137,22 kg) csoportban fogyott a legtöbb takarmány, amely jelentősen meghaladta a kontroll csoportban mért értéket (125,26 kg-ot). Ugyanakkor az NO (117,50 kg) és KO (116,59 kg) csoportok takarmányfelvétele jelentősen elmaradt attól. Mivel a takarmányfogyasztást csoportosan mértem, ezért statisztikai értékelésre e paraméter esetében nem volt mód.

A takarmányfelvétel esetében megfigyelhető volt, hogy az olajkiegészítés hatására az önálló pálmazsír és a kombinált kiegészítést fogyasztó madarak takarmányfogyasztása valamelyest meghaladta a K-ét, míg a legnagyobb energiataralmú, kókuszolajat tartalmazó takarmányból ettek legkevesebbet a madarak. A későbbiekben azonban a kezelt csoportok takarmányfogyasztása csökkenő tendenciát mutatott a K-hoz viszonyítva. Ugyanakkor, bár a kezelt és a kontroll takarmányok energiakonzentrációja legalább 0,5 MJ/kg eltérést mutat, addig a kezelések között az eltérés elhanyagolható, így a takarmányfogyasztásban tapasztalt eltéréseket biztosan nem csupán ez a tényező befolyásolja. Ezt támasztja alá az a tény is, hogy a kezelés első hetén a legtöbb csoport takarmányfogyasztása már a K-hoz hasonlóan alakult, vagy meghaladta azt. Továbbá, hogy az azonos energiakonzentrációjú kezelt takarmányok között a kezelés 2. és 3. hetén jelentősebb különbségek tapasztalhatók. Összességében a teljes kísérleti időszakra vonatkoztatva a takarmányfogyasztás a kókusz-, a pálmazsír és a kombinált kiegészítés esetében a K-hoz hasonlóan alakult, míg a napraforgóolaj-kiegészítés egyértelműen csökkentette a takarmányfelvételt.

4.2.2. Testtömeg és tömeggyarapodás eredmények

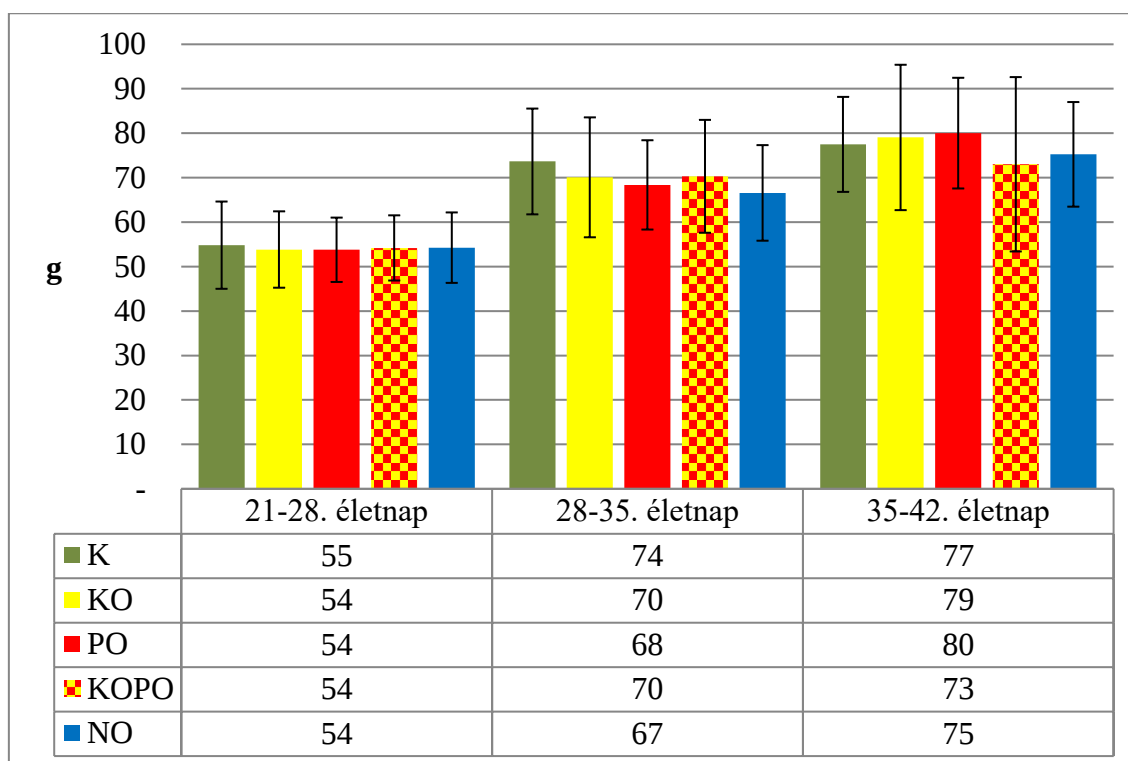
Az állatok élőtömegét (5. ábra) a vizsgálatba vonáskor csoportonként közel azonos átlagértékre állítottam be. A vizsgálat teljes ideje alatt, minden mérés alkalmával az NO csoportban mértem a legkisebb testtömeget. A 21. és 28. életnapon a KOPO csoport egyedei rendelkeztek a legnagyobb testtömeggel. A 35. életnapon ez az előny már csak a három kísérleti csoporttal szemben maradt meg. Ekkor a K csoport testtömege bizonyult a legnagyobbknak, majd a 42. napra már csak az NO csoportot múlta felül. A 42. életnapon a K, PO, KO csoportok közel azonos testtömeggel zárták a kísérletet. Az egyes csoportok átlagos testtömeg értékei között az egyes mintavételi időpontokban ugyan voltak kisebb eltérések, ezek statisztikai szempontból nem bizonyultak számottevőnek. Azaz az olajkiegészítésnek a testtömeg alakulására statisztikailag igazolható hatása nem volt.



5. ábra: Testtömeg mérési eredmények a kísérletben a 14., 21., 28., 35. és 42. napon (g)
 K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

A testtömeg-gyarapodás (6. ábra) számításakor kapott eredmények alapján elmondható, hogy a 21-28. nap között közel azonos mértékű volt az egyedek gyarapodása a különböző csoportokban. A kezelés második hetében a zsír- és olajkiegészítés alkalmazásakor minden kezelt csoportban gyengébb gyarapodást tapasztaltam, mint a K-ban. A vizsgálat utolsó hetében a PO, és a KO csoport eredményei voltak a legjobbak. Ugyanakkor az NO 2,89%-kal, a KOPO 5,77%-kal kisebb gyarapodást mutatott a kontrollhoz viszonyítva. A kísérlet teljes időtartamára vonatkoztatva (21-42. nap) a KO, K és a PO csoport gyarapodása közel azonosan alakult, miközben a KOPO és az NO kissé (5,19 ill. 4,58%) elmarad azoktól.

A kísérlet ideje alatt a jelentősebb szórás miatt nem volt a csoportok között statisztikailag igazolható az eltérés.



6. ábra: Testtömeg-gyarapodás a kísérletben a 21., 28., 35. és 42. napon (g/nap/madár)
 K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

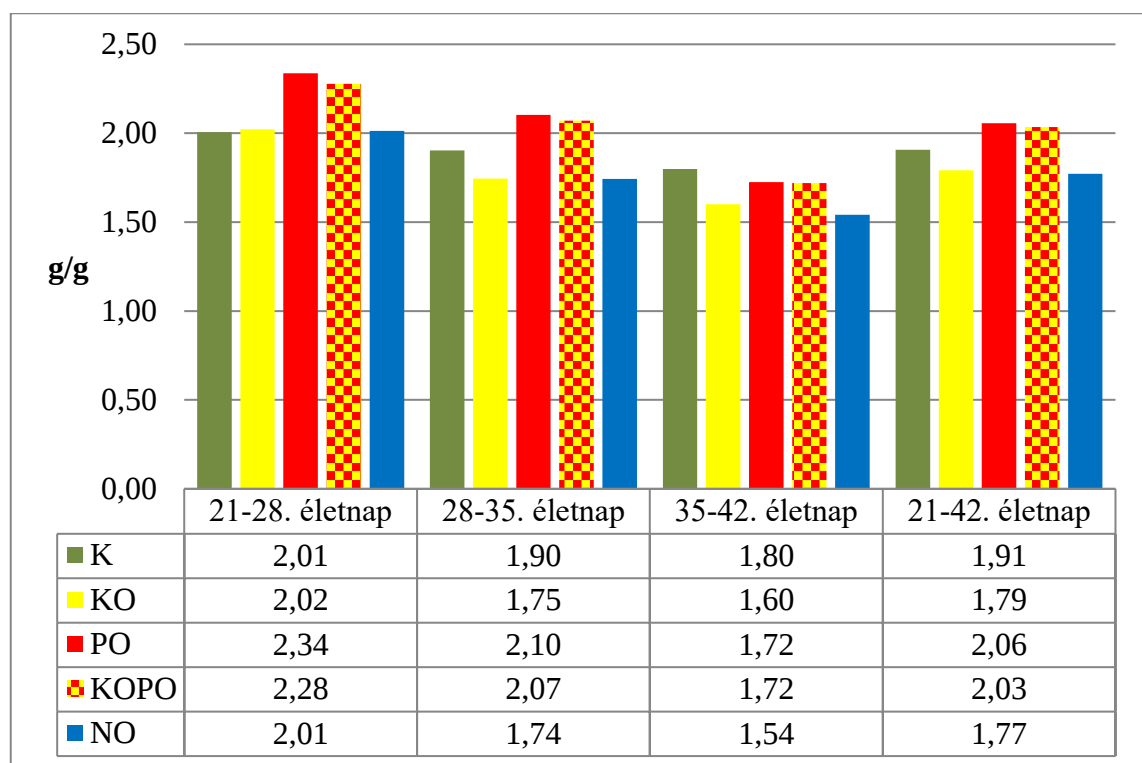
Kísérletemben a takarmány 5%-os többlet zsírtartalma nem okozott számottevő változást a testtömeg alakulásában a K-hoz viszonyítva, bár figyelemre méltó, hogy az 5. és 6. héten a kezelt csoportok testtömege és tömeggyarapodása is elmaradt valamelyest a K értékétől. A kezeléseket egymással összevetve a kísérlet teljes időtartamára vetítve a kombinált kezelés eredményezte a leggyengébb súlygyarapodást, míg a legjobban az önálló kókuszszír, ill. pálmazsír kiegészítést fogyasztó madarak teljesítettek.

A Pearson-féle korreláció analízis eredményei az M2. melléklet 35. és 36. táblázatban található meg. Nem meglepő módon a testtömeg és a tömeggyarapodás adatok vizsgálata során rendszerint pozitív korrelációt találtam. Az egyes kezelések esetében a legerősebb összefüggést a K csoportban tapasztaltam.

A kókusz- és pálmazsír kiegészítést kapott csoportok (KO, PO, KOPO) esetében szintén pozitívkorrelációt mutattam ki, azonban ennek erőssége már kisebb, míg az NO csoport esetében az összefüggés minden esetben gyengébbnek bizonyult, mint a többi csoportban.

4.2.3. Takarmányértékesítés

A takarmányértékesítést heti bontásban és halmozottan, a teljes etetési időszakra vonatkoztatva is kiszámítottam (7. ábra).



7. ábra: Takarmányértékesítés (g/g)

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

A vizsgálat ideje alatt minden csoportban a 21-28. nap közötti időszakban volt a legkedvezőtlenebb a takarmányértékesítés, ezt követően az 5. és 6. élethéten javulás következett be, amely a K csoportban kevésbé, a kísérleti csoportok esetében markánsabban jelentkezett. Ennek köszönhetően a zsír- és olajkiegészítést fogyasztó csoportok mindegyike kedvezőbb takarmányértékesítést mutatott a 35-42. nap közötti időszakban a K-hoz viszonyítva. A K csoport 1,91 kg/kg értékéhez képest a PO csoport 7,9%-kal, a KOPO 7,5%-kal volt gyengébb, míg a KO 4,7%-kal, az NO 5,4%-kal volt jobb.

A takarmányértékesítés az olajkiegészítés hatására a kezelés első hetén minden csoportban gyengébb volt a K-hoz viszonyítva – ami a PO és KOPO csoportok esetén kifejezettebb –, majd a későbbiekben a KO és az NO esetén – döntően a csökkent takarmányfogyasztásból adódóan – javult, míg a PO és a KOPO továbbra is gyengébb eredményt mutatott a K-nál. A hizlalás utolsó hetében azonban minden kezelt csoport hatékonyabban hasznosította a takarmány táplálóanyagait a K-nál. A kísérlet teljes idejére vonatkoztatva éppen ebből adódóan a kókuszszír és a napraforgóolajat tartalmazó takarmányt fogyasztó csoportok takarmányértékesítése alakult a legkedvezőbbben. Gyakorlati szempontból azonban az utóbbi kezelés nem tekinthető előnyösnek, mivel az a kisebb takarmányfogyasztás mellett kisebb végtömeggel is párosul.

4.2.4. Elhullás

A kísérlet ideje alatt a K csoportban 3, KO csoportban 2 darab elhullás volt. Ez alapján az életképesség a K csoportban 93,75%, a KO csoportban 95,83%. A többi kísérleti csoportban nem volt elhullás (17. táblázat). Ezek az értékek nem haladják meg a technológiai tűréshatárt.

17. táblázat: A kísérlet ideje alatti elhullás és a kiszámított mortalitási százalék

Csoport	Elhullás (db)	Mortalitás (%)
K	3	6,25
KO	2	4,17
PO	0	0
KOPO	0	0
NO	0	0

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszőr kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

4.2.5. Vágási próba

A laboratóriumi vágások során mértem a különböző szervek tömegét. Az abszolút szervtömegek – a testtömeg adatokhoz hasonlóan – azonos mintavételi időpontban (28., 35. és 42. életnap) hasonlóan alakultak mind az öt csoportban (18. táblázat). Szignifikáns eltérést egyik mintavétel esetében sem találtam.

18. táblázat: Szerv minták abszolút tömege az egyes csoportokban a 28., 35. és 42. életnapon (g; átlag±SD; n=8/csoport/vágás)

Para- méter	Mintavétel	K	KO	PO	KOPO	NO
Máj tömeg (g)	28. életnapon	20,63±3,07	19,59±1,93	23,26±3,13	21,23±2,17	21,48±4,03
	35. életnapon	31,54±6,16	26,16±3,38	29,58±6,89	29,67±8,82	25,66±4,57
	42. életnapon	31,77±5,33	31,32±1,91	31,61±5,34	26,29±5,56	28,61±4,02
Lép tömeg (g)	28. életnapon	0,78±0,21	0,91±0,27	0,91±0,17	0,91±0,24	0,85±0,26
	35. életnapon	1,14±0,36	1,17±0,24	1,08±0,32	1,23±0,29	1,15±0,22
	42. életnapon	1,41±0,19	1,70±0,40	1,83±0,55	1,48±0,55	1,48±0,14
Szív tömeg (g)	28. életnapon	3,91±0,40	4,42±0,61	4,64±0,46	4,39±0,59	4,62±0,80
	35. életnapon	7,11±1,31	6,29±1,18	5,70±0,82	6,50±1,03	6,81±1,35
	42. életnapon	7,36±1,03	7,86±0,41	8,13±1,26	7,18±1,64	7,97±1,35
Bursa Fabricii tömeg (g)	28. életnapon	1,65±0,37	1,55±0,38	2,03±0,52	2,05±0,49	1,94±0,51
	35. életnapon	2,72±0,72	2,48±1,09	2,71±0,59	2,56±0,39	2,23±0,65
	42. életnapon	2,79±0,64	3,26±0,89	3,28±0,61	3,25±0,93	2,85±0,76

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszőr kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

A szervek abszolút tömege összefüggést mutat a testtömeggel. Ennek kiküszöbölésére számítottam a szervek relatív tömegét, amely eredményeket a 19. táblázat tartalmazza.

19. táblázat: Szerv minták relatív tömege a egyes csoportokban a 28., 35. és 42. életnapon (g/100g élőtömeg; átlag±SD; n=8/csoport/vágás)

Para- méter	Mintavétel	K	KO	PO	KOPO	NO
Relatív máj tömeg (g/100g)	28. életnapon	2,29±0,24	2,19±0,10	2,27±0,15	2,17±0,11	2,30±0,19
	35. életnapon	2,05 ^{ab} ±0,18	1,89 ^a ±0,11	2,28 ^b ±0,40	1,96 ^{ab} ±0,25	1,88 ^a ±0,18
	42. életnapon	1,53±0,18	1,50±0,11	1,52±0,11	1,39±0,11	1,43±0,10
Relatív lép tömeg (g/100g)	28. életnapon	0,09±0,02	0,10±0,03	0,09±0,02	0,09±0,02	0,09±0,02
	35. életnapon	0,08±0,02	0,09±0,02	0,08±0,02	0,08±0,02	0,09±0,02
	42. életnapon	0,07±0,01	0,08±0,02	0,09±0,02	0,08±0,02	0,07±0,01
Relatív szív tömeg (g/100g)	28. életnapon	0,44 ^a ±0,03	0,49 ^{bc} ±0,05	0,45 ^{ac} ±0,01	0,45 ^{ab} ±0,03	0,50 ^c ±0,03
	35. életnapon	0,46±0,05	0,46±0,07	0,44±0,02	0,44±0,05	0,50±0,08
	42. életnapon	0,36±0,04	0,38±0,03	0,39±0,02	0,38±0,05	0,40±0,05
Relatív bursa Fabricii tömeg (g/100g)	28. életnapon	0,18±0,04	0,17±0,04	0,20±0,05	0,21±0,04	0,21±0,05
	35. életnapon	0,18±0,05	0,18±0,07	0,21±0,03	0,18±0,04	0,16±0,04
	42. életnapon	0,14±0,03	0,16±0,05	0,16±0,04	0,17±0,04	0,15±0,04

^{a-b} Azonos sorban eltérő betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között p≤0,05 szinten.

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

A relatív szervtömegek esetében (g/100g élőtömeg) az első vágás alkalmával a relatív szív tömeg adatokban találtam szignifikáns eltérést az egyes csoportok között. Így a K és KO, a K és NO tért el szignifikáns mértékben, valamint az NO és a KOPO között volt a különbség statisztikailag igazolható. A második vágás során a relatív májtömegben mutatkozott szignifikáns eltérés. E paraméter esetében a K csoporthoz viszonyítva egyik kezelés sem eredményezett számottevő eltérést, azonban egyes kísérleti csoportok között, mint a PO és a KO, valamint a PO és az NO volt szignifikáns különbség. A harmadik vágás során az egyes szervek relatív tömege minden csoportban hasonlóan alakult.

Az abszolút mell-tömeg vizsgálata esetén a teljes mellfilé (bal és jobb oldal együtt) került lemérésre. A K csoport többnyire jobb eredményeket mutatott a kísérleti csoportokhoz viszonyítva. Szignifikáns eltérést azonban csak a második mintavétel alkalmával találtam a PO és K csoport között (20. táblázat).

20. táblázat: Mell-filé minták abszolút tömegének alakulása az egyes kísérleti csoportokban (g; átlag±SD; n=8/csoport/vágás)

Paraméter	Mintavétel	K	KO	PO	KOPO	NO
Mell tömeg (g)	28. életnapon	119,25±10,63	116,00±16,16	131,38±23,08	117,13±20,62	105,50±28,40
	35. életnapon	214,00 ^b ±41,89	180,00 ^{ab} ±28,19	159,88 ^a ±26,08	198,25 ^{ab} ±31,05	182,88 ^{ab} ±52,36
	42. életnapon	323,88±58,03	297,00±33,04	291,75±49,87	260,63±62,14	282,75±40,19

^{a-b} Azonos sorban eltérő betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között p≤0,05 szinten.

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

Az egyes mintavételek alkalmával számított relatív melltömeg (g/100g) értékek esetében az abszolút melltömeghez hasonló tendenciákat tapasztaltam. A csoportok között azonban az első mintavétel alkalmával találtam szignifikáns eltérést (21. táblázat). Eszerint az NO csoportban számottevően kisebb volt az átlagos relatív melltömeg a K értékénél.

21. táblázat: Mellfilé minták relatív tömegének alakulása az egyes kísérleti csoportokban (g/100g élőtömeg; átlag $\pm$ SD; n=8/csoport/vágás)

Paraméter	Mintavétel	K	KO	PO	KOPO	NO
Relatív mell tömeg (g/100g)	28. életnapon	13,28 ^b $\pm$ 0,84	12,96 ^{ab} $\pm$ 1,37	12,79 ^{ab} $\pm$ 1,39	11,90 ^{ab} $\pm$ 1,55	11,18 ^a $\pm$ 1,25
	35. életnapon	13,90 $\pm$ 1,20	12,98 $\pm$ 1,07	12,33 $\pm$ 1,13	13,35 $\pm$ 0,88	13,06 $\pm$ 1,42
	42. életnapon	15,58 $\pm$ 1,38	14,21 $\pm$ 0,84	14,02 $\pm$ 1,39	13,76 $\pm$ 1,60	14,16 $\pm$ 1,10

^{a-b} Azonos sorban eltérő betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között $p \leq 0,05$ szinten.

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

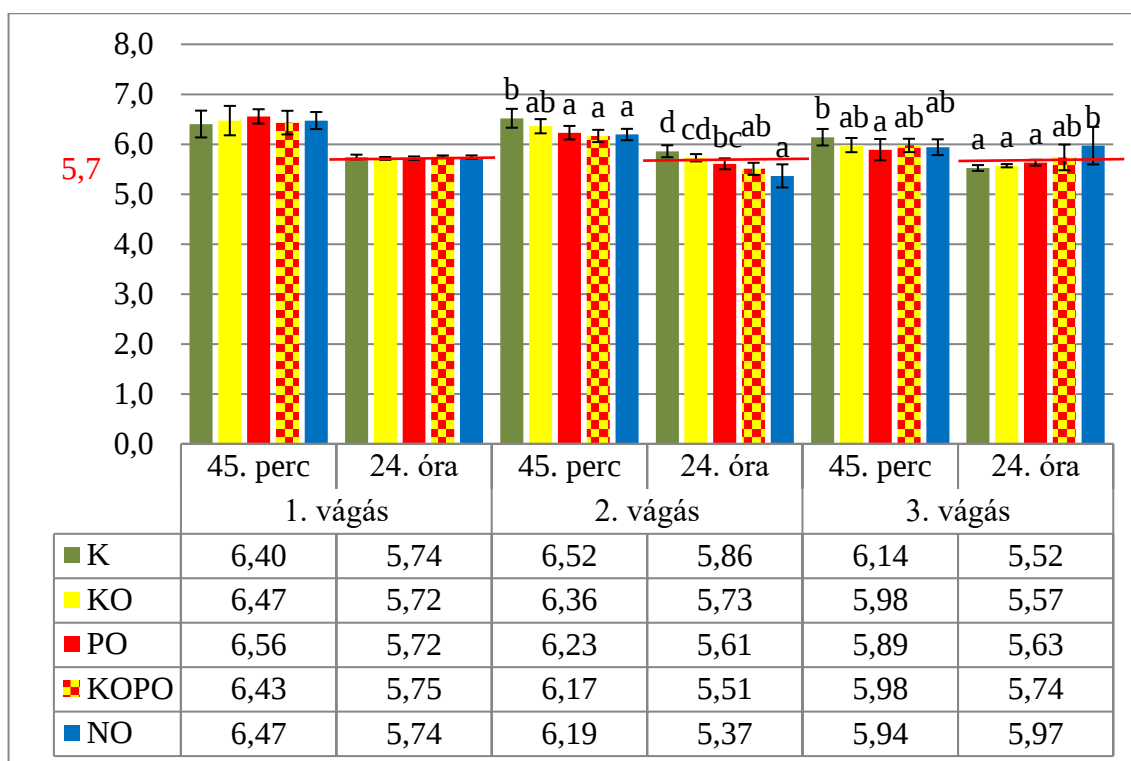
A kísérlet során végzett próbavágásokhoz kapcsolódóan meghatároztam egyes szervek relatív tömegét. Az egyes kezelések között a relatív máj és szív tömegében találtam számottevő eltéréseket. A 28. napon a relatív szívtömeg a kókuszszír és a napraforgóolaj kiegészítés hatására szignifikánsan meghaladta a K értékét. Ez a különbség azonban a 42. napra fokozatosan eltűnt. A 35. napon végzett vágás alkalmával a napraforgóolaj- és a kókuszszír-kiegészítés esetében a relatív májtömeg szignifikánsan kisebb volt a pálmazsír-kiegészítést tartalmazó keveréktakarmányt fogyasztó egyedekhez viszonyítva. Ebben az esetben is fontos azonban megjegyezni, hogy a 42. napon végzett vágás idejére a csoportok közötti különbségek eltűntek. A próbavágások alkalmával vizsgáltam a mellfilé kihozatalt is, amely mindhárom vágás alkalmával a kontroll csoportban mutatta a legnagyobb értéket. Ez az eltérés a 28. napon a napraforgóolaj-kiegészítés esetében szignifikánsnak is bizonyult.

A korrelációs összefüggések azt mutatják, hogy a szervek növekedése az életkor előrehaladásával lassúbb ütemű, mint a testté. A mell ugyanakkor arányosan növekszik a testtömeggel.

4.3. Húsminőségi paraméterek eredményei

4.3.1. pH eredmények

A pH mérések eredményeit a 8. ábra tartalmazza. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a vágást követő 45. percben mért értékek nagyobbak, mint 24 órás hűtve tárolást követően. Az eredmények megfelelnek az irodalomban leírt, 24. órás hűtve tárolást követően mért pH standardnak, amit piros vonallal jelöltem (5,7-6,1 érték) (Dransfiel és Sosnicki, 1999, Fletcher, 1999, Brewer *et al.*, 2012).



8. ábra: A vágást követő 45. percben és 24. órák hűtve tárolást követően a mellfilében mért pH értékek az egyes csoportokban (n=8/csoport/vágás)

^{a-b} betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között $p \leq 0,05$ szinten

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszzsír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

Az első vágás esetében nem találtam szignifikáns különbséget a csoportok között sem a 45. percben, sem a 24. órában.

A második vágás során a 45. percben a K-KOPO, a K-NO és a K-PO között az eltérés statisztikailag igazolható mértékű volt. A 24. órában a mintázat teljesen hasonló. A PO, a KOPO, és az NO csoportok pH-ja ekkor is számottevően savasabb volt a K-hoz viszonyítva. Ugyanakkor a kísérleti csoportok között is tapasztaltam markáns különbségeket, miszerint a KO és a PO csoportokban a mellfilé pH-ja jelentős mértékben eltért az NO csoporttól, sőt a KO csoporthoz viszonyítva a KOPO mintáiban is számottevően savanyúbb pH-t mértem.

A harmadik vágás alkalmával, a vágást követő 45. percben csak a K és a PO csoport között volt különbség. A 24. órában a K, a KO és a PO kezelések közel azonos pH-t mutattak, míg az NO esetében mindhárom csoporttól szignifikáns mértékben eltérő kémhatást mértem.

Kísérletemben az olajkiegészítés hatására a 35. napon minden esetben kisebb pH-t mértem vágás után közvetlenül és 24 órák hűtve tárolást követően egyaránt, míg a 42. napon a hűtve tárolást követően minden kísérleti csoport értéke meghaladta a kontrollét. Az irodalmi standard (5,7-6,1) figyelembevételével a 35. napon 24 órák hűtve tárolást követően a mellfilé minden kezelés hatására az optimálisnál savasabb kémhatást mutatott. A 42. napon azonban a vágás után közvetlenül és 24 óra múlva is a kívánatos tartományban mozgott. Így a zsír- és olajkiegészítések nem befolyásolják a hús eltarthatóságát a pH értékek alapján.

A pH eredményeket tartalmazó adathalmazon elvégzett Pearson-féle korreláció analízis során nem találtam összefüggést a 45. percben és a 24. órában mért pH értékek között.

A csoportok eredményeit megvizsgálva csak a K és KO csoportnál találtam pozitív közepes korrelációt, mely jelentős kapcsolatot mutatott a 45. percben és a 24. órában mért pH eredmények között.

4.3.2. A színmérés eredményei

A mérés során létrehozott friss metszéspelületen végzett mérés L^* (világosság), a^* (vörösség) és b^* (sárgasság) értékek statisztikailag igazolható módon egyik vágás esetében sem különböznek szignifikánsan egymástól (22. táblázat).

22. táblázat: Színmérés eredményei (átlag $\pm$ SD; n=8/csoport/vágás)

Mintavétel	Para- méter	K	KO	PO	KOPO	NO
28. élelnapon	L^*	64,55 $\pm$ 4,12	62,57 $\pm$ 2,84	64,46 $\pm$ 3,04	62,75 $\pm$ 2,56	62,67 $\pm$ 1,43
	a^*	12,31 $\pm$ 1,82	11,57 $\pm$ 1,38	11,25 $\pm$ 0,90	11,94 $\pm$ 1,98	10,77 $\pm$ 1,35
	b^*	6,35 $\pm$ 1,75	5,88 $\pm$ 1,50	6,27 $\pm$ 1,08	5,78 $\pm$ 1,33	5,83 $\pm$ 0,92
35. élelnapon	L^*	63,70 $\pm$ 1,49	64,23 $\pm$ 3,02	64,69 $\pm$ 1,71	64,54 $\pm$ 2,29	63,66 $\pm$ 1,74
	a^*	12,15 $\pm$ 0,74	10,78 $\pm$ 1,40	10,79 $\pm$ 0,59	11,74 $\pm$ 1,40	10,65 $\pm$ 1,61
	b^*	7,14 $\pm$ 1,22	7,18 $\pm$ 1,53	7,15 $\pm$ 1,43	7,58 $\pm$ 1,83	7,29 $\pm$ 1,12
42. élelnapon	L^*	64,37 $\pm$ 2,12	63,04 $\pm$ 1,68	63,58 $\pm$ 4,05	62,87 $\pm$ 3,13	64,73 $\pm$ 2,21
	a^*	10,74 $\pm$ 0,74	11,18 $\pm$ 1,26	11,58 $\pm$ 1,56	10,98 $\pm$ 1,19	10,51 $\pm$ 0,88
	b^*	9,44 $\pm$ 0,47	9,38 $\pm$ 1,50	8,80 $\pm$ 1,43	9,39 $\pm$ 1,49	9,72 $\pm$ 1,50

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

A csoportok eredményeit tekintve megállapítható, hogy az első vágás után mért értékek az L^* -ra vonatkozóan 62,57 (KO) és 64,55 (K) értékek között változtak. Az a^* eredmények 10,77 (NO) és 12,31 (K) között voltak, vagyis egyértelműen piros színűek (+ a piros, - zöld). A b^* esetében 5,78 (KOPO) és 6,35 (K) közötti értékeket mértem, amelyek sárga színtartományra jellemző értékeket jelentenek (+ a sárga, - kék). Az első vágás alkalmával mindegyik szín paraméter a K csoportban mutatta a legnagyobb értéket.

A második vágás után mért L^* értékek 63,66 (NO) és 64,69 (PO) között, az a^* esetében 10,65 (NO) és 12,15 (K) között, a b^* pedig 7,14 (K) és 7,58 (KOPO) értékek között változott. A második vágás esetében az L^* érték az NO kivételével minden kezelés hatására nagyobb volt a K-nál. A K volt a legvörösebb – vagyis a legnagyobb a^* értéket mutató csoport – és a legkevésbé sárga, azaz a b^* érték e csoportban volt a legkisebb.

A harmadik vágás alkalmával az L^* 62,87 (KOPO) és 64,73 (NO), az a^* 10,51 (NO) és 11,58 (PO), a b^* 8,80 (PO) és 9,72 (NO) értékeket mértem. Általánosságban megállapítható, hogy a K, KO, KOPO csoportok L^* és a^* paraméterek tekintetében meghaladták a K csoport értékeit. Ugyanakkor b^* értékek – épp ellenkezőleg – elmaradtak attól. Ezzel szemben az NO csoport színének mindhárom paramétere közel azonos volt a K értékével.

A színparaméterek időbeni változásait elemezve megállapítottam, hogy a hús piros színintenzitása – kezeléstől függetlenül – minimális mértékben csökkent, míg a sárga intenzitás nőtt minden csoportban.

A három színparaméter együttes elemzése alapján számított ΔE^*_{ab} értékeket a 23. táblázat tartalmazza. Két minta között érzékelhető színínger különbséget, vagyis ΔE^*_{ab} -t a színtérben értelmezett két színpont (a mért és az etalon vagy vonatkoztatási színpont) közötti térbeli távolsággal adjuk meg. A ΔE^*_{ab} érték segítségével így összehasonlíthattam a csoportok mintái

között vizualizálható különbségeket (Lukács, 1982). A ΔE^*_{ab} érték számítás során csak a gyakorlati szempontból mérhető harmadik vágás eredményeit használtam fel.

23. táblázat: A hússzín különbségének értékelése ill. érzékelhetősége a ΔE^*_{ab} érték alapján

Csoportok	Érték	Eredmény
K-KO	1,41	Alig észrevehető
K-PO	1,32	Alig észrevehető
K-KOPO	1,52	Észrevehető
K-NO	0,51	Alig észrevehető
KO-PO	0,89	Alig észrevehető
KO-KOPO	0,26	Nem érzékelhető
KO-NO	1,85	Észrevehető
PO-KOPO	1,10	Alig észrevehető
PO-NO	1,82	Észrevehető
KOPO-NO	1,95	Észrevehető

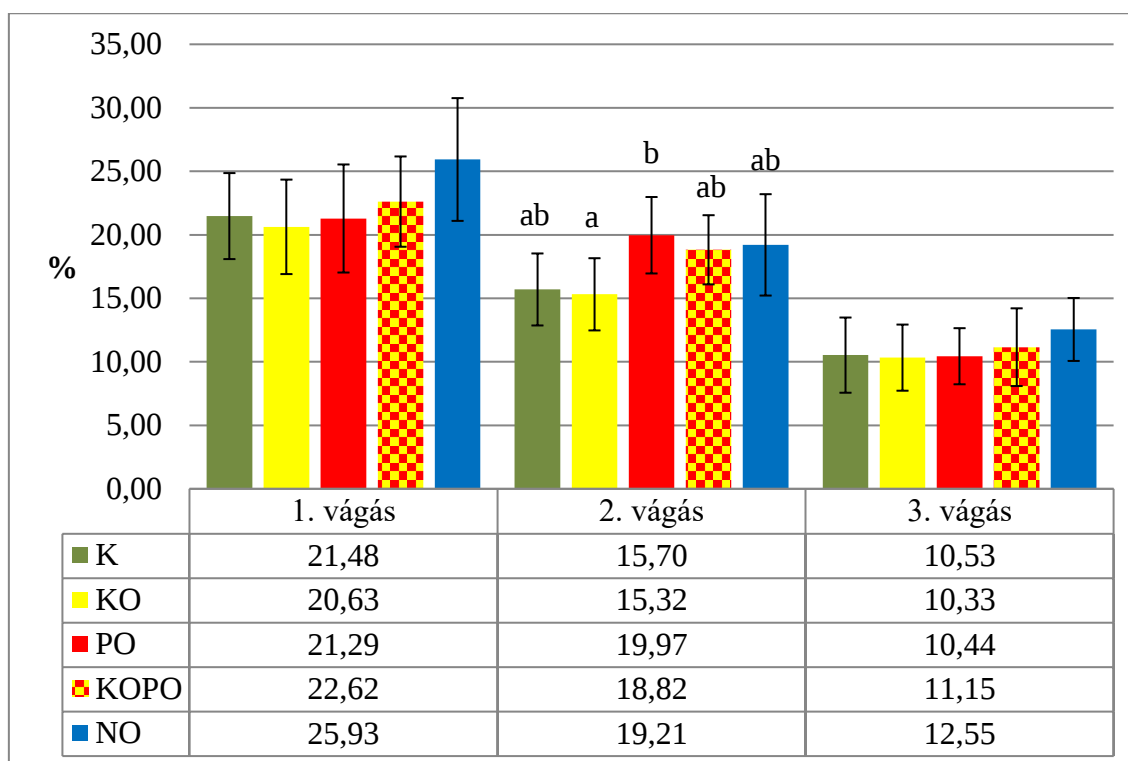
K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

Bár az egyes színparaméterek esetében a csoportok közötti eltérések matematikai szempontból nem voltak értékelhetők, a 23. táblázatban látható eredmények alapján ezek együttesen szemmel érzékelhető különbségeket okoztak. Az értékek alapján a napraforgó-olaj kiegészítés okozta a legmarkánsabb hatást a hússzínben, mivel az egyéb zsírkiegészítésekhez viszonyítva szabad szemmel is észrevehető különbséget eredményezett, ami abból adódik, hogy a KO, PO, KOPO egyaránt sötétebb, vörösebb és kevésbé sárga volt az NO-val összehasonlításban.

A színmérés eredményeit tartalmazó adathalmazon elvégzett Pearson-féle korreláció analízis során M2. melléklet 41. táblázatban bemutatott együtthatókat kaptam. Megállapítható, hogy az a^* érték a másik két paraméterrel negatív korrelációt mutat. Az L^* értékkel biztos, de gyenge, a b^* értékkel közepes, jelentős kapcsolattal rendelkezik. Az L^* és a b^* között pozitív biztos, de gyenge kapcsolat áll fenn. A színparaméterek közötti korreláció leginkább a KO, PO és NO csoportban bizonyultak egyértelműnek, azonban a korreláció szorossága változó. (M2. melléklet 42. táblázat).

4.3.3. Csepegési veszteség

A hús víztartó képességének meghatározása többek között a gravitációs úton történő nedvességtartalom veszteség mérésével történhet. Ezzel a módszerrel vizsgálva a csoportok között kizárólag a 2. vágás alkalmával és egyetlen esetben tapasztaltam szignifikáns különbséget (9. ábra). Ekkor a PO csoport mintáinak vízvesztése bizonyult a legnagyobbnak, a különbség pedig a KO csoporttal szemben statisztikailag számottevőnek tekinthető. A mért adatok alapján megállapítható, hogy az állatok korának előrehaladtával a hús víztartó képessége folyamatosan nőtt. Azonban az egyes csoportokban ennek a folyamatnak a mértéke eltérő volt, az 1. és 3. vágás alkalmával a mintázat teljesen azonos. A KO kezelésben volt a legkisebb a csepegési veszteség, az NO-ban pedig a legnagyobb. Ugyanakkor a 2. vágás alkalmával a PO csoportban volt a legnagyobb a veszteség.



9. ábra: Csepegési veszteségi értékek (%; n=8/csoport/vágás)

^{a-b} betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között $p \leq 0,05$ szinten

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

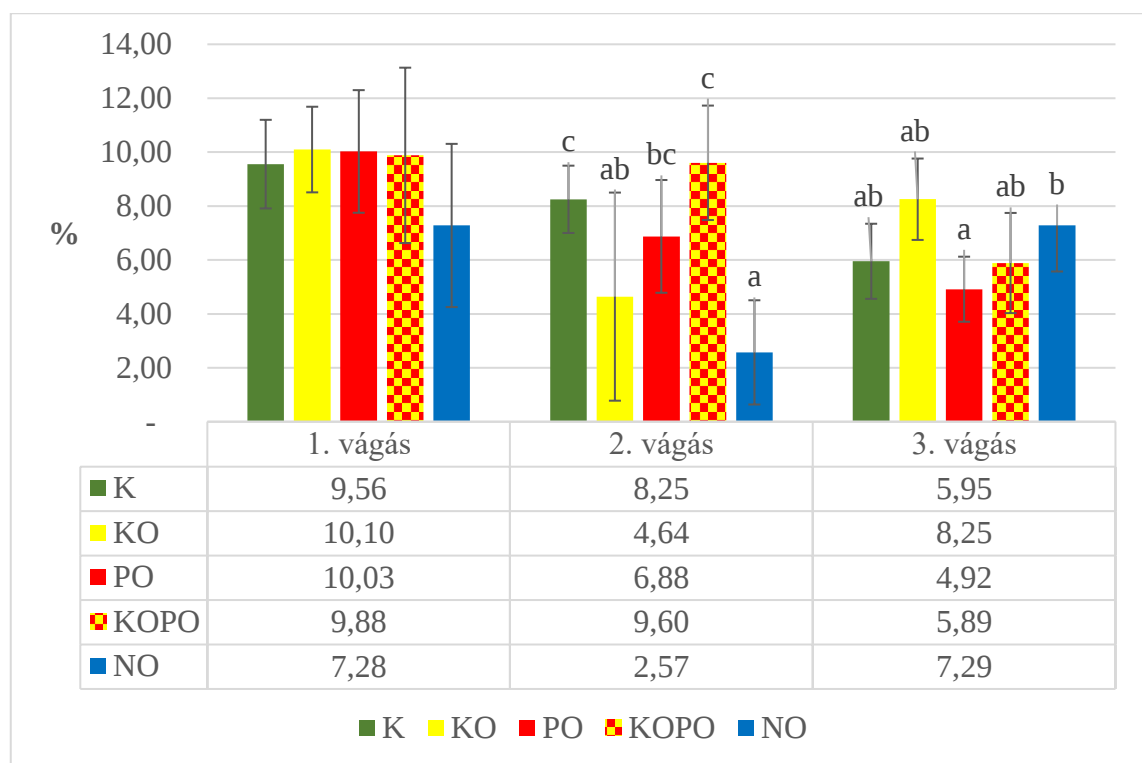
A zsírkiegészítés hatására – a kókuszolaj kivételével – minden vizsgálati időpontban nagyobb volt a csepegési veszteség a K-hoz viszonyítva. A kókuszolaj esetén e paraméter a K-hoz hasonlóan, sőt a 35. napon kedvezőbben alakult. A 42. napon emellett a pálmazsír kiegészítés sem gyakorolt számottevő hatást a víztartó képességre.

A csepegési veszteség adatait tartalmazó adathalmazon elvégzett Pearson-féle korreláció analízis során nem találtam összefüggést.

4.3.4. Konyhatechnikai veszteségek

Konyhatechnikai veszteségként a kiolvadás, a sütés és a hűlés során fellépő tömegvesztést értékeltem. Az első mintavételi időpontban a kiolvadási veszteségek (10. ábra) csoportonként nagyobbak voltak, a későbbi mintavételek eredményeihez hasonlítva. Ekkor a kísérleti zsírkiegészítést tartalmazó (KO, PO, KOPO) csoportok esetében a kontrollhoz hasonló értékeket mértem. Az NO csoportban ugyanakkor valamivel kisebb volt a veszteség, azonban ez statisztikailag nem igazolható. A második vágásból származó minták esetében már a kiolvadási veszteség értékelésekor is jelentős eltéréseket tapasztaltam, miszerint a KO és az NO kiegészítés hatására szignifikánsan kisebb volt a súlyvesztés a K-hoz és a KOPO-hoz viszonyítva, sőt az NO értéke még a PO csoporthoz hasonlítva is számottevően kisebb értéket mutatott.

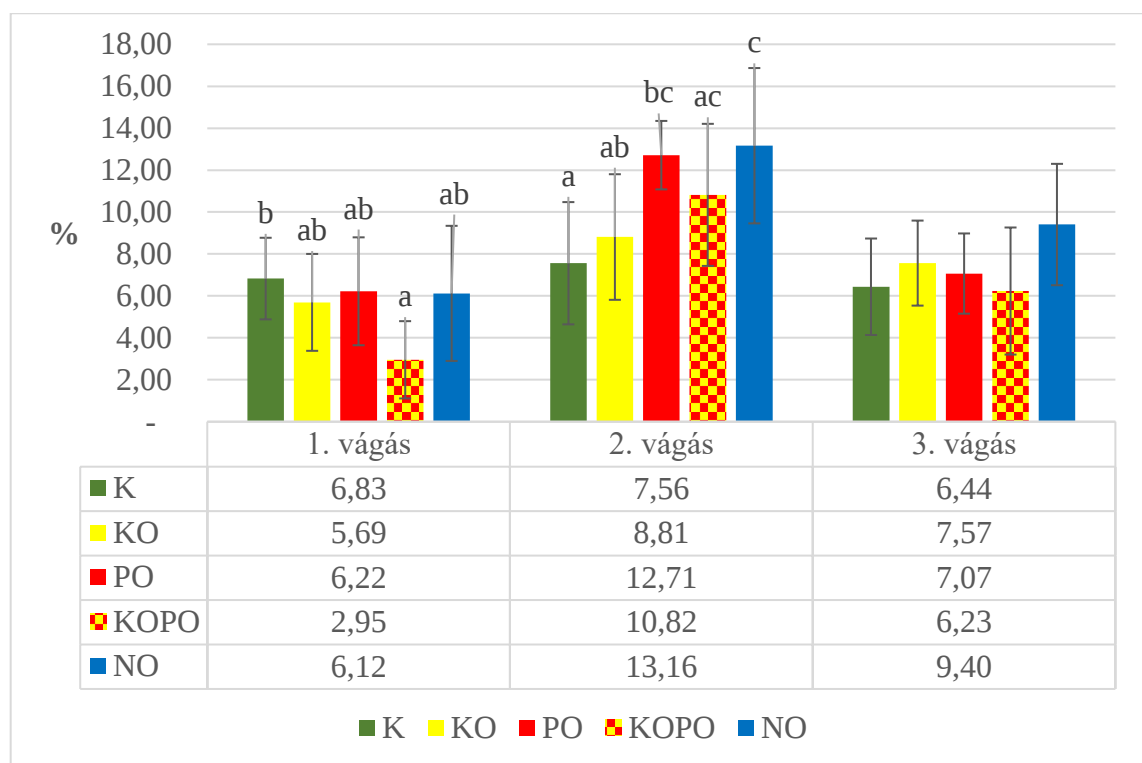
A harmadik vágás alkalmával a KO csoportban volt a legnagyobb a veszteség, míg a PO súlya csökkent a legkevésbé. Szignifikáns különbséget itt a PO-NO csoportok között találtam.



10. ábra: Kiolvadási veszteségek alakulása a mellfilé mintákban (%; n=8/csoport/vágás)
^{a-b} betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között $p \leq 0,05$ szinten, azonos paraméterek esetében

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

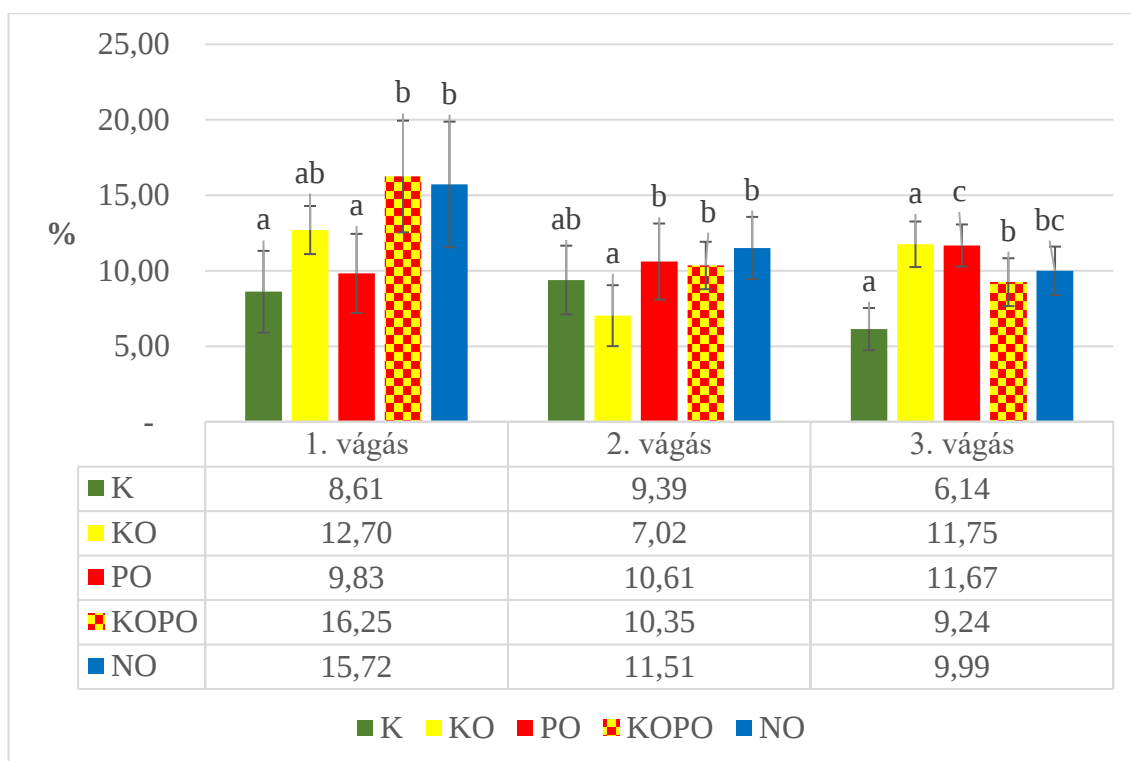
Az első mintavételi időpontban a legkisebb súlyvesztést a sütés (11. ábra) során tapasztaltam általában kezeléstől függetlenül. A sütési veszteség esetében a K csoportban mért legnagyobb, ill. a KOPO csoportban tapasztalt legkisebb veszteség szignifikáns mértékű különbséget jelentett. A második vágáskor az NO csoport mintáiban mértem a legnagyobb, míg a K-ban a legkisebb sütési veszteséget és az eltérés statisztikailag igazolható mértékű volt. Emellett az NO csoport súlyvesztése a KO csoport értékét is számottevően meghaladta. A harmadik vágáskor, akárcsak a második vágásnál itt is az NO csoportban volt a legnagyobb és a KOPO csoportban a legkisebb veszteség a sütés során bár ekkor az eltérések statisztikai szempontból nem számottevőek.



11. ábra: Sütési veszteségek alakulása a mellfilé mintákban (%; n=8/csoport/vágás)

^{a-b} betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között $p \leq 0,05$ szinten, azonos paraméterek esetében K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

Az első mintavételi időpontban a legnagyobb veszteséget általában kezeléstől függetlenül a hűlés (12. ábra) során tapasztaltam. Ekkor a legnagyobb a súlyvesztés a KOPO és az NO csoportban volt, míg a legkisebb a K csoportban, de hasonlóan alakult a PO csoportban is a változás. Az eltérés szignifikánsnak mutatkozott a KOPO-K, az NO-K, a PO-KOPO és a PO-NO csoportok között. A második vágáskor a hűlés során a KO csoport mintái vesztek legkevesebb súlyt, míg a további kísérleti csoportok (PO, NO, KOPO) értékei hasonlóan alakultak és szignifikáns mértékben meghaladták azt. A harmadik vágás alkalmával a K csoport súlyvesztése volt a legkisebb, a KO csoporttá pedig a legnagyobb. Statisztikailag igazolt különbséget találtam a KOPO-KO, az NO-KO, a PO-KO, a KOPO-K, az NO-K, a PO-K és a PO-KOPO csoportok között.

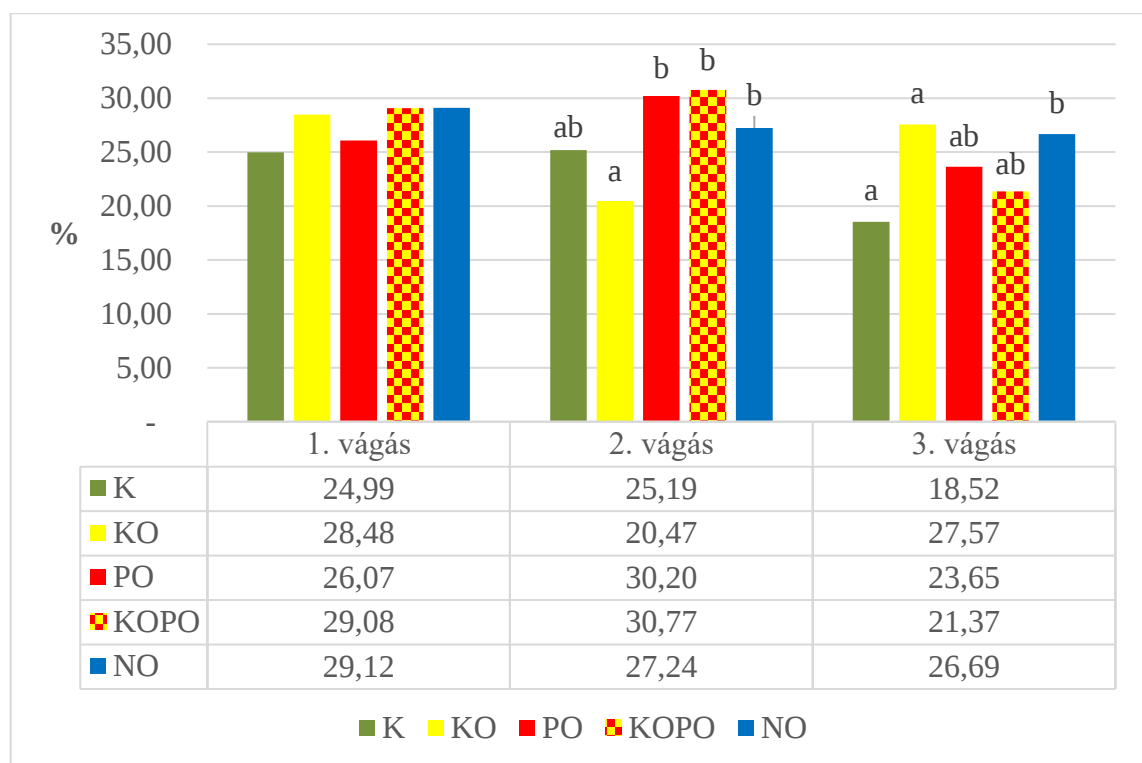


12. ábra: Húlési veszteségek alakulása a mellfilé mintákban (%; n=8/csoport/vágás)
^{a-b} betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között $p \leq 0,05$ szinten, azonos paraméterek esetében
 K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

Az első vágás eredményei alapján megállapítható, hogy az összes konyhatechnikai veszteség (13. ábra) a K csoportban volt a legkisebb. Az első vágás alkalmával amennyiben nem külön vizsgáljuk meg a veszteségeket, hanem összeadva összeségében, akkor nincs szignifikáns különbség a csoportok között.

A második vágásból származó minták esetében a KO csoportban mutatkozott a legkisebb konyhatechnikai veszteség, míg a kombinált kezelés (KOPO) súlyvesztése volt a legnagyobb. E vágás alkalmával az összes veszteséget értékelve szignifikáns különbség mutatkozott a KOPO-KO, NO-KO, PO-KO csoportok között.

A harmadik vágás alkalmával elszámolt összes konyhatechnikai veszteséget vizsgálva, megállapítható, hogy a K csoport bizonyult a legjobbnak, ami legalább részben abból adódhat, hogy a húlési veszteség is ennél a csoportnál volt a legkedvezőbb. A legrosszabb eredményt a KO csoport mutatta, amelynek háttérében a jelentősebb kiolvadási és húlési veszteség áll. A statisztikai elemzés során szignifikáns különbséget találtam az NO-KO és az NO-K csoportok között.



13. ábra: Összes konyhatechnikai veszteség alakulása a mellfilé mintákban (%; n=8/csoport/vágás)

^{a-b} betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között $p \leq 0,05$ szinten, azonos paraméterek esetében
 K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszolaj kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

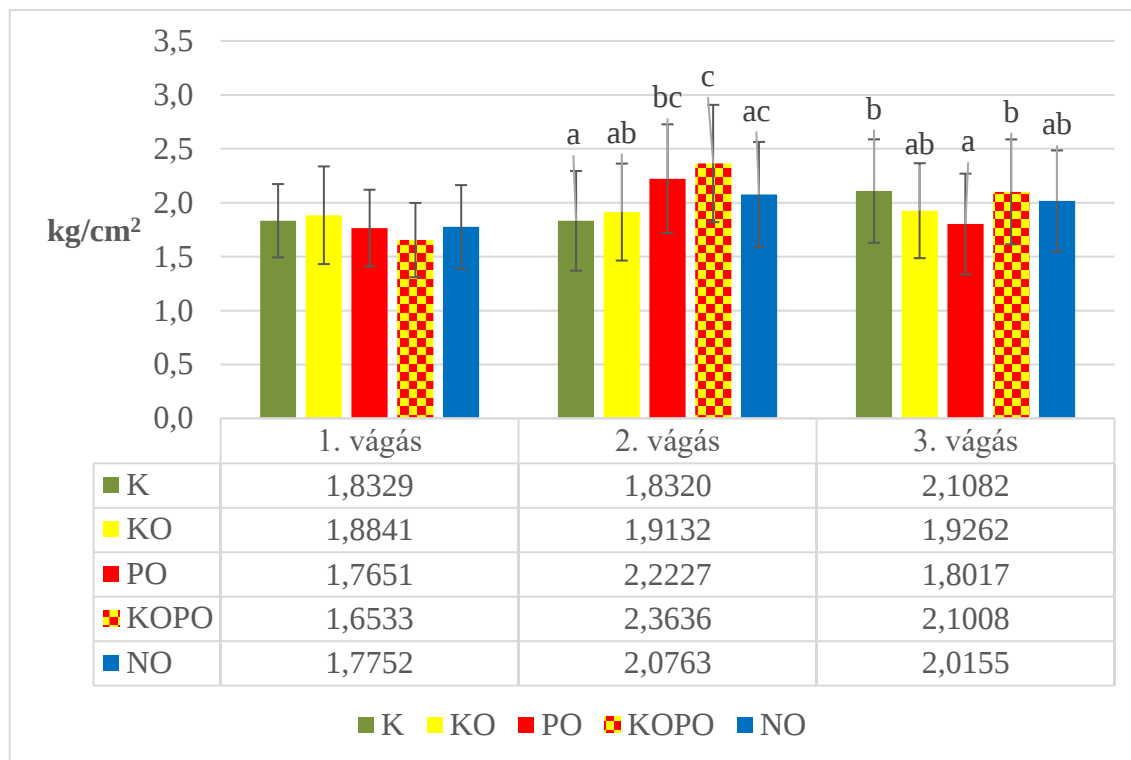
Megállapítható, hogy a kísérletben alkalmazott kezelések egyértelműen kedvezőtlenül befolyásolják a hús lédúságát, hiszen a legkisebb veszteséget mind a vágást követő hűtve tárolás, mind a konyhatechnikai feldolgozás során a K csoportban mértem. A 35. napon történt vágási időpontban a sütési veszteség minden olajos kezelés esetében meghaladta a kontroll értékét, és az eltérés a pálmazsír és a napraforgóolaj esetében szignifikáns is volt és ez a tendencia a 42. napon is kimutatható, ha statisztikailag a különbségek nem is bizonyultak számottevőnek. Ennek hátterében az állhat, hogy a sütés során nem csupán a hús nedvességtartalma csökken, hanem a zsír egy része is kiolvadhat, amely feltételezésem szerint az olajkiegészítés hatására megváltozott zsírsavösszetétellel is összefüggésbe hozható. A sülési veszteség ekkor is meghaladja az olajkiegészítés hatására a kontroll értékét, azonban az eltérések statisztikailag nem számottevők, ugyanakkor a hűlés során a kókuszolaj kivételével minden csoportban szignifikánsan több veszteséget mértem a kontroll csoporthoz viszonyítva, míg az önálló kókusz- ill. pálmazsír kiegészítés esetében mért súlyvesztés jelentősen meghaladta a napraforgó-olajos kezelés értékét. Mindez arra utal, hogy önmagában az olaj-kiegészítés növeli a veszteséget sülés és hűlés során, ill. az olaj-kiegészítés minősége is befolyásoló tényező lehet.

A konyhatechnikai veszteségek adatait tartalmazó adathalmazon elvégzett Pearson-féle korreláció analízis során nem találtam összefüggéseket.

4.3.5. Porhanyósság

A mellfilé egyik fontos érzékszervi tulajdonsága a porhanyósság, amelyet általánosan a nyíróerőpróbával lehet jellemezni. Ez a vizsgálat azt mutatja meg milyen erővel kell egy pengét nyomni a megfelelően előkészített húsminta teljes keresztmetszetének átvágásához.

Az első vágás mintáin mért adatok a fiatal, gyenge húsú állatokra jellemző adatok és minden csoportban közel azonos értékeket mértem, statisztikailag igazolható különbséget nem tapasztaltam. (14. ábra).



14. ábra: A nyíróerő értékének alakulása a mellfilében a kísérletben szereplő csoportokban az egyes vágási időpontokban (kg/cm²; n=8/csoport/vágás)

^{a-b} betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között p≤0,05 szinten

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

A második vágás alkalmával a K csoport értéke megegyezett az első vágás mintáinak értékével. A többi csoport (KO, PO, NO) értéke növekedett az előző mintavételi alkalomhoz viszonyítva, különösen a KOPO, ahol 30%-os emelkedést mértem. A második vágás mintáin mért nyíróerő értékek statisztikai elemzése során megállapítottam, hogy a PO és KOPO csoportokban a hús porhanyóssága számottevően elmarad a K csoportétól, sőt az etekintetben legrosszabb KOPO értékek a KO csoporttól is szignifikáns mértékben maradnak el.

A harmadik vágásból származó minták mérése során arra a megállapításra jutottam, hogy ekkor a PO csoport porhanyóssága volt a legjobb, amely a K és a KOPO csoportokhoz viszonyítva szignifikánsan különbözött.

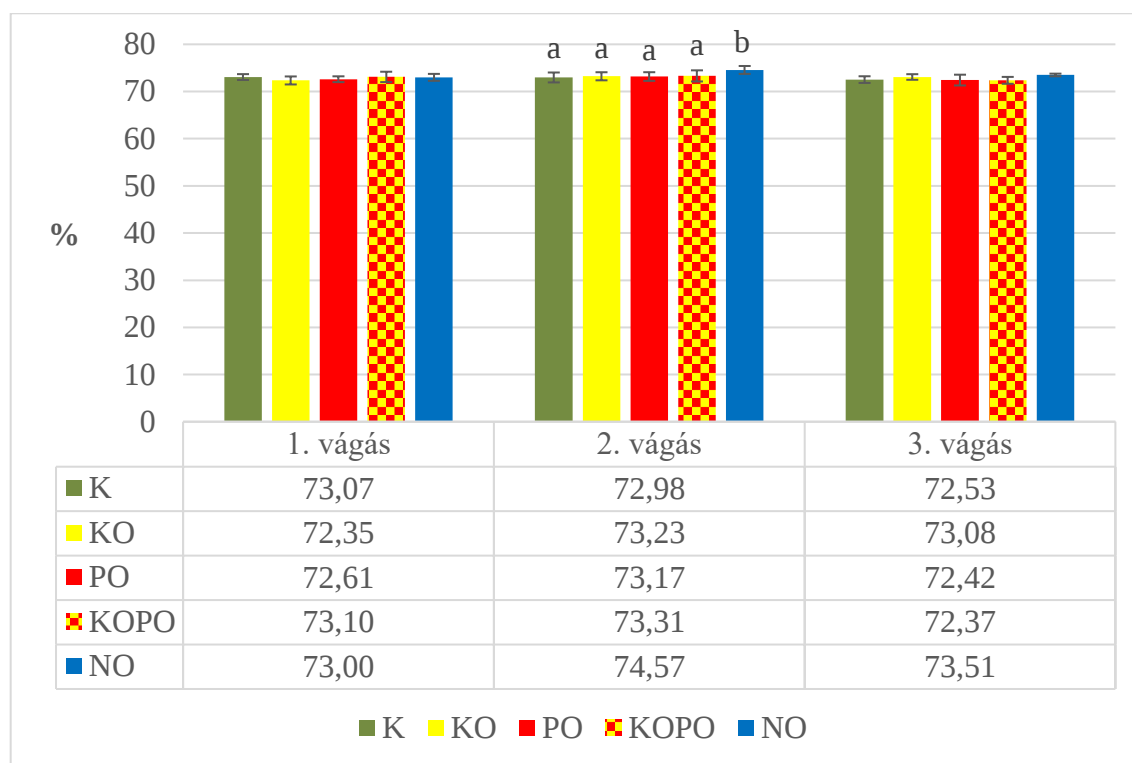
Egyhetes olajkiegészítést követően minden csoportban közel azonos értékeket mértem (1,65-1,88 kg/cm²). A 35. napon minden kísérleti csoport nyíróerő értéke meghaladta a kontrollét, azonban attól szignifikáns mértékben csak a PO és a KOPO csoportok tértek el. A 42. napon azonban az irodalmi forrásokhoz hasonlóan a kókuszszír és a pálmazsír porhanyósságot fokozó

hatását tapasztaltam, amely hatás a pálmazsír esetében erősebbnek bizonyult. Érdekesség, hogy a kombinált kezelés esetében a két zsír kedvező hatása eltűnt.

A nyíróerő próba adatait tartalmazó adathalmazon elvégzett Pearson-féle korreláció analízis során nem találtam összefüggést.

4.3.6. Tápanyag-tartalom eredményei

A mellhús tápanyag-tartalmának értékelése három paraméter mérése alapján történt. A rendelkezésre álló minták mennyisége lehetővé tette a mérés két ismétlésben történő elvégzését.



15. ábra: A három vágásból származó mellizom minták nedvesség tartalma (%-ban az eredeti anyaghoz viszonyítva; n=8/csoport/vágás)

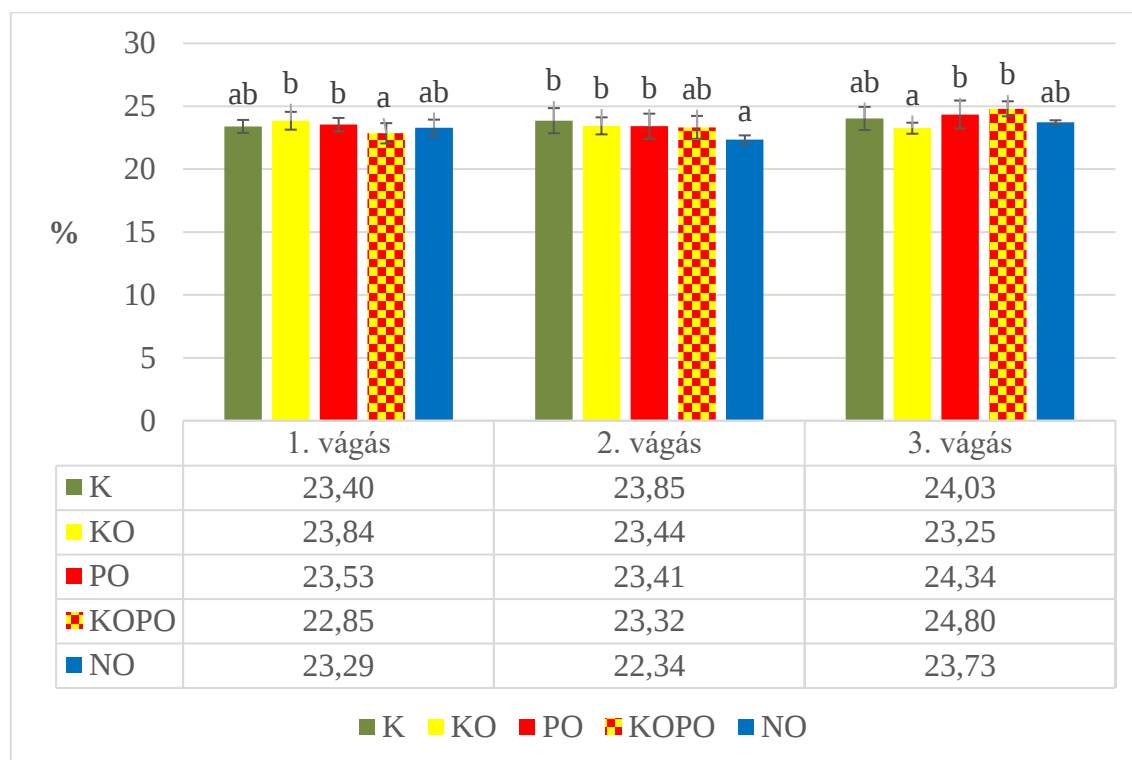
^{a-b} betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között $p \leq 0,05$ szinten

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszzsír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

Az első vágás eredményei alapján a nedvesség tartalomban a csoportok között szignifikáns különbséget nem találtam (15. ábra). A második vágáskor a hús nedvessége hasonlóan alakult, mint az első vágás esetében, azonban az NO közel 1,5%-kal előzte meg a többi csoportot, ami szignifikáns elérés volt a többi kezeléshez viszonyítva. A harmadik vágásnál mért nedvesség adatok teljesen hasonló mintázatot mutattak, mint a második vágás alkalmával, azonban itt már a csoportok között statisztikailag igazolható eltérés nincs.

Az első vágáskor a fehérje-tartalomra vonatkozóan szignifikáns különbséget kaptam a KOPO-KO és PO-KOPO csoportok között (16. ábra). A második vágáskor a hús fehérjetartalma az NO csoportban volt a legkisebb és a különbség a K, KO és PO csoportokkal összehasonlítva szignifikánsnak bizonyult. A harmadik vágás esetében a fehérje értékek magasabbak lettek, mint

a korábbi vágások mintáiban mértek. Szignifikáns különbséget kaptam a KOPO-KO és a PO-KO csoportok között.

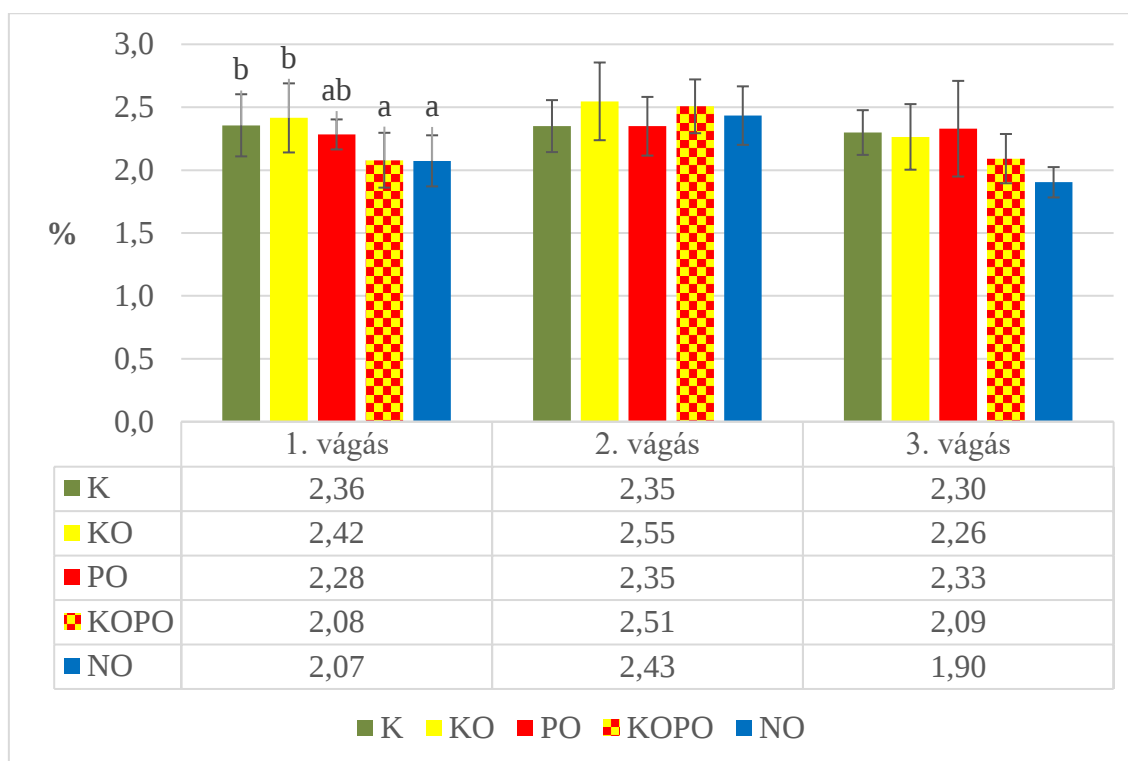


16. ábra: A három vágásból származó mellizom minták fehérje tartalma (%-ban az eredeti anyagban; n=8/csoport/vágás)

^{a-b} betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között $p \leq 0,05$ szinten

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

Az első vágás eredményeinek kiértékelésekor a zsírtartalom esetében szignifikáns eltérést találtam a KOPO-KO, az NO-KO, a KOPO-K és az NO-K csoportok között. A második vágás alkalmával minden csoportban nagyobb zsírtartalmat mértem, de a csoportok közötti különbségek kevésbé markánsak, szignifikáns különbséget nem találtam. A harmadik vágásnál sem találtam szignifikáns különbséget a zsírtartalom tekintetében a csoportok között (17. ábra), habár a csoportok közötti különbségek jelentősebbnek tűnnek, azonban több csoportban az egyedi értékek szórása jelentős.



17. ábra: A három vágásból származó mellizom minták zsírtartalma (%-ban az eredeti anyaghoz viszonyítva; n=8/csoport/vágás)

^{a-b} betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között $p \leq 0,05$ szinten

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

Összességében az eredményekről elmondható, hogy a nedvességtartalom a második vágás esetében volt a legnagyobb. A hús tápanyag-tartalmának vizsgálata során leginkább a fehérje koncentráció esetében találtam statisztikailag értékelhető eltéréseket, azonban ezek jellemzően 1% körül alakultak, amelyek figyelembe véve a hús 22-25% között alakuló fehérjetartalmát gyakorlati szempontból nem bírnak jelentőséggel. A zsírtartalom esetében az első vágás alkalmával ugyan a napraforgó-olaj és a kombinált kezelés szignifikánsan eltért a többi csoporttól, azonban a továbbiakban a különbségek eltűntek és minden csoportban közel azonos értékeket mértem.

Az összes eredményt elemezve egyedül a nedvesség és a fehérje között kaptam negatív közepes korrelációt.

Az egyes csoportokban külön megvizsgálva a tápanyag-tartalom összefüggéseit megállapítható, hogy a nedvesség- és a fehérje-tartalom között mind az öt csoport esetében negatív korrelációt találtam (M2. melléklet 43. táblázat). Emellett az NO csoportban a nedvesség és a zsírtartalom között pozitív közepes erősségű kapcsolat áll fenn, míg a fehérje és a zsírtartalom között a negatív korrelációt találtam.

4.3.7. A mellhús zsírsavösszetételére vonatkozó eredmények

Mivel vizsgálni kívántam, hogy az olajkiegészítések befolyásolják-e a hús zsírsavösszetételét, ezért a 35. ill. 42. életnapon végzett vágás alkalmával mellfilé mintákat (2 és 4 db/csoport) küldtem egy független laboratóriumba zsírsavanalízisre. A kis mintaelemszám miatt statisztikai elemzésre nem volt lehetőség a 35. napon végzett vágás adatainál (24. táblázat).

24. táblázat: A második vágásból származó mellizom minták zsírsav összetétele (zsírsav az összes zsírsav %-ban; átlag±SD; n=2/csoport)

Zsírsav (%)	K	KO	PO	KOPO	NO
Laurinsav	nd	11,35±2,10	nd	6,19±0,13	nd
Mirisztinsav	nd	5,93±1,03	nd	3,58±0,45	nd
Mirisztoleinsav	nd	0,66±0,00	nd	0,35±0,06	nd
Palmitinsav	25,45±0,75	22,43±1,26	25,98±1,38	25,74±2,66	16,65±5,28
Palmitoleinsav	6,13±0,69	5,42±0,91	5,19±1,68	3,74±0,24	3,61±0,00
Sztearinsav	6,66±0,62	5,73±0,46	5,82±0,04	6,17±0,84	10,84±5,57
Olajsav	37,75±0,40	29,51±1,86	41,79±1,05	32,74±2,43	40,99±6,02
Linolsav	20,11±0,13	15,83±0,86	17,74±1,39	18,38±1,65	27,14±3,78
Linolénsav	1,24±0,33	1,60±0,28	1,40±0,10	1,26±0,25	0,51±0,72
Arachidinsav	0,32±0,00	nd	nd	0,14±0,00	nd
cisz-11-Eikozénsav	nd	nd	nd	0,35±0,07	nd
SFA	32,43	45,43	31,79	41,81	27,49
MUFA	43,88	35,59	46,98	36,83	44,60
PUFA	22,58	19,18	20,54	20,99	28,67
SFA:UFA	0,50:1	0,82:1	0,47:1	0,72:1	0,37:1

nd betűjelzés méréshatár alatt

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókusz zsír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolaj kiegészítés. SFA: telített zsírsavak, MUFA: egyszeresen telítetlen zsírsavak, PUFA: többszörösen telítetlen zsírsavak.

A második vágásból származó mellmintákban a közepes és hosszú szénláncú zsírsavak közül a laurinsav, palmitinsav, olajsav és linolsav található meg nagy arányban, ezen belül a palmitinsav és az olajsav dominál a legtöbb csoportban. A várakozásnak megfelelően az eredmények azt mutatják, hogy a mellhús zsírsavösszetétele a kiegészítésként alkalmazott zsírforrások zsírsav profilját tükrözi. A laurinsav és a mirisztinsav csak a KO és KOPO csoportok húsmintáiban volt kimérhető arányban jelen. A palmitinsav aránya a K, KO, PO, KOPO csoportban közel azonosan alakult, ehhez viszonyítva azonban az NO csoportban 40-45%-kal kisebb értéket kaptam. A palmitoleinsav a KOPO csoportban alacsonyabb volt, mint a K, KO és PO csoportok esetében annak ellenére, hogy a palmitinsav érték hasonló volt az említett csoportokban. A sztearinsav az NO csoport mintáiban lényegesen nagyobb a többi csoporthoz viszonyítva. Az olajsav a PO és az NO csoportban, míg a linolsav az NO csoportban volt a legnagyobb arányban jelen. Összességében a mellfilében a telített és telítetlen zsírsavak aránya a napraforgó-olaj kiegészítés hatására alakult legkedvezőbben. A kókusz zsír kiegészítés ezt az arányt erőteljesen a telített zsírsavak irányába vitte el, amely a kombinált kezelésben is éreztette hatását, míg a pálmaolaj a kontroll-hoz hasonló SFA:UFA arányt eredményezett.

A harmadik vágáskor a legtöbb közepes és hosszú szénláncú zsírsav arányában találtam számottevő eltéréseket az egyes csoportok között (25. táblázat). Hasonlóan a 35. napon történt vágás eredményeihez a laurinsav ismét csak a KO és KOPO csoportban volt kimutatható, ill. ekkor megjelent az undekánsav is ezekben a csoportokban. A két mintavétel időpontja között a laurinsav aránya a KO csoportban 4,01%-kal, a KOPO csoportban 1,74%-kal nőtt. A mirisztinsav megjelent az összes csoport húzában, azonban ahol nem kókusz zsír volt a kiegészítés, ott elhanyagolható a mennyisége. A palmitinsav aránya a 2. vágáshoz hasonlóan alakult, azaz az NO csoportban mutatta

a legkisebb értéket. Emellett fontos megjegyezni, hogy mindkét vágási időpontban a PO csoportban volt a legnagyobb e zsírsav aránya, azonban a harmadik vágás alkalmával az eltérés a többi csoporthoz viszonyítva jelentősebb, amely statisztikailag is igazolható. A palmitoleinsav esetében a K-ban a legnagyobb e zsírsav aránya, míg a legkisebb a KOPO és az NO csoportban és a különbség az utóbbi esetben szignifikáns. A két mérési időpontban jelentős változás nem történt e zsírsav arányában. A sztearinsav aránya a legtöbb csoport esetében hasonlóan alakult a két mintavételi időpontban, azonban az NO csoportban közel a felére csökkent. Így a második mintavétel alkalmával a K csoportban volt a legnagyobb és a PO csoportban a legkisebb e zsírsav aránya, és az eltérés statisztikailag is számottevőnek tekinthető. Az olajsav aránya a két mintavétel során hasonló mintázatot mutat, miszerint a PO csoportban mértem a legnagyobb és a KO csoportban a legkisebb értéket, amely 42. napon vett minták esetében szignifikáns eltérést jelent, sőt a KO értéke minden csoportnál számottevően kisebb. Hasonlóképpen azonos mintázatot mutat a linolsav aránya a két mintavételi időpontban. Ennek megfelelően a második vágási időpontban is az NO csoportban mértem a legnagyobb, míg a KO csoportban a legkisebb értéket. Az NO csoportban a linolsav aránya minden csoporthoz viszonyítva szignifikánsan nagyobb volt. A linolénsav aránya rendkívül alacsony és kismértékben változott a két mintavételi időpont között és a mintázat is változott. A 42. napos életkorban vett minták esetében a két szélsőértéket a K és a KOPO találtam, amely statisztikailag igazolható eltérést jelent (25. táblázat).

A telített és telítetlen zsírsavak aránya a mellfilében a második vágás alkalmával talált mintázattal megegyezik, bár az idő előrehaladtával a zsírsav-arány eltérései markánsabbá váltak.

25. táblázat: A harmadik vágásból származó mellizom minták zsírsav összetétele (zsírsav az összes zsírsav %-ban; átlag $\pm$ SD; n=4/csoport)

Zsírsav (%)	K	KO	PO	KOPO	NO
Undekánsav	nd	1,05 $\pm$ 0,00	nd	0,56 $\pm$ 0,00	nd
Laurinsav	nd	15,36^b$\pm$0,85	nd	7,93^a$\pm$0,41	nd
Mirisztinsav	0,47 ^a $\pm$ 0,30	7,57 ^c $\pm$ 0,83	0,87 ^a $\pm$ 0,08	4,14 ^b $\pm$ 0,29	0,49 ^a $\pm$ 0,04
Mirisztoleinsav	nd	0,78 $\pm$ 0,23	nd	0,48 $\pm$ 0,00	nd
cisz-10-Pentadekánsav	nd	nd	nd	nd	1,12 $\pm$ 0,00
Palmitinsav	25,14^{bc}$\pm$1,38	22,49^b$\pm$1,79	28,46^c$\pm$1,12	23,82^b$\pm$1,74	18,66^a$\pm$1,57
Palmitoleinsav	6,06 ^c $\pm$ 1,25	4,40 ^{ac} $\pm$ 0,79	5,61 ^{bc} $\pm$ 0,90	3,70 ^{ab} $\pm$ 1,00	3,53 ^a $\pm$ 0,62
Sztearinsav	6,55 ^b $\pm$ 0,37	5,31 ^{ab} $\pm$ 0,36	4,87 ^a $\pm$ 0,37	6,00 ^{ab} $\pm$ 1,55	5,33 ^{ab} $\pm$ 0,19
Olajsav	37,29 ^{bc} $\pm$ 1,58	26,76 ^a $\pm$ 1,87	39,34 ^c $\pm$ 0,71	35,40 ^{bc} $\pm$ 4,84	33,54 ^b $\pm$ 1,56
Linolsav	20,56^b$\pm$2,68	14,37^a$\pm$1,88	17,45^{ab}$\pm$1,45	16,72^{ab}$\pm$2,02	34,68^c$\pm$2,01
Linolénsav	1,59 ^b $\pm$ 0,34	1,14 ^{ab} $\pm$ 0,20	1,10 ^{ab} $\pm$ 0,15	1,08 ^a $\pm$ 0,15	1,33 ^{ab} $\pm$ 0,22
Arachidinsav	nd	nd	0,11 $\pm$ 0,00	nd	0,16 $\pm$ 0,01
cisz-11-Eikozénsav	0,36 ^b $\pm$ 0,00	nd	0,25 ^a $\pm$ 0,02	nd	0,26 ^{ab} $\pm$ 0,01
cisz-11,14-Eikozadiénsav	nd	nd	0,12 $\pm$ 0,00	nd	nd
SFA	32,17	51,77	34,30	42,45	24,64
MUFA	43,34	31,95	44,95	39,58	37,07
PUFA	23,89	16,79	19,66	18,88	37,63
SFA:UFA	0,47:1	1,06_1	0,53:1	0,72:1	0,33:1

^{a-b} Azonos sorban eltérő betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között p $\leq$ 0,05 szinten
nd betűjelzés mérés határ alatt

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókusz zsír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés. SFA: telített zsírsavak, MUFA: egyszeresen telítetlen zsírsavak, PUFA: többszörösen telítetlen zsírsavak.

A zsírsav-összetételben jelentősebb eltérések voltak a csoportok között. Így a kókusz zsír kiegészítés hatására érthető módon a dózissal arányosan megjelent a kókusz zsír domináns zsírsava a laurinsav. Ez a változás az idő előrehaladtával fokozódott, így a 42. napon míg a K, PO, NO csoportokban mérés határ alatt maradt-e zsírsav aránya, addig a KO és KOPO csoportokban növekedett és a dózisbeli eltérésnek megfelelően közel duplája volt a laurinsav aránya az 5% kókusz zsír etetés hatására, mint a KOPO csoportban (ahol a bekeverési arány 2,5%). Pálmazsír kiegészítés esetén az olajsav-tartalom emelkedett valamelyest a kontroll eredményekhez viszonyítva, de az eltérés ebben az esetben nem számottevő és a dóziszfüggés sem annyira egyértelmű, mint a laurinsav és a kókuszolaj esetében. Ugyanakkor a palmitinsav aránya, amely dominál a pálmazsírban, gyakorlatilag változatlan maradt a 35. napon és a 42. napra sem emelkedett meg számottevően a K-hoz viszonyítva. A nagy linolsav-tartalmú napraforgóolaj kiegészítés hatására jelentősen nagyobb lett a húsban is e zsírsav aránya mind a kontroll, mind a KO, PO, KOPO csoportban mért értékeknél. Mindez arra utal, hogy a zsírkiegészítés a hús zsírsav-tartalmát számottevően nem, de a zsírsavösszetételét a zsírforrás minőségétől függően megváltoztatja. Összességében a kókusz zsír és a pálmazsír önmagában és kombinált kezelés esetén is csökkenti a telítetlen zsírsavak arányát, ezért feltehetően növeli a hús oxidatív stabilitását.

4.3.8. Húsminőségi paraméterek korrelációs összefüggései

A húsminőségi paraméterek korrelációs összefüggéseinek vizsgálata során azt az eredményt kaptam, hogy (M2. melléklet 44. táblázat) negatív, közepes korreláció áll fenn a b^* és pH45 (45. percben mért pH), a b^* és a csepegési veszteség, valamint a fehérjetartalom és a csepegési veszteség között, míg a pH45 és a csepegési veszteség, valamint a sütési veszteség és a porhanyósság között erős pozitív korreláció áll fenn.

A kísérleti csoportokban egymástól elkülönítve elvégzett korrelációs analízis eredményeit az M2. melléklet 45. táblázat tartalmazza. Ezek közül az alábbiakban csak azokat az erős összefüggéseket emelem ki, amelyek a kezeléstől független analízis eredményétől eltérnek, ill. csak egy-egy csoportban jelennek meg. A K csoportban erős negatív korreláció áll fenn a kiolvadási veszteség és a porhanyósság között. A KO csoport esetében erős pozitív korreláció van a csepegési veszteség és a pH24 (24. órában mért pH), a csepegési veszteség és a hűlési veszteség, valamint a fehérjetartalom és pH24 között, míg a b^* és a hűlési veszteség között negatív korreláció áll fenn. Az NO csoport esetében erős pozitív korreláció áll fenn a kiolvadási veszteség és pH24 között, míg negatív korrelációt találtam a b^* és a hűlési veszteség között.

4.4. Biokémiai paraméterek eredményei

4.4.1. Vérplazma

A 28. napon nem találtam szignifikáns különbséget a vizsgált biokémiai paraméterekben a csoportok között. A zsír-kiegészítést tartalmazó takarmányokat fogyasztó csoportok mindegyikében nagyobb koleszterin és triglicerid koncentrációt mértem a K-hoz viszonyítva, azonban az eltérés statisztikailag nem igazolható (26. táblázat).

26. táblázat: A vérplazmában mért eredmények (átlag $\pm$ SD; n=8/csoport/vágás)

Mintavétel	Paraméter	K	KO	PO	KOPO	NO
28. életnapon	FH (g/l)	32,19 $\pm$ 4,97	34,48 $\pm$ 6,05	32,83 $\pm$ 7,98	34,28 $\pm$ 5,11	33,69 $\pm$ 3,92
	GSH (umol/g feh.)	7,95 $\pm$ 0,85	7,67 $\pm$ 0,75	8,12 $\pm$ 1,90	7,85 $\pm$ 1,70	7,92 $\pm$ 0,68
	GSHPx (E/g feh.)	8,47 $\pm$ 1,69	8,34 $\pm$ 1,82	9,42 $\pm$ 2,99	8,10 $\pm$ 1,31	8,50 $\pm$ 1,12
	MDA (umol/ml)	2,84 $\pm$ 0,71	2,53 $\pm$ 0,75	2,15 $\pm$ 0,52	2,33 $\pm$ 0,73	2,27 $\pm$ 0,58
	Kol (mmol/l)	2,97 $\pm$ 0,34	3,41 $\pm$ 0,55	3,16 $\pm$ 0,55	3,50 $\pm$ 0,41	3,02 $\pm$ 0,33
	TG (mmol/l)	1,55 $\pm$ 0,51	1,99 $\pm$ 0,40	1,94 $\pm$ 0,78	2,06 $\pm$ 0,36	1,82 $\pm$ 0,47
35. életnapon	FH (g/l)	38,83 ^{ab} $\pm$ 4,47	50,95 ^c $\pm$ 8,88	40,48 ^{ab} $\pm$ 8,01	35,41 ^a $\pm$ 4,34	48,50 ^{bc} $\pm$ 7,99
	GSH (umol/g feh.)	8,49 $\pm$ 2,87	7,47 $\pm$ 1,37	9,17 $\pm$ 1,54	9,47 $\pm$ 0,82	7,59 $\pm$ 1,03
	GSHPx (E/g feh.)	7,44 ^{bc} $\pm$ 0,87	5,48 ^a $\pm$ 0,81	7,33 ^{bc} $\pm$ 1,07	8,31 ^c $\pm$ 0,93	6,22 ^{ab} $\pm$ 0,89
	MDA (umol/ml)	4,58 $\pm$ 0,98	3,55 $\pm$ 0,68	3,60 $\pm$ 0,83	3,54 $\pm$ 0,57	3,70 $\pm$ 0,53
	Kol (mmol/l)	3,07 $\pm$ 0,38	3,60 $\pm$ 0,46	3,82 $\pm$ 0,91	3,30 $\pm$ 0,46	3,48 $\pm$ 0,21
	TG (mmol/l)	1,51 $\pm$ 0,48	2,10 $\pm$ 0,40	1,88 $\pm$ 0,43	1,74 $\pm$ 0,45	1,68 $\pm$ 0,55
42. életnapon	FH (g/l)	29,08 $\pm$ 6,36	26,15 $\pm$ 7,89	31,96 $\pm$ 4,44	23,92 $\pm$ 4,88	27,83 $\pm$ 4,31
	GSH (umol/g feh.)	10,11 ^{ab} $\pm$ 1,79	10,69 ^{ab} $\pm$ 2,22	8,79 ^a $\pm$ 0,57	11,32 ^b $\pm$ 1,51	9,67 ^{ab} $\pm$ 1,93
	GSHPx (E/g feh.)	11,74 ^{ab} $\pm$ 3,19	13,96 ^{ab} $\pm$ 4,37	10,42 ^a $\pm$ 1,09	14,59 ^b $\pm$ 2,67	12,35 ^{ab} $\pm$ 1,77
	MDA (umol/ml)	3,38 $\pm$ 0,62	3,61 $\pm$ 1,01	3,84 $\pm$ 0,68	3,23 $\pm$ 0,89	3,29 $\pm$ 0,62
	Kol (mmol/l)	3,41 ^a $\pm$ 0,58	4,26 ^b $\pm$ 0,81	4,14 ^{ab} $\pm$ 0,28	3,96 ^{ab} $\pm$ 0,65	3,63 ^{ab} $\pm$ 0,28
	TG (mmol/l)	0,79 $\pm$ 0,48	0,76 $\pm$ 0,48	0,85 $\pm$ 0,34	0,54 $\pm$ 0,26	0,63 $\pm$ 0,29

^{a-b} Azonos sorban eltérő betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között p $\leq$ 0,05 szinten

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

A második vágás alkalmával gyűjtött mintákban a vártak megfelelően minden kísérleti csoportban nagyobb koleszterin és triglicerid koncentrációt mértem a K csoporthoz viszonyítva. A különbségek azonban statisztikailag nem igazolhatók. A vérplazma fehérjetartalma a KOPO csoportban volt a legkisebb és a KO csoportban a legnagyobb, köztük az eltérés szignifikáns mértékű. A KOPO csoport emellett az NO értékét is számottevően meghaladta. A glutation redox rendszer paraméterei egyes esetekben jelentős eltérést mutattak a csoportok között. A glutation-peroxidáz aktivitás a kókuszszír kiegészítés esetében volt a legkisebb, amely az NO kivételével minden csoport értékétől számottevően elmaradt. A legnagyobb enzimaktivitás pedig a KOPO esetében volt kimutatható, amely a KO mellett az NO értékét is szignifikáns mértékben meghaladta. Hasonló tendenciákat találtam a GSH koncentráció esetében is, azonban az eltérések statisztikailag nem igazolhatók. A malondialdehid koncentráció minden csoportban közel azonos volt.

A 35. napon a glutation-redox rendszer aktivitása némiképp csökkent a 28. napon mért értékekhez viszonyítva és ezzel párhuzamosan valamelyest nőtt a malondialdehid koncentráció. Ez a változás azonban minden csoportban hasonlóképpen alakult. Így vélhetően nem hozható összefüggésbe a kezelésekkel.

A 42. napon végzett vágás alkalmával a vérplazma koleszterin koncentrációja meghaladta az előző vágások értékeit, ugyanakkor meglepő módon a triglicerid koncentráció még a kiindulási értékeket sem érte el. A csoportok között az utóbbi paraméterben számottevő eltérés nem látható, míg a koleszterin koncentráció minden csoportban meghaladta a K értékét, azonban az eltérés csak a KO csoport esetében volt statisztikailag igazolható. A szabadgyök képződés mértékét jellemző

MDA koncentráció többé-kevésbé hasonlóan alakult a különböző csoportokban, számottevő eltérést nem tapasztaltam. A korábbi vágáshoz viszonyítva a K csoportban valamelyes csökkent, míg a zsírkiegészítés esetén minden csoportban gyakorlatilag változatlan volt a zsírforrástól függetlenül. Ugyanakkor a GSHPx aktivitás és a GSH koncentráció minden csoportban növekedett a 35. nap értékeihez viszonyítva, a csoportok közötti eltérések azonban hasonló mintázatot mutattak. Így a harmadik vágás alkalmával a kombinált kezelés esetében mértem a legnagyobb értékeket mindkét paraméter esetében, és a különbség a PO csoporttal szemben szignifikánsnak is bizonyult.

A vérplazmában a mintavételi időpontok között a csoportokon belül szignifikáns különbségeket ($p \leq 0,05$) találtam. A K csoportban a fehérjetartalom a 2. vágáskor jelentősen meghaladta a 3. mintavételkor mért értéket, a GSHPx aktivitás a 3. vágás alkalmával szignifikánsan nagyobb volt az 1. és a 2. vágás eredményeinél, míg az MDA koncentráció a 2. vágás alkalmával kiugró értéket mutatott, amely szignifikánsan meghaladta mind az 1. mind a 3. vágás alkalmával mért értéket. Hasonló tendenciák figyelhetők meg a KO csoportban is, ahol a fehérje koncentráció kiugró értéket mutat a 2. vágás alkalmával, amely jelentősen meghaladja az 1. és 3. vágás értékeit egyaránt, a GSH koncentráció, és a GSHPx aktivitás a 3. vágás alkalmával egyaránt jelentősen meghaladta mindkét korábbi mintavétel során mért értékeket, míg az MDA koncentráció esetében, bár a 2. vágás alkalmával már megfigyelhető egy emelkedés, amely meg is maradt az utolsó mintavétel idejére is, az csak a 3. és 1. vágás között tért el szignifikáns mértékben. Teljesen megegyező változások figyelhetők meg az NO csoportban, ahol a fehérjetartalom esetében a 2. vágás alkalmával kiugró értéket mutatott, a GSH koncentráció és a GSHPx aktivitás a 3. mintavétel esetében emelkedett számottevően a korábbi mintavételekhez viszonyítva, míg az MDA koncentráció a 2. és 3. vágáskor számottevően emelkedett a kiindulási értékhez viszonyítva.

Bár a fehérjetartalom tendenciáját tekintve hasonlóan változik a PO csoportban, mint a KO-ban, azonban statisztikailag igazolható különbséget ebben az esetben nem találtam. Ugyanakkor a KO-hoz hasonlóan a GSHPx aktivitás a 3. mintavétel alkalmával mutat kiugró értéket a korábbi mintavételekkel összehasonlításban. A KOPO csoportban a fehérje tartalomban a 3. vágás tért el szignifikánsan az 1. és 2. vágástól, a GSH koncentráció és a GSHPx aktivitás esetében a 3. vágás különbözött az 1. és 2. vágástól, míg az MDA esetében az 1. és 2. vágás különbözött.

A kezelési időszakban már az első héten nagyobb plazma koleszterin és triglicerid értékeket mértem, a K-hoz viszonyítva minden kísérleti csoportban. A koleszterin koncentráció esetében ez a változás az idő előrehaladtával markánsabbá vált, míg a triglicerid koncentráció a 42. napra visszaesett. Ez utóbbi paraméter esetében statisztikailag igazolható eltéréseket nem tapasztaltam, míg a koleszterin koncentráció a kezelés harmadik hetére a kókuszolaj esetében már szignifikáns eltérést mutatott a K-hoz viszonyítva. A pozitív kontrollnak tekinthető napraforgóolaj-kiegészítéshez viszonyítva a 42. napra minden kezelésben (KO, PO, KOPO) nagyobb koleszterin és triglicerid koncentrációt mértem, habár a különbség statisztikailag nem volt igazolható. Mindezek alapján megállapítható, hogy a többlet olajbevitel egyértelműen hatással van a zsíryanycserére és emeli a vérplazma koleszterin és TG koncentrációját, valamint ez a hatás összefüggést mutat a zsírforrás összetételével, mivel a nagyobb PUFA-tartalmú napraforgóolaj esetében ez a hatás kevésbé érvényesül, mint a döntően telített zsírsavakat tartalmazó pálmazsír és

kókuszzsír esetében. Ennek hátterében az a tény állhat, hogy a többszörösen telítetlen zsírsavak csökkentik a májban a zsírsavszintézis intenzitását és ezzel a triglicerid szintézist.

A vérplazmában mért paraméterek eredményeit tartalmazó adathalmazon elvégzett korrelációs analízis eredményei a M2. melléklet 46. és 47. táblázatban láthatóak. Az összefüggések közül kiemelendő, hogy a glutation-peroxidáz aktivitás és a triglicerid koncentráció között erős (ez a kapcsolat a KOPO és az NO csoportokban a legkifejezettebb), a GSH és triglicerid koncentráció között pedig közepes (KOPO esetében erős) negatív korreláció volt kimutatható, valamint a redukált glutation és a GSHPx aktivitás erős pozitív összefüggést mutat minden csoportban. Ez utóbbi összefüggés nem meglepő, hiszen a redukált glutation a glutation-peroxidáz kosubsztrátja, így mennyisége egyértelműen befolyásolja az enzim aktivitását.

4.4.2. Vörösvérsejt hemolizátumban mért eredmények

A vörösvérsejt hemolizátumban a mért paraméterek jellemzően mindhárom vágás alkalmával minden csoportban hasonlóan alakultak (27. táblázat). A második vágás alkalmával a fehérjekoncentráció a KOPO csoportban ugyan szignifikánsan meghaladta a KO csoport mintáiban mért értéket, azonban ennek gyakorlati jelentősége elhanyagolható. Így az egyetlen jelentős eltérés a 35. napon a glutation-peroxidáz aktivitásban volt kimutatható, miszerint a kókuszzsír kiegészítés hatására emelkedett értéket mértem, amely a K, a PO és a KOPO csoporthoz viszonyítva is statisztikailag igazolható eltérést jelent. Ezt a mintázatot a redukált glutation koncentráció is követi a vérplazmában találtakhoz hasonlóan, azonban a csoportok közötti eltéréseket itt a statisztikai értékelés nem igazolta. Mindeközben a malondialdehid koncentráció a teljes kísérleti időszakban, minden csoportban hasonlóan alakult.

27. táblázat: A vörösvértest hemolizátumban mért eredmények (átlag $\pm$ SD; n=8/csoport/vágás)

Mintavétel	Paraméter	K	KO	PO	KOPO	NO
28. életnapon	FH (g/l)	47,35 $\pm$ 9,42	52,12 $\pm$ 5,78	53,99 $\pm$ 9,44	45,70 $\pm$ 3,09	45,59 $\pm$ 7,90
	GSH (umol/g feh.)	16,93 $\pm$ 4,23	14,83 $\pm$ 1,93	14,60 $\pm$ 2,08	14,28 $\pm$ 1,16	16,41 $\pm$ 3,59
	GSHPx (E/g feh.)	8,38 $\pm$ 2,04	7,32 $\pm$ 0,78	7,11 $\pm$ 1,09	8,25 $\pm$ 0,65	8,53 $\pm$ 2,26
	MDA (umol/ml)	4,71 $\pm$ 0,76	4,88 $\pm$ 0,81	4,79 $\pm$ 0,88	4,46 $\pm$ 1,02	4,61 $\pm$ 1,00
35. életnapon	FH (g/l)	44,08 ^{ab} $\pm$ 7,08	37,35 ^a $\pm$ 6,70	45,65 ^{ab} $\pm$ 6,14	49,92 ^b $\pm$ 7,29	42,05 ^{ab} $\pm$ 5,12
	GSH (umol/g feh.)	14,73 $\pm$ 2,28	16,65 $\pm$ 2,68	14,89 $\pm$ 1,62	14,46 $\pm$ 1,67	16,00 $\pm$ 2,71
	GSHPx (E/g feh.)	8,61 ^a $\pm$ 1,57	11,06 ^b $\pm$ 2,00	8,89 ^a $\pm$ 1,11	8,31 ^a $\pm$ 0,80	9,65 ^{ab} $\pm$ 1,25
	MDA (umol/ml)	4,27 $\pm$ 0,91	3,85 $\pm$ 0,63	4,69 $\pm$ 0,88	4,26 $\pm$ 0,45	4,64 $\pm$ 1,00
42. életnapon	FH (g/l)	48,00 $\pm$ 9,04	51,35 $\pm$ 4,87	46,71 $\pm$ 7,48	54,28 $\pm$ 5,75	45,70 $\pm$ 7,48
	GSH (umol/g feh.)	13,48 $\pm$ 1,68	12,15 $\pm$ 1,99	14,30 $\pm$ 2,10	11,97 $\pm$ 1,13	13,66 $\pm$ 1,43
	GSHPx (E/g feh.)	8,55 $\pm$ 1,56	7,89 $\pm$ 1,41	8,69 $\pm$ 1,74	7,52 $\pm$ 0,76	9,22 $\pm$ 1,32
	MDA (umol/ml)	4,80 $\pm$ 0,81	4,70 $\pm$ 0,58	4,42 $\pm$ 0,61	5,00 $\pm$ 0,93	4,71 $\pm$ 0,44

^{a-b} Azonos sorban eltérő betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között p $\leq$ 0,05 szinten

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszzsír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókuszzsír és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

A vörösvértest hemolizátumban mért paraméterek eredményein végzett korrelációs analízis eredményei a M2. melléklet 48. és 49. táblázatban láthatóak. Az eredményeket alapul véve azt találtam, hogy a vörösvértest hemolizátumban hasonlóan a vérplazmánál leírtakhoz, a GSH a GSHPx-szel mutat erős pozitív korrelációt, amely a KO, PO és NO csoportokban a legkifejezettebb. Emellett az MDA koncentráció és a GSH koncentráció ill. a GSHPx aktivitás

között gyenge, negatív kapcsolat áll fenn, ami összecseng a glutation-peroxidáz antioxidáns hatásával.

4.4.3. Máj homogenizátumban mért eredmények

A májmintákban a vérben mért oxidatív státusz paraméterek mellett a lipidperoxidáció iniciációs időszakát jellemző konjugált diének (CD) és triének (CT) koncentrációját is mértem (28. táblázat). A májban a vizsgált paraméterek tekintetében az egyes vágások alkalmával a csoportok között számottevő eltérést nem tapasztaltam. A legtöbb paraméter a vizsgálat teljes időtartama alatt hasonlóan alakult, bár a malondialdehid koncentráció a kezeléstől függetlenül az életkor előrehaladtával fokozatosan növekedett valamelyest.

A kísérleti időszakban a lipid-peroxidáció iniciációjára jellemző paraméterek közül egyedül a CD és kizárólag a K csoportban mutatott statisztikailag igazolható mértékű változást, azaz a 2. vágáskor szignifikánsan kisebb volt az 1. és 3. vágás alkalmával mért értékeknél. Ezzel szemben az MDA-koncentráció minden csoportban jelentős emelkedést mutatott az idő előrehaladtával. Így a 3. mintavétel alkalmával minden csoportban nagyobb MDA-tartalmat mértem, mint a korábbi mintavételek során. Az eltérés azonban a K csoport esetében csak az 1. vágással összevetve volt statisztikailag is igazolható, míg a többi csoport esetében mindkét korábbi mintavétel alkalmával mért értékeket szignifikánsan meghaladta. Az antioxidáns paraméterek tekintetében csak a KO csoportban találtam számottevő eltérést. A GSH koncentráció és a GSHPx aktivitás egyaránt folyamatosan csökkent a vizsgálati időszakban, és az 1. mintavételhez viszonyítva mind a 2., mind a 3. mintavétel értékei számottevően kisebbek voltak.

28. táblázat: A máj homogenizátumban mért eredmények (átlag $\pm$ SD; n=8/csoport/vágás)

Mintavétel	Paraméter	K	KO	PO	KOPO	NO
28. életnapon	FH (g/l)	137,28 $\pm$ 52,45	119,56 $\pm$ 21,95	143,79 $\pm$ 29,63	142,05 $\pm$ 36,09	151,23 $\pm$ 45,05
	GSH (umol/g feh.)	5,88 $\pm$ 1,54	6,66 $\pm$ 1,29	5,27 $\pm$ 1,09	5,63 $\pm$ 1,63	5,35 $\pm$ 1,48
	GSHPx (E/g feh.)	4,51 $\pm$ 1,44	4,66 $\pm$ 0,93	3,86 $\pm$ 1,19	4,19 $\pm$ 1,34	3,97 $\pm$ 1,27
	MDA (umol/ml)	21,11 $\pm$ 3,79	21,88 $\pm$ 4,84	16,21 $\pm$ 5,35	18,89 $\pm$ 4,43	21,01 $\pm$ 7,84
	CD (A232)	0,66 $\pm$ 0,04	0,66 $\pm$ 0,05	0,64 $\pm$ 0,06	0,63 $\pm$ 0,08	0,64 $\pm$ 0,04
	CT (A268)	0,23 $\pm$ 0,01	0,23 $\pm$ 0,02	0,23 $\pm$ 0,02	0,22 $\pm$ 0,02	0,22 $\pm$ 0,01
35. életnapon	FH (g/l)	141,24 $\pm$ 11,21	133,20 $\pm$ 19,30	152,43 $\pm$ 31,30	153,03 $\pm$ 15,91	148,38 $\pm$ 34,86
	GSH (umol/g feh.)	4,61 $\pm$ 0,37	5,11 $\pm$ 0,81	4,62 $\pm$ 0,95	4,29 $\pm$ 0,53	4,08 $\pm$ 0,99
	GSHPx (E/g feh.)	4,17 $\pm$ 0,71	3,76 $\pm$ 0,55	3,81 $\pm$ 0,74	3,68 $\pm$ 0,26	3,62 $\pm$ 0,86
	MDA (umol/ml)	22,59 $\pm$ 5,67	22,73 $\pm$ 4,63	25,64 $\pm$ 3,43	25,02 $\pm$ 5,71	24,74 $\pm$ 3,59
	CD (A232)	0,58 $\pm$ 0,03	0,62 $\pm$ 0,03	0,62 $\pm$ 0,05	0,61 $\pm$ 0,03	0,60 $\pm$ 0,08
	CT (A268)	0,22 $\pm$ 0,01	0,23 $\pm$ 0,02	0,23 $\pm$ 0,02	0,23 $\pm$ 0,02	0,23 $\pm$ 0,02
42. életnapon	FH (g/l)	120,56 $\pm$ 23,92	126,43 $\pm$ 10,92	139,34 $\pm$ 16,35	122,18 $\pm$ 24,25	132,02 $\pm$ 9,13
	GSH (umol/g feh.)	5,25 $\pm$ 1,50	4,54 $\pm$ 0,84	4,16 $\pm$ 1,36	4,68 $\pm$ 0,84	4,29 $\pm$ 0,48
	GSHPx (E/g feh.)	4,42 $\pm$ 1,27	3,40 $\pm$ 0,51	3,67 $\pm$ 1,19	3,84 $\pm$ 0,64	3,44 $\pm$ 0,32
	MDA (umol/ml)	30,48 $\pm$ 8,49	33,52 $\pm$ 4,98	30,03 $\pm$ 6,55	37,17 $\pm$ 9,92	35,11 $\pm$ 7,43
	CD (A232)	0,64 $\pm$ 0,05	0,67 $\pm$ 0,07	0,63 $\pm$ 0,09	0,63 $\pm$ 0,05	0,61 $\pm$ 0,06
	CT (A268)	0,23 $\pm$ 0,01	0,24 $\pm$ 0,03	0,23 $\pm$ 0,03	0,23 $\pm$ 0,02	0,23 $\pm$ 0,02

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

A máj-homogenizátumban mért paraméterek korreláció analízisének eredményei a M2. melléklet 50. és 51. táblázatban láthatóak. Az összes eredményt alapul véve azt állapítottam meg, hogy a máj homogenizátumban mért CD és CT paraméter között érthető módon nagyon erős pozitív korreláció áll fenn. Hasonlóan a vérben talált összefüggésekkel a fehérje és a GSH koncentráció erős negatív összefüggést mutat, valamint a GSH koncentráció és az enzimaktivitás

közötti erős pozitív kapcsolat szintén kimutatható. Emellett a GSHPx-aktivitás és a GSH koncentráció mind a CD-, mind a CT-koncentrációval pozitív korrelációt mutat, azonban míg a legtöbb esetben a kapcsolat gyenge, addig a GSH- és CD-koncentráció között erős.

Mivel az olajkiegészítés hajlamosíthat az oxidatív folyamatok iránti érzékenységre, ezért vizsgáltam a lipidperoxidációs folyamatok intenzitásának jellemzésére alkalmas malondialdehid koncentráció alakulását a vérplazmában, a vörösvérsejt hemolizátumban és máj homogenizátumban. Emellett a májban mértem a lipidperoxidáció korai stádiumában megjelentő konjugált diének és triének mennyiségét is. A vizsgálat eredményei arra utalnak, hogy számottevő oxidatív hatás nem jelentkezett a kezelés ideje alatt, ill. az esetleges oxidatív folyamatokat a madarak antioxidáns rendszere fiziológiai szinten tartotta. Vizsgálatomban minden mintában és minden csoportban jól látszik a GSH koncentráció és a GSHPx szoros kapcsolata. Ez annak a ténynek köszönhető, hogy a glutation a GSHPx egyik kofaktora és így befolyásolja annak aktivitását. A vizsgált paraméterek a májban nem mutattak eltérést az egyes időpontok és egyes csoportok között. Mindez arra utal, hogy az alkalmazott 5% olajkiegészítés nem jelent drasztikus terhelést az állat számára, így a máj detoxifikáló aktivitását nem indítja be. Ugyanakkor a vérplazmában, ahol minden környezeti hatás gyors változásokat okoz a biokémiai paraméterekben, az látható, hogy a kísérleti csoportokban a 42. napra a kókuszoilaj, a kombinált kezelés és a napraforgóolaj hatására a GSHPx aktivitás fokozódott, amely a redox rendszer enyhe indukcióját jelezheti, amelynek eredményeként az oxidatív tényezők kordában tarthatók, hiszen az MDA koncentráció nem változott számottevően. Ez a hatás olyannyira enyhe, hogy a vörösvérsejt hemolizátumban egyetlen csoportban – a kókuszoilaj kiegészítés esetén – volt megfigyelhető az enzimaktivitás számottevő aktivitás növekedése a 35. napon, amely azonban a 42. napra már megszűnt.

Mindez arra utal, hogy a többlet olaj bekeverése optimális tartási körülmények között önmagában nem hajlamosít oxidatív folyamatok megjelenésére.

4.5. Szövetteni vizsgálatok eredményei

4.5.1. Máj

A máj szövettani vizsgálata során elsősorban a többlet zsírkiegészítés okozta zsíros infiltráció vizsgálata volt a célom, azonban mivel emellett a mintákban *lymphocytás* gyulladásos góccok is előfordultak ezeket is értékeltem. Az elemzés a kis mintaszám miatt csak mértéktartóan általánosítható. Vizsgálataim során a zsíros infiltráció jelei a kontroll csoportban hangsúlyosabban jelentkeztek. A kísérleti csoportokban csupán a folyamat első jelei voltak kimutathatók. Etekintetben legkedvezőbb a helyzet a kombinált kezelés és az NO csoport esetében volt. Minden vizsgált mintában előfordultak (elsősorban a portális területeken) *lymphocytás* gyulladásos góccok. Figyelemre méltó, hogy bár ezek száma a leginkább terhelt kontroll csoportban sem volt kóros, a PO és a KOPO csoportban sokkal kisebb volt az előfordulása.

A leírt elváltozások mellett egyes mintákban bővériséget figyeltem meg (29. táblázat).

29. táblázat: A máj szövettani vizsgálata során tapasztalt elváltozások és mértékük

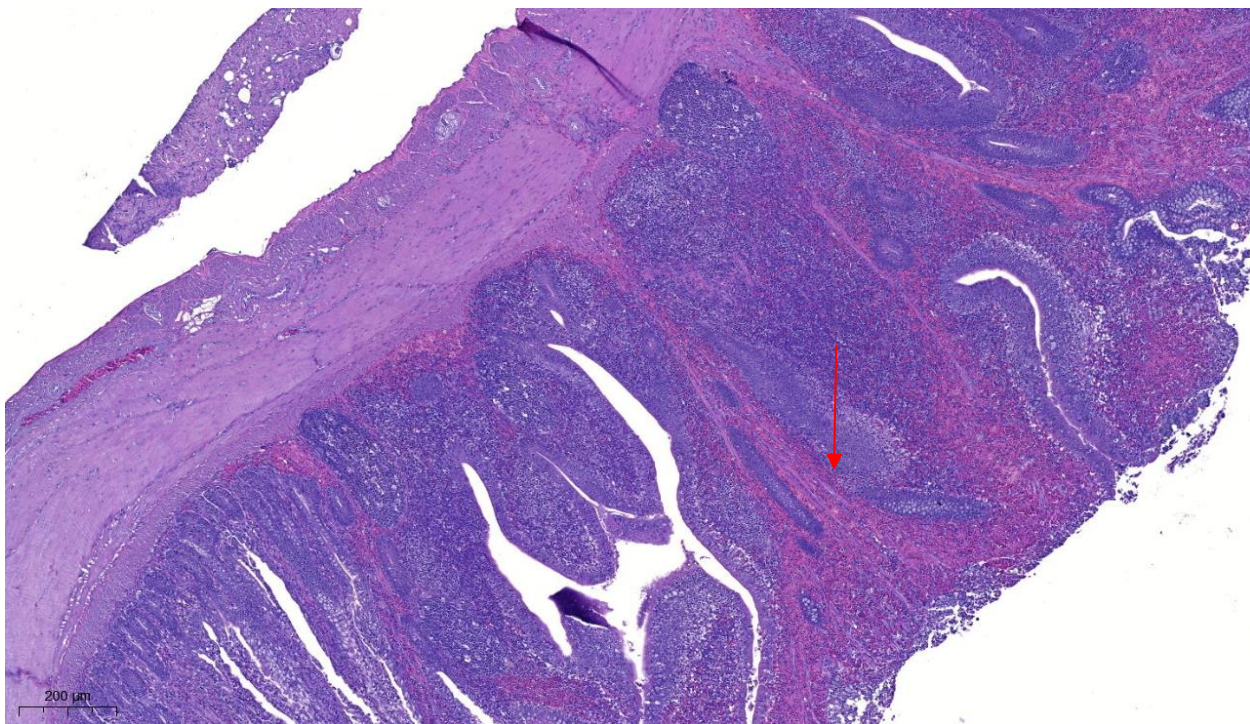
Csoport	Sorszám	Elváltozások			
		zsíros infiltráció*	vízforgalmi zavarok*	Lymphocytás gócok (db/látótér)	egyéb elváltozás
K	426	++		10	
K	458		+++	12	diffúz degeneráció
K	466			18	
K	481	++		5	
KO	437			6	bővérűség
KO	448			8	bővérűség
KO	461	+		15	bővérűség
KO	464	+		21	bővérűség
PO	454	++		9	bővérűség
PO	456	+		8	bővérűség
PO	460			5	
PO	467	+		7	
KOPO	438			8	bővérűség
KOPO	440			4	bővérűség
KOPO	471	+	+	4	bővérűség
KOPO	476			5	bővérűség
NO	441			9	
NO	450			10	
NO	455			10	
NO	473	+		10	

*az egyes mintáknál a + jel az elváltozás jelenlétét mutatja, a + jelek száma az elváltozások súlyosságára utal, azaz minél több + jel szerepel adott mintánál annál súlyosabb az elváltozás. K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszir kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

4.5.2. Jejunum

A bél mintákban, a beleket kívülről határoló *serosa* rétegben, illetve befelé haladva a *tunica muscularis*, a vékony *submucosa* és a *muscularis mucosae rétegekben* kóros elváltozást nem találtam. Esetenként mikromorfológiai eltéréseket tapasztaltam, amelyek a különböző csoportokban hasonlóan alakultak. Az NO csoportban több mintában bővérűséget figyeltem meg (18. ábra), a PO csoportban egyes mintákban egy-két kitágult *crypta*-t találtam, amelyben elhalt sejt- és sejtmagtörmelék, illetve gyulladásos sejtek (*heterophil granulocyták*) voltak jelen (19. ábra). A K és a KOPO csoportokban több esetben előfordult mindkét elváltozás.

A kitágult *crypták* jelenléte gyakori kísérő tünete a vírusos bélgyulladásnak. Tapasztalatom szerint a kísérletben ezzel a problémával nem kellett számolni és a tágult *crypták* gyakorisága sem számottevő, így jelenlétük feltehetően elhanyagolható jelentőségű.



18. ábra: NO csoportból származó jejunum metszet mikroszkópos képe (HE) - bővérűség (Fotó: CaseViewer®)

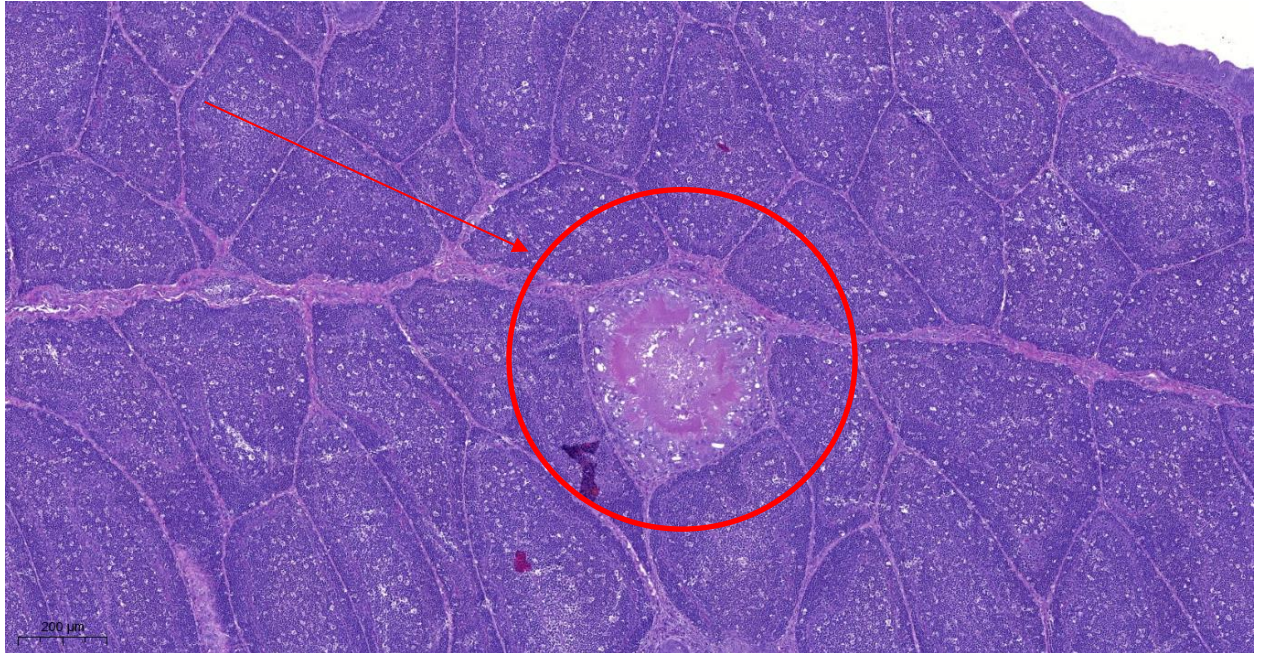


19. ábra: PO csoportból származó jejunum metszet mikroszkópos képe - mintában tágult, sejttörmelékkal telt crypta (Fotó: CaseViewer®)

4.5.3. Bursa Fabricii

A Fabricius mirigy metszeteken a szerv falát rendszerint, kezeléstől függetlenül a *lumen* felől ép hengerhám, kívülről (ahol látható) zsírsejtekben gazdag *adventitia* borítja. A nyálkahártya *propria*-rétegében a *folliculusok* *lymphocytákkal* teltek. Az izomréteg vastagsága megfelelő. Egyes mintákban elszórtan (jellemzően a *propriában*) ciszták láthatók, *basophil*, habosan festődő

tartalommal. A legtöbb cisztát a K és a KO csoport mintáiban találtam, amely mellett a K csoportban esetenként egy-egy elhalásos gócot³ (20. ábra), valamint egy-két *folliculus*-ban *lymphoid depletio*⁴ jeleit figyeltem meg.



20. ábra: K csoportból származó *bursa Fabricii* metszet mikroszkópos képe (HE) - a mintában elhalásos góc látható (Fotó: CaseViewer®)

Ugyanakkor a PO, a KOPO és az NO csoportok mintáiban kevesebb cisztát találtam. Ezeket a PO és a KOPO csoportban habos, *eosinophilen* festődő tartalom tölti ki, valamint *heterophil granulocyták* találhatók benne. Ezzel szemben az NO cisztákra ez nem volt jellemző.

4.5.4. Thymus

A *Thymus*-ok szövettani képe normális élettani állapotot tükröz. A mirigy lebenykéinek kérgi állománya *lymphocyták*-kal telt, míg a velőállományban ún. diffúz Hassall-testek⁵ voltak láthatók (21. ábra).

³ homogén, eosinophil festődésű, a széli részen elszórtan *heterophil granulocytákkal*

⁴ a nyiroktüszők kiürülése

⁵ Hassall-testek: az emlősök *thymusá*-nak velőállományában megfigyelhető, halvány festődésű, *reticulum*-sejteket és *vesiculákat* tartalmazó képletek



21. ábra: KO csoportból származó *thymus* minta mikroszkópos képe - elváltozás nem látható (Fotó: CaseViewer®)

A madarak speciális immunszerve a *bursa Fabricii* és a *Thymus* szövettani képe a PO és KOPO csoportban teljesen normálisan alakult. A jejunum vizsgálata során egy-egy kitágult kriptát találtam, amelynek azonban gyakorlati jelentősége nincs.

4.6. Mikrobiológiai vizsgálatok eredményei

Az alomminták mikrobiológiai vizsgálatainak eredményei a 30. számú táblázatban láthatók.

30. táblázat: Az alomminták mikrobiológiai analizésének eredményei összegezve a teljes kísérlet ideje alatt (5 alkalommal – telepítés, 21., 28., 35., 42. nap) vett minták alapján

Paraméter		K	KO	PO	KOPO	NO
<i>Salmonella</i> spp.	Jelenlét	Negatív	Negatív	Negatív	Negatív	Negatív
	Jelenlét gyakorisága	0/10	0/10	0/10	0/10	0/10
<i>Clostridium perfringens</i>	Jelenlét (log ₁₀ CFU/g)	0,51	1,41	0,34	0,30	0,99
	Jelenlét gyakorisága	2/10	5/10	2/10	2/10	5/10
Coliform	Jelenlét (log ₁₀ CFU/g)	5,46	5,84	5,57	5,91	4,94
	Jelenlét gyakorisága	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10
Összes mikroba	Jelenlét (log ₁₀ CFU/g)	9,63	9,58	9,51	9,48	9,62
	Jelenlét gyakorisága	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

A *Salmonella* spp. vizsgálat során az összes minta negatív eredményt mutatott. A *Clostridium perfringens* a kísérlet során vett 10 alommintában csak 2-5 esetben volt kitenyészthető. Leginkább a KO és NO csoport szennyezettsége volt megfigyelhető (31. táblázat). Bár a 21. napon a K kivételével minden csoportban kimutatható volt a *C. perfringens* a legtöbb csoportban ez a kísérlet előrehaladása során fokozatosan eltűnt. Így a PO és KOPO csoportban már a 28. napra, a K csoport a 35. napra, a KO csoportban pedig a 42. napra vált mentessé az alom. Ugyanakkor az NO csoportban szinte a teljes kísérleti időszakban folyamatosan jelen volt a *C. perfringens* az alomban.

31. táblázat: A *Clostridium perfringens* mintavételenkénti koncentrációja az alommintákban (átlagkoncentráció log₁₀ CFU/g / mintavétel)

Csoport	21. nap	28. nap	35. nap	42. nap
K	nd	1,75	nd	nd
KO	2,15	nd	1,89	nd
PO	0,95	nd	nd	nd
KOPO	1,00	nd	nd	nd
NO	0,80	0,74	nd	1,16

nd betűjelzés értékhatár alatt

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

A Coliform mikróbak folyamatosan jelen voltak minden alommintában, minden csoportban (32. táblázat). A legtöbb csoportban az első mintavétel alkalmával volt a legkisebb és az kísérlet végén a legnagyobb, bár az NO csoportban az egyes mintavételek között jelentősen fluktuált.

32. táblázat: A Coliform mikróbak mintavételenkénti koncentrációja az alommintákban (átlagkoncentráció log₁₀ CFU/g / mintavétel)

Csoport	21. nap	28. nap	35. nap	42. nap
K	5,48	5,61	6,38	5,23
KO	5,58	6,01	5,93	6,78
PO	5,68	5,95	5,38	6,18
KOPO	6,19	5,56	5,45	7,46
NO	4,60	6,08	2,15	6,88

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

Az összcsíraszám vizsgálat eredményei hasonlóan alakultak minden csoportban (33. táblázat) és mintavételi időpontban, bár a mintázat a coliform mikróbaknál leírtakhoz hasonlóan alakult (32. táblázat). Ugyanakkor szükséges megjegyezni, hogy az utolsó mintavétel alkalmával az összcsíraszám tekintetében szignifikáns eltéréseket tapasztaltam, mivel az NO csoport összcsíraszámja jelentősen meghaladta a KOPO, KO és K csoportok értékeit, ugyanakkor PO-hoz hasonlóan alakult. Ez utóbbi csoport azonban már csak a KO csoport értékétől tért el számottevően.

33. táblázat: A összcsíraszám mintavételenkénti koncentrációja az alommintákban (átlagkoncentráció log₁₀ CFU/g / mintavétel)

Csoport	21. nap	28. nap	35. nap	42. nap
K	9,18	9,68	9,88	9,86 ^{ab}
KO	9,89	9,28	9,76	9,45 ^a
PO	9,61	9,42	9,54	10,00 ^{bc}
KOPO	9,33	9,59	9,49	9,62 ^{ab}
NO	9,31	9,57	9,15	10,40 ^c

^{a-b} Azonos oszlopban eltérő betűjelzés szignifikáns különbséget jelent a vizsgált csoportok között $p \leq 0,05$ szinten

K: kontroll csoport, KO: 5%-os kókuszszír kiegészítés, PO: 5%-os pálmazsír kiegészítés, KOPO: 2,5-2,5%-os kókusz- és pálmazsír kiegészítés, NO: 5%-os napraforgóolajos kiegészítés.

Összességében a béltartalomban vizsgálva az összcsíraszámot és a coliform mikroorganizmusok mennyiségét számottevő eltérést nem tapasztaltam a csoportok között. Az állomány salmonella-mentesnek bizonyult. Ugyanakkor a *Clostridium perfringens*, amely a tyúk fajban az elhalásos bélgyulladás kialakulásáért felelős, ugyan kis telepszámmal, de megjelent az állományban minden csoportban. Az olajkiegészítések hatására azonban a kezelés harmadik hetére az 5%-os kókuszszír kiegészítés az első mintavételtől kezdve folyamatos csökkenést mutatott, majd a 42. napon vett mintákban már nem volt jelen a KO, KOPO és PO csoportokban, miközben a napraforgóolaj-kiegészítés alkalmazása esetén, valamint a kontroll csoportban mindvégig kimutatható volt.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

5.1. Következtetések

5.1.1. Takarmányvizsgálatok

A kísérletben használt növényi zsírforrással kiegészített keveréktakarmányok táplálóanyag-tartalma a hozzáadott zsír következtében több, mint kétszeresére nőtt, amelynek eredményeként a látszólagos metabolizálható energia-tartalom közel 1MJ-lal megemelkedett, miközben a nyersfehérje-tartalom minimális mértékben csökkent. Ennek eredményeként míg a kontroll takarmányban a fehérje-energia arány 15,1 g/MJ, addig a kísérleti csoportokban ez 13,2-13,9 g/MJ között alakult (KO-13,5, PO-13,5, KOPO-13,9, NO-13,2). Ez az eltérés gyakorlati szempontból jelentős, mivel arra utalhat, hogy a zsírkiegészítés következtében a kísérleti csoportok takarmányfelvétele csökkenhet, ami veszélyeztetheti a megfelelő fehérjeellátást. A kísérleti keveréktakarmányok táplálóanyag-tartalma azonban azonosnak tekinthető. Az általam felhasznált kókusz- és pálmazsír zsírsavösszetétele hasonlóan alakult az irodalmi adatokhoz (Bhatnagar *et al.*, 2009, Chowdhury *et al.*, 2007). A különböző termőterületekről, ill. fajtákból származó minták között kisebb-nagyobb eltérés lehetséges, azonban ez nem befolyásolja számottevően a zsírsavösszetételt (Marina *et al.*, 2009, Montoya *et al.*, 2014). Ezzel összhangban a vizsgálataim során használt kókusz- és pálmazsír domináns zsírsava a laurinsav (C12:0), míg a pálmazsírban a palmitinsav (C16:0) és az olajsav (C18:1n9t) aránya kiemelkedő. A pozitív kontrollként használt napraforgóolaj ezzel szemben linolsavban (C18:2n6c) gazdag, de az olajsav aránya is jelentős (C18:1n9t). Ennek köszönhető, hogy a kísérleti keveréktakarmányok zsírsavösszetétele a kiegészítő olaj/zsírforrás összetételének megfelelően változott. Hasonló nagyságrendű változásokról számoltak be Htin és munkatársai (2007) is, akik 8% zsírkiegészítés hatásait vizsgálták egyebek mellett kókusz- és pálmaolaj felhasználásával.

5.1.2. Termelési paraméterek

Kísérletemben elsősorban az alkalmazott zsírforrások élettani és húsminőségi paraméterekre gyakorolt hatását kívántam vizsgálni, azonban a kísérleti időszakban rendszeresen történt adatfelvétel a termelési paraméterekre vonatkozóan is. Bár a kis egyedszám alapján a kísérlet csak modellnek tekinthető és pontos következtetések, egyértelmű megállapítások a kezelés hatásairól e paraméterekre vonatkozóan nem tehetők, mégis fontosnak tartom az eredmények közlését és mértéktartó elemzését is a kókusz- és pálmazsír hatásainak értékelésében.

Mivel a zsírkiegészítés hatására a kísérleti keveréktakarmányok metabolizálható energiátartalma megnőtt, fehérje/energia aránya pedig csökkent a kontrollhoz viszonyítva, ugyanakkor a kísérleti takarmányok táplálóanyag-tartalma közel azonos volt, ezért a termelési paraméterek eredményeinek összevetésekor elsősorban a kísérleti csoportokra fókuszálok.

Vizsgálatomban a kókusz-, a pálmazsír és a kombinált kiegészítés esetében a takarmányfelvétel a kontrollhoz hasonlóan alakult, míg a napraforgóolaj-kiegészítés hatására a madarak kevesebb takarmányt fogyasztottak. Ez a tapasztalat több irodalmi eredménynek ellentmond. Így például Dong és Thu (2021) a kókuszolaj koncentráció növelése mellett fokozatosan csökkenő takarmányfogyasztásról számoltak be. Rahman és munkatársai (2012) 5%-os pálmaolaj bekeverése esetén szintén a takarmányfelvétel csökkenését tapasztalták. Ugyanakkor Khatun és munkatársai (2017) hasonló eredményre jutottak, miszerint azonos dózisú pálmaolaj és

napraforgóolaj-kiegészítés esetén az utóbbi olajat tartalmazó takarmányból kevesebbet fogyasztottak az állatok. Ez a tapasztalat megegyezik a saját kísérletem eredményével. Wang és munkatársai (2015) szerint a kókuszolaj-kiegészítés nem befolyásolja az állat takarmányfelvételét, amely szintén összhangban van saját adataimmal, bár ők csak 1,5%-os bekeverési aránnyal dolgoztak. Míg Elewa és munkatársai (2023) a takarmányfelvétel növekedéséről számoltak be kókuszolaj-kiegészítés esetén. A legtöbb forrás, a csökkent fogyasztást annak a ténynek tulajdonítja, hogy a csirke takarmányfelvételét a takarmány energiakonzentrációjához igazítja (Fisher és Wilson, 1974), azaz a nagyobb energiataartalmú takarmányból kevesebbet fogyaszt. Vizsgálatomban ezt a megállapítást csak a napraforgóolaj kiegészítés esetében tapasztaltak erősítették meg, hiszen miközben a zsírkiegészítés hatására minden kezelési csoport takarmányának energiataartalma közel 1 MJ-lal meghaladta a kontroll értékét, a takarmányfelvételben csökkenést csak e csoportban találtam. Mivel azonban a takarmányfogyasztás mérése csoportosan történt, azaz e paraméter esetében statisztikai elemzésre sem volt lehetőség, ezért a csoportok közötti eltérések egyértelmű megítélése nem lehetséges.

A zsírkiegészítés hatására a testtömeg és a tömeggyarapodás alakulásában számottevő eltérést nem tapasztaltam sem a kontroll és az egyes kísérleti csoportok között, sem a kísérleti csoportok összevetésében. A szakirodalom etetékintetben ellenmondásos, hiszen Attia és munkatársai (2020) kókuszolaj kiegészítés hatására, az etetés első időszakában a gyarapodás javulásáról számoltak be. Hasonlóképpen Dong és Thu (2021) kókuszolajjal végzett kísérletükben azt tapasztalták, hogy 6%-os bekeverési arányig a zsírkiegészítés kedvező hatást gyakorolt a súlygyarapodásra, míg e fölött a kedvező hatás eltűnt, sőt romlottak a mutatók. Ugyanakkor, más források szerint a pálmaolaj kiegészítés nem befolyásolja az állatok testtömegét és súlygyarapodását (Panigrahi és Powell, 1991; Onifade és Babatunde, 1998; Sundu *et al.*, 2005), sőt a 4% pálmaolaj hozzáadása az étrendhez a kísérlet 2. és 4. hetétől a madár növekedésére kedvezőtlen hatást gyakorolt (Rahman *et al.*, 2012). Khatun és munkatársai (2017) arról számoltak be, hogy a napraforgóolaj kiegészítés nagyobb testtömeget és súlygyarapodást eredményezett, kísérletükben 6% kiegészítést alkalmaztak. Mindezeket a változásokat kísérletemben nem tapasztaltam, sőt eredményeim alapján az 5%-os napraforgóolajos-kiegészítéssel valamelyest gyengébb eredményt értek el az állatok a többi zsírforrással és a kontrollal szemben egyaránt.

Vizsgálatomban a kókuszolaj- és napraforgóolajos-kiegészítés alacsony kedvezőbb takarmányértékesítést mutattak, de ez nem előnyös, mivel kisebb végtömeggel párosult. Hasonló hatást Rahman és munkatársai (2012) nem tapasztaltak kókuszolaj-kiegészítés esetén, míg Dong és Thu (2021) a kókuszolaj bekeverési arányának növelésével párhuzamosan a takarmányértékesítés fokozatos javulásáról számoltak be. Kísérletemben a pálmazsír kiegészítés a takarmányértékesítés romlását okozta, míg egyes irodalmi források arról számolnak be, hogy a pálmaolaj nem befolyásolja (Ayed *et al.*, 2016), vagy éppen javítja (Nwoche *et al.*, 2003) azt. A takarmányértékesítésben mutatkozó eltérések kísérletemben elsősorban a takarmányfelvétel eltéréseiből adódnak. Statisztikai értékelés hiányában azonban egyértelmű következtetéseket levonni nem lehet.

A különböző olaj-kiegészítések között számottevő különbség nem volt kimutatható a vizsgálat során a relatív szerv és mellkihozatalban. Tendenciáját tekintve azonban érdemes megjegyezni, hogy leggyengébb relatív mellsúly a napraforgóolaj hatására volt elérhető. Bár több olyan publikációt találtam (Attia *et al.*, 2020, Wang *et al.*, 2015), amelyben vizsgálták az egyes belső szervek relatív tömegének alakulását ill. a mellkihozatalt olaj-kiegészítés esetén, ezek az eredmények azonban nem egybehangzóak, ill. kísérletemmel nem összevethetők, mivel

rendszerint csak a hizlalási időszak végén történtek mérések. Mindazonáltal az említett kutatásokban a különböző olaj-kiegészítések nem okoztak eltérést a szervtömegekben, amely összhangban van saját vizsgálataimmal, hiszen a 42. napon a vizsgált szervek tömege minden csoportban hasonlóan alakult.

Fontosnak tartom megjegyezni, hogy a kísérletemben talált szignifikáns eltérések bár statisztikailag igazolhatók, gyakorlati szempontból jelentőségük elenyésző, mindössze 0,2-1% az eltérés a kezelések között. A kis egyedszám miatt a kísérlet modellnek tekinthető, így a termelési paraméterek iránymutatásul szolgálnak.

5.1.3. Húsminőségi paraméterek

A csirkemell optimális pH értéke 5,7-6,1 között mozog (Qiao M. *et al.*, 2001, Van Laack *et al.*, 2000). Vágást követően ugyanakkor sokkal szélesebb skálán mozog és elérheti akár a 6,7 értéket is (Ristic és Damme, 2010). A jó minőségű húsban azonban a pH a vágást követően gyorsan csökken, így általában 6-8 órával a vágás után már az optimális tartományban mozog, de technológiai okok miatt jellemzően a 24-órás pH-t tekintik véglegesnek (Petracci és Baeza, 2009). Akár enyhébben, akár erősebben savas kémhatásúvá válik a hús, az minőségi problémát okoz. Mivel a csirkehús romlását leggyakrabban elindító *Pseudomonas*-ok pH optimuma 6,0-8,0 között van, ezért eltarthatóság szempontjából rendkívül fontos, hogy vágást követően minél hamarabb lecsökkenjen a pH 6,1 alá (Katyio *et al.*, 2020). Megfigyelések szerint a nem kellően savas pH elsősorban a baktériumok felszaporodásának ütemét gyorsítja fel (Newton és Gill, 1981). Ugyanakkor a túlzottan savanyú pH ($\text{pH} < 5,7$) szintén kedvez a bakteriális romlásnak, mivel ilyenkor csökken a hús víztartó-képessége, a sejtekből kiáramló vízzel fehérjék is távoznak, amelyek táptalajt kínálnak a baktériumok szaporodásához. Emellett a túl savas pH a hús feldolgozását is kedvezőtlenül befolyásolja, mivel pl. marinálás során kevesebb pácot tud befogadni, ill. nagyobb lesz a főzési veszteség (Northcutt, 1999; Allen *et al.*, 1998).

Kísérletem eredményei alapján megállapítható, hogy az alkalmazott zsírforrások mindegyike kedvező hatást gyakorolt a mellfilé pH-jának alakulására, hiszen mindhárom mintavételi időpontban minden csoportban az optimális tartományban alakult a húsok kémhatása 24 órás hűtve tárolást követően. Azonban figyelemre méltó a tény is, hogy a gyakorlati szempontból is jelentőséggel bíró próbavágások alkalmával (a 35. és 42. életnapon) a zsírkiegészítés hatására már a vágást követő 45. percben is optimális pH-t mértem minden kísérleti csoportban szemben a kontrollal. Eredményeim összhangban állnak Khatun és munkatársai (2017) eredményeivel, akik 6% kókuszolaj, ill. napraforgóolaj-kiegészítés hatásait vizsgálták és hasonló értékeket (5,78-5,80) mértek. Hasonló eredményekről számoltak be Ogunwole és munkatársai (2016) is, akik 2%-os kókuszolaj kiegészítés esetében $\text{pH}=5,91$ mértek. Ugyanakkor Prayitno és munkatársai (2010) növekvő koncentrációjú (0-2%) kókuszolaj-kiegészítés esetén növekvő kémhatást mértek, és már 1%-os bekeverési arány mellett is kívül esett az optimális tartományon a hús pH-ja, a maximális dózis (2%) esetén pedig 6,25 volt.

Kísérletemben a hús színét vizsgálva azt tapasztaltam, hogy a különböző zsír- és olajkiegészítések nem okoznak különbséget a hús színében. Ez az eredmény kissé ellentmond annak az irodalmi adatnak, miszerint a pH befolyásolja a hús színét, elsősorban annak világosságát (Allen *et al.*, 1998). Ennek háttérében azonban véleményem szerint az állhat, hogy bár az egyes csoportokban a pH értékek matematikailag igazolható mértékben tértek el egymástól, ez a különbség a gyakorlati szempontból fontos húsminőségi paramétereket nem befolyásolta számottevően. A szakirodalomban közölt eredmények e paraméter tekintetében meglehetősen

ellentmondásosak és az egyes színparaméterek értékei rendkívül széles spektrumon mozognak. Több kutatásban – hozzám hasonlóan – azt tapasztalták, hogy a különböző zsírforrások nem befolyásolják a hús színének alakulását (Abdullah *et al.*, 2010; Prayitno *et al.*, 2010). Ugyanakkor találtam olyan forrást is, amely arról számol be, hogy a hús színe markénsan világosabb és sárgább lett pálmamagolaj kiegészítés hatására, kókuszolaj kiegészítéssel összehasonlítva (Ogunwole *et al.*, 2016). Mindazonáltal véleményem szerint a hússzín hasonló alakulása a kísérleti csoportokban kedvezőnek tekinthető, hiszen ez egyben azt is jelenti, hogy fogyasztói megítélés szempontjából nincs kedvezőtlen hatása az általam alkalmazott zsírforrásoknak és dózisoknak.

Vizsgálataim során mértem a mellfilé víztartó képességét, és megállapítottam, hogy az az életkor előrehaladtával a kezeléstől függetlenül jelentősen nő. Ez a tapasztalat összhangban van Baéza és munkatársai (2012) által leírtakkal, akik 35-76 napos kor között vizsgálták egyebek mellett e minőségi paraméter alakulását. Ez a hús eltarthatósága és feldolgozási minősége szempontjából rendkívül fontos tulajdonság. Egyrészt befolyásolja a hús lédúságát és így élvezeti értékét. Másrészt meghatározza a hús léfelvő képességét így pl. marinálás során annak hatékonyságát. Az a tény, hogy az életkor előrehaladtával a hús víztartóképesége növekszik, meghatározó lehet az optimális vágási időpont megállapításában.

A kezeléseket összehasonlítva általánosságban adott időpontban minden csoportban hasonló értékeket kaptam, bár a zsírkiegészítés hatására tendenciájában a 28. és 35. életnapon végzett vágás esetében többnyire nagyobb értékeket mértem a kontrollnál. A 42. napon végzett vágás esetében azonban gyakorlatilag minden csoportban azonos veszteség volt tapasztalható. Eredményeimet az irodalmi adatokkal összevetve megállapítható, hogy a csepegési veszteség értékei tág határok között változhatnak (Soeparno, 1992a; Prayitno *et al.*, 2010). Eredményeim leginkább Ogunwole és munkatársai (2016) által leírtakkal egyeznek. Ők 2% kókuszolaj bekeverés esetén 10,21% veszteséget mértek. De azonos tendenciát tapasztaltak Khatun és munkatársai (2017) is.

Közismert, hogy a hús pH és a víztartóképeség összefügg, azaz az alacsonyabb pH kisebb víztartóképeséggel párosul (Barbut, 1993). Esetemben ez a kapcsolat leginkább a 35. napi vágás alkalmával nyilvánult meg.

Kísérletemben mértem a konyhatechnikai veszteségeket is, amelyeket a fagyasztott mellfilé minták felengedtetése, sütése és szobahőmérsékletre történő visszahűtése során mért súlyvesztéssel jellemeztem. A szakirodalomban a konyhatechnikai veszteségek mérése leginkább a főzési veszteség meghatározását jelenti. Ez a paraméter azonban rendkívül széles határok között változhat. Befolyásolja az életkor, hiszen pl. Soeparno (1992a) arról számolt be, hogy a brojlersirke főzési vesztesége 6 és 7 hetes korban 24,89% és 34,57% volt, de azonos életkorban is azt tapasztalták, hogy 15% és 40% között változhat a takarmány függvényében (Soeparno, 2005). Az általam mért paraméterek és az irodalmi adatok elemzése során arra a megállapításra jutottam, hogy a főzési veszteség leginkább az általam mért sülési és hűlési veszteség együttes értékével vethető össze. Ennek figyelembevételével a 28. napon minden csoportban hasonlóan alakult a veszteségek mértéke, míg a 35. napon hektikus mintázatot kaptam, nagy egyedi szórással. Ebben az időpontban a kókuszolaj kiegészítésnek kedvező hatása volt megfigyelhető. Ugyanakkor, a 42. napon a csoportok közötti eltérések már kevésbé markánsak, de éppen az előbb említett csoportban mértem a legnagyobb súlyvesztést és minden kezelésben nagyobb veszteséget tapasztaltam (KO-19,32%, PO-18,74%, KOPO-15,47%, NO-19,39%) a kontrollnál (12,58%). Ezek az eredmények némiképp eltérnek az irodalmi adatoktól, miszerint Prayitno és munkatársai (2010) például 2%-os kókuszolaj-kiegészítés esetében kisebb veszteséget találtak a kontrollhoz viszonyítva. Ogunwole és munkatársai pedig kókuszolaj és pálmamagolaj kiegészítés hatásait

használták össze és azt tapasztalták, hogy a pálmamagolaj hatására jelentősen nagyobb veszteséget mértek, mint kókuszolaj kiegészítés esetén, bár tény, hogy kísérletemben 2,5-ször nagyobb dózist használtam. A veszteségek növekedésének hátterében – a csepegési veszteséghez hasonlóan – a hús alacsonyabb kiindulási pH-ja állhat. Éppen ezért nem meglepő, hogy eredményeim összhangban vannak Jankowski és munkatársai (2012) megállapításával is, miszerint a csepegési és a konyhatechnikai veszteségek változása hasonló mintázatot mutat. Irodalmi adatok alapján a pH és a csepegési veszteség, valamint a pH és a főzési veszteség közepes erősségű, negatív összefüggést mutat. Ennek hátterében feltehetően az áll, hogy a pH csökkenésével a miofibrillumok fehérjei eléri az izoelektromos pontjukat, ennek következtében az ionpumpa aktivitása csökken és egyidejűleg csökken a sejtekben tárolható víz mennyisége (El Rammouz *et al.*, 2004). Ennek megfelelően a 35. napon a PO, a KOPO és az NO csoportokban a kontrollhoz viszonyítva mért savasabb pH a csepegési és a konyhatechnikai veszteségek emelkedését eredményezi. Ugyanakkor a 42. napon ez az összefüggés már kevésbé egyértelmű.

A brojlercsirke mellfilében mérhető nyíróerő érték korábbi saját vizsgálatok és az irodalmi adatok alapján rendszerint 1,5-2,5 kg/cm² között szokott alakulni. Lyon és munkatársai (2004) arról számoltak be, hogy a brojlercsirkék húsanak porhanyóssága 1,82 kg/cm² és 2,19 kg/cm² között van. Jelen kísérletben is hasonló értékeket mértem minden csoportban. A vizsgálati időszakban a kontroll minták esetében az irodalmi adatoknak megfelelően fokozatosan növekedett az életkor előrehaladtával a nyíróerő értéke (Park *et al.*, 2021). Az olajkiegészítés esetében azonban a 35. napra egy jelentős növekedés, majd a 42. napra csökkenés volt megfigyelhető. Az előbbi időpontban a kontroll mellfilé minden csoportnál porhanyósabb volt. Az utóbbi időpontra azonban a kísérlet csoportok porhanyóssága a kontrollhoz hasonlóan alakult, sőt a pálmaolaj kiegészítés hatására porhanyósabbá vált a hús. A 42. napi eredmények többnyire összhangban vannak az irodalmi adatokkal, hiszen több forrás számol be arról, hogy a pálmaolaj kiegészítés javította a mellfilé porhanyósságát (Ogunwale *et al.*, 2016; Khatun *et al.*, 2017). Ugyanakkor Prayitno és munkatársai (2010) a kókuszolaj kiegészítés esetén is jelentős javulást tapasztaltak-e paraméter esetében, ami az én vizsgálataim eredményei alapján nem erősíthető meg.

A hús kémiai összetételének meghatározása során ugyan találtam egyes esetekben szignifikáns eltéréseket a csoportok között, azonban ezeknek csupán matematikai jelentősége van, gyakorlati szempontból az egy százalékon belüli különbségeknek nincs jelentősége. Mindezek alapján kísérletemben azt tapasztaltam, hogy a zsírkiegészítés a hús zsírtartalmát számottevően nem, de a zsírsavösszetételét a zsírforrás minőségétől függően megváltoztatja. Ez a megállapítás összhangban van a szakirodalomban talált hasonló vizsgálatok eredményeivel (Kralik *et al.*, 2007; Valavan *et al.*, 2006; Crespo és Estéve Garcia, 2001). Ez a hatás kísérletemben a kókuszolaj esetében jelentkezett legmarkánsabban a laurinsav arányának növekedésében. A napraforgó-olaj hatására kisebb mértékben ugyan, de nőtt az olajsav és a linolsav aránya, míg a pálmaolaj kiegészítés jelentős változást nem eredményezett. Ennek hátterében az a tény állhat, hogy a mellhús zsírsavösszetételében a palmitinsav eleve viszonylag nagy arányban szerepel, így annak további „dúsítása” kevésbé hatékony, mint pl. az eredetileg ki sem mutatható laurinsav beépülése a hús zsírjaiba kókuszolaj kiegészítés esetén.

A húsmínőségi paraméterek összefüggéseinek vizsgálatára végzett korreláció analízisek eredményei többnyire összhangban vannak az irodalomban leírtakkal. Ugyanakkor Le Bihan-Duval és munkatársai (1999) szerint az exterminálás utáni 24. órában mért pH-érték negatív korrelációban áll a hús világosságával (L*) (-0,60) és a csepegési veszteséggel (-0,40). Vizsgálataimban ugyanakkor ezt az összefüggést nem sikerült igazolni, mivel kísérletemben az L*

érték a kezelésektől függetlenül egyik említett paraméterrel sem mutatott korrelációs összefüggést, míg a csepegési veszteség pozitív korrelációban áll a 45. percben mért pH-val (0,5432), a kiolvadási veszteséggel (0,3263) és a hűlési veszteséggel (0,3731).

Emellett Hoffman és munkatársai (2003) bizonyították, hogy a hús pH-értéke és porhanyóssága között negatív korreláció van. A kiegészítéstől függetlenül én is negatív korrelációt kaptam a porhanyósság és a 45. percben mért pH (-0,2332) valamint a 24. órában mért pH (-0,2811) értékek között.

Mindezek alapján megállapítható, hogy az általam használt zsírforrások számottevő negatív hatást a hús érzékszervi minőségére és fizikai minőségi paramétereire nem gyakoroltak, de összességében nem is javították azt. Ugyanakkor táplálkozás-élettani szempontból jelentőséggel bírhat, hogy a kókusz zsír-kiegészítés hatására az etetés időtartamával párhuzamosan fokozatosan nőtt a telített zsírsav-tartalom aránya, míg a pálmazsír etetékintetben többé-kevésbé indifferensnek tekinthető.

5.1.4. Biokémiai paraméterek

Vizsgálatomban a zsírkiegészítés hatására a zsíryanycsere jellemzésére használt paraméterek (koleszterin és triglicerid koncentráció) drasztikus változásokat nem mutattak. A triglicerid koncentráció a teljes kísérleti időszakban hasonlóan alakult az egyes csoportokban. Ugyanakkor a koleszterin-koncentráció valamelyest reagált a takarmány zsírtartalmának növelésére. Ezt mutatja, hogy a koleszterin-koncentráció már egy hét etetést követően is meghaladta a kontroll értékét a kísérleti csoportokban és a különbség az idő előrehaladtával nőtt, de az eltérés csak az önálló kókusz zsír kiegészítés esetén bizonyult szignifikáns mértékűnek. Az egyes kezeléseket összehasonlítva a zsírforrások közül legkevésbé a napraforgó-olaj okozott változást e paraméterekben. Ehhez hasonló eltérésről számoltak be Khatun és munkatársai (2017), amikor 6% napraforgó- ill. pálmaolaj-kiegészítés vérplazma lipidprofiljára gyakorolt hatását vizsgálták, valamint Velasco és munkatársai (2010) és Viveros és munkatársai (2009) is. Donaldson és munkatársai is (2014), akik szintén a plazma koleszterin-koncentrációjának emelkedését találták nagy dózisú zsírkiegészítés hatására különböző baromfi fajokban.

A zsíryanycsere paraméterek változásai azonban nagyságrendüket tekintve arra utalnak, hogy az alkalmazott zsírkiegészítés számottevő változást nem okozott a zsír anyagcsere szabályozásában, nem borította fel annak egyensúlyát.

Az antioxidáns védelmi rendszer állapotának jellemzésére alkalmas paraméterek vérplazmában talált változásai alapján úgy tűnik, hogy a harmadik héten a kezelésektől függetlenül is történt aktiválódás. A vérplazmában jellemzően a szervezet gyors válaszreakciói figyelhetők meg, így az etetési kísérlet második, harmadik hetében (mivel minden csoportban megfigyelhető) vélhetően valamilyen - a kezelésektől független - oxidatív hatás is érthette a madarakat. Ezt jelzi, a második vágás alkalmával mért emelkedett malondaldehyd koncentráció és ezzel párhuzamosan, a már ekkor emelkedett glutation-peroxidáz aktivitás, amely a harmadik hétre tovább emelkedett. Arra vonatkozóan azonban, hogy ez a hatás pontosan mi lehetett a rendelkezésre álló adatok alapján nem tudok egyértelmű választ adni. A kezelések közötti eltéréseket vizsgálva legmarkánsabb különbségek a 42. életnapon vett mintákban voltak mérhetők. A legtöbb csoport értéke – a PO kivételével – meghaladta a kontrollét. Mindazonáltal a különbség szignifikánsnak csak a PO és a KOPO csoport között tekinthető. A redukált glutation koncentráció alakulása a teljes kísérlet ideje alatt a glutation-peroxidáz aktivitással megegyező mintázatot mutatott, amely jól mutatja e két paraméter kapcsoltságát, hiszen a GSH, az enzim (GPx) koszubsztrátjaként van

jelen a védelmi rendszerben. Mindez arra enged következtetni, hogy a pálmaolaj kiegészítés felerősítette a szervezet antioxidáns védelmi rendszerének reakcióját.

A vörösvérsejt hemolizátumban a redox státusz jellemzésére használt paraméterek sokkal egyöntetűbben alakultak, mint a vérplazmában, ami nem meglepő, mivel a vörösvérsejtek egy többé-kevésbé zárt, ennek megfelelően a vérplazmánál stabilabb rendszert jelentenek és ezért drasztikusabb beavatkozásra van szükség ahhoz, hogy a hatás itt is érzékelhető legyen. Mindazonáltal a legjelentősebb eltérések ebben a közegben a 35. életnapon jelentkeztek. Az eredmények alapján a kezelés hatására a kókusz zsír kiegészítés esetén megemelkedett a glutation-peroxidáz enzim aktivitása és ezzel párhuzamosan a redukált glutation koncentráció is. Ez a hatás azonban a 42. napra eltűnt. Fontos azonban megjegyezni, hogy ebben az esetben a malondialdehid koncentráció mindvégig stagnált. Így a tapasztalt aktivitásbeli eltérések nem vezethetők külső oxidációs hatásokra vissza.

A májban az oxidatív hatások jellemzésére alkalmas paraméterekben (konjugált dién és trién mennyisége, valamint a malondialdehid koncentráció) számottevő eltérés a csoportok között nem volt, azaz a használt zsírforrások nem jelentettek számottevő oxidációs kockázatot a kontrollhoz viszonyítva, így az sem meglepő, hogy a vizsgált antioxidáns paraméterekben sem találtam eltérést a csoportok között. Ettől függetlenül azonban fontos megjegyezni, hogy a kókusz zsír kiegészítés esetén a redukált glutation koncentráció és a glutation-peroxidáz aktivitás az idő előrehaladtával csökkent. Míg a kombinált kezelésben ugyan hasonló, de kevésbé markáns tendenciák voltak láthatók, a pálmamag-olaj kiegészítés esetén pedig stagnáló értékeket kaptam. Ez utóbbi eredmény összhangban van Long és munkatársai (2019) vizsgálataival, akik 2, 4, 6% pálmaolaj-kiegészítéssel számottevő eltérést nem találtak a kontrolltól a glutation redox rendszer vizsgált paramétereiben.

Összességében az antioxidáns védelmi rendszer vizsgálatának eredményei arra utalnak, hogy az alkalmazott zsírforrások jelentős oxidációs veszélyt nem hordoztak, ill. a szervezet antioxidáns védelmi rendszere a fellépő oxidatív hatásokat a fiziológiás határokon belül képes semlegesíteni. Az a tény, hogy a glutation-peroxidáz aktivitás és a redukált glutation koncentráció leginkább a vérplazmában mutatott változásokat, míg a májban stabil és közel azonos értékeket mértem a csoportok között arra utal, hogy a többlet olaj bekeverése optimális tartási körülmények között legfeljebb az antioxidáns védelmi rendszer első vonalának (a vér antioxidáns enzimeinek) enyhe indukcióját okozza, míg a májban nem indít változásokat, azaz önmagában nem hajlamosít oxidatív folyamatok megjelenésére.

Ugyanakkor a különböző zsírforrások a glutation antioxidáns rendszer státuszát befolyásolják, mivel a kókusz zsír hatására csökken a potenciális válaszkészség a redukált glutation koncentráció és ezzel párhuzamosan a glutation-peroxidáz aktivitásának időbeni csökkenése révén. Ez összefüggésben állhat a kókusz zsír antioxidáns karakterével (Nevin és Rajmohan 2006; Ghani *et al.*, 2018), amely feltehetően polifenolos szerkezetű komponenseinek köszönhető. Humán kísérletekben atherosclerosis vizsgálatokban találtak hasonló eredményeket (Sabitha és Vasudevan, 2010), azonban a baromfival, ezen belül brojlercsirkével ilyen vizsgálatokat nem találtam a szakirodalomban.

5.1.5. Szövettani vizsgálatok

A túlzott zsírbevitel bizonyos körülmények között a feleslegben felvett zsír felhalmozódását eredményezi a májban, a többlet zsír három támadásponton hat: zsíros infiltráció, majd bevérzések, lipotoxicitás és gyulladásos folyamatok indulhatnak el (Guo *et al.*, 2021).

Kísérletemben minden csoportban – így a kontrollban is találtam zsír akkumulációra utaló jeleket, valamint lymphocytás gócot (ami gyulladásra utalhat). A kis mintaszám miatt egyértelmű következtetés nem levonható, azonban az a tény, hogy a kontroll csoportban is hasonló morfológiai képet kaptam, mint a kezelésekben az a véleményem, hogy a felhasznált zsírforrások az alkalmazott dózisban nem borítják fel a máj anyagcseréjét. Erre utal az a tény is, hogy az antioxidáns paraméterekben – amelyek a szöveti elváltozások előtt már jeleznek – egyértelmű markáns változásokat nem tapasztaltam.

A jejunum mintákban csupán egy-egy tágult Lieberkühn crypta volt megtalálható, amelyben a gyulladás kezdeti tüneteire jellemző lymphocytá törtmelék volt látható és hasonló folyamatok voltak megfigyelhetők a *bursa Fabricii*-ben. Ezzel szemben a *thymus*-ban semmi jelét nem láttam az immunrendszer aktiválódásának.

Mindezek alapján véleményem szerint a vizsgált zsírforrások az alkalmazott dózisban szöveti szintű elváltozásokat nem okoztak a vizsgált szervekben, szövetekben.

5.1.6. Mikrobiológiai paraméterek

A közepes szénláncú zsírsavak (laurinsav, kaprilsav) baktérium szaporodást gátló hatásáról több tanulmány született (Widianingrum *et al.*, 2019; Lalouckova, 2019). A korábbi *in vitro* kísérletek azt bizonyították, hogy ezek a zsírsavak elsősorban a gram pozitív baktériumok szaporodására gyakorolnak gátló hatást. Kísérletemben csupán az ürülék egyes mikrobiológiai paramétereinek felvételére volt lehetőségem. Ennek eredményei alapján elmondható, hogy markáns antimikrobiális hatás kísérletemben nem volt igazolható a Gram-negatív coliform baktériumokkal szemben. Ugyanakkor mind a kókusz-, mind a pálmaolaj, valamint a kombinált kezelés esetén is az idő előrehaladtával csökkent a Gram-pozitív *Clostridium perfringens* megjelenése és telepszáma egyaránt. Ezzel összhangban van a jejunum szövettani vizsgálati eredménye is, amely szerint ezekben a csoportoknak a szövettani képén csak elvétve lehetett bélgyulladás kezdeti tüneteire jellemző kitágult, sejttörmelékkal telt cryptákat találni. Ezen hatás hátterében a közepes szénláncú zsírsavak (laurinsav, kaprilsav) baktérium szaporodást gátló hatása állhat.

5.2. Javaslatok

Eredményeim alapján az alábbi javaslatokat szeretném tenni:

- A modell kísérletemet célszerű félüzemi és/vagy nagyüzemi körülmények között validálni. A nagyobb egyedszám és mintaszám kellő biztonságot és megalapozottságot adhat a termelési paraméterek eredményeinek alátámasztásához.
- A zsír- és olajkiegészítés időbeli hatásának vizsgálatához ajánlom hasonló modellkísérlet beállítását, azzal a módosítással, hogy nem a mintavételek történnek meg heti rendszerességgel, hanem a zsír- és olajkiegészítés időtartama változik (1, 2 és 3 hét etetési idő), így minden madár a 42. életnapon kerülne exterminálásra. Ezzel összehasonlíthatóbbak lennének a húsmínőségi paraméterek a fogyasztói szempontoknak megfelelően.
- A vágási próbák alkalmával célszerű lenne annak vizsgálata is, hogy a carcass összetétele, a hasúri zsír mennyisége hogyan alakul.
- A konyhatechnikai veszteségek vizsgálatakor érdemesnek tartom vizsgálni a zsírtartalmat is. A sütés során nem csupán a hús nedvességtartalma csökken, hanem

a zsír egy része is kiolvadhat, amely feltételezésem szerint az olajkiegészítés hatására megváltozott zsírsavösszetétellel is összefüggésbe hozható.

- Javaslom további vizsgálatok elvégzését a porhanyósság tekintetében. Ennek oka, hogy az 5%-os kókusz zsír- és 5%-os pálmazsír-kiegészítés hatására a hús porhanyóssága nőtt a többi csoporthoz képest, azonban érdekesség, hogy a kombinált kezelés esetében a két zsír kedvező hatása eltűnt.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megállapítottam, hogy az általam alkalmazott 5%-os zsírkiegészítés a hús zsírtartalmát nem befolyásolja számottevően, ugyanakkor a zsírforrás zsírsavösszetételének megfelelően megváltoztatja a brojlercsirke húsanak zsírsav-összetételét. Ezen hatás eléréshez a zsírforrásokat legalább két hétig szükséges etetni az általam alkalmazott dózis esetén.
2. Kimutattam, hogy az önálló 5%-os kókuszszír-, illetve 5%-os pálmazsír-kiegészítés hatására a brojlercsirke húsanak porhanyóssága nő 3 hét etetést követően a 42. életnapra, azonban a két olaj kombinált etetése esetén ez a hatás eltűnik.
3. Megállapítottam, hogy az általam alkalmazott 5%-os zsírkiegészítés hatására a hizlalás 42. napján a sütési és hűlési veszteség nő, azonban annak mértékét befolyásolja a zsírforrás minősége is.
4. Megállapítottam, hogy a brojlercsirke takarmányának 5% kókuszszírral vagy pálmazsírral vagy 2,5-2,5% kókuszszír és pálmazsír keverékkel történő kiegészítése nem befolyásolja számottevően a glutathion antioxidáns védelmi rendszer állapotát, csupán a vérplazmában eredményez kismértékű enzim indukciót, amely révén képes a lipidperoxidációs folyamatokat fiziológiás szinten tartani.
5. Megállapítottam, hogy a kókuszszír kiegészítés hatására a glutathion-redox rendszer aktivitásában életkorral bekövetkező változások mértéke csökken, amely potenciálisan csökkentheti a rendszer válaszkészségét egy esetleges oxidatív stressz esetén.
6. Kimutattam, hogy a kókuszszír takarmányhoz való adagolásával a gram pozitív *Clostridium perfringens* jelenléte csökkenthető az általam használt (5%) dózis esetén.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Napjainkban a baromfi termékek iránt igen nagy az érdeklődés. Ezt a nagy keresletet zárt, intenzív tartással tudják a termelők kielégíteni. Emellett nem csak a konvencionális tartásmód, hanem a bio, a szabadtartásból származó, illetve a hozamfokozóktól és antibiotikumoktól mentes baromfitermékek iránt is egyre jobban növekszik az érdeklődés. A keresztezési és a nemesítési munka mellett a takarmányozás gazdaságossága és az alapanyagok minősége is fontos kérdés. A hozamfokozó és antibiotikum mentes állattartást törvényi előírások is szabályozzák.

Munkámat ez a szabályozás helyezte előtérbe. Célom természetes anyagok felhasználása volt, és azok pozitív hatásainak kiaknázása. A tenyésztésben sokszor használt Cobb 500-as hibridet választottam a vizsgálataim elvégzéséhez. A hibrid előnye, hogy jó életképességgel, erős láb és vázszerkezettel rendelkezik, emellett a mellhús kihozatala is kiváló. A kókusz- és pálmazsír a közepesen hosszú szénláncú zsírsavtartalma miatt az előzetes irodalmi kutatások során választottam ki. A napraforgóolajat pozitív kontrollként szerettem volna vizsgálni, hogy a megnövekedett energiatartalom a takarmányban megjelenjen, de az egyéb potenciális hatásokat ne befolyásolja.

A takarmány-fogyasztás és a takarmány-értékesítés esetén a KO csoport eredményei lettek a legkedvezőbbek, vagyis a kókuszszíros kiegészítés kisebb takarmányértékesítést és takarmányfogyasztást eredményezett, míg a termelési paraméterek tekintetében a testtömeg és a testtömeg-gyarapodás esetében nem mutatkoztak számottevő különbségek a különböző kiegészítések hatására. A testtömeg a K csoport esetében volt a legnagyobb, azonban a testtömeg nem maradt el olyan nagymértékben mögötte. A KO csoport testtömege bizonyult a kísérleti csoportok közül a legnagyobbnak, míg a nagyobb tömeggyarapodást a PO csoport érte el, annak ellenére, hogy a végső 42. napon mért testtömege elmaradt a KO csoportéhoz viszonyítva. A melltömegnek a vágott testhez viszonyított aránya minden kiegészítés esetén elmaradt a kontroll csoporthoz képest. A KO csoportnál mértem a legnagyobb relatív melltömeget a vizsgálati csoportok között.

A húsminőségi paraméterek esetén bizonyos paraméterek vizsgálata során a kókuszszír, míg más paraméterek esetében a pálmazsír bizonyult jobbnak. A pH45 és pH24 esetében is a nagyobb pH a PO csoportnál volt mérhető, azonban a pH csökkenés mértéke a KOPO csoportnál volt a legkisebb. A szín nehezen megítélhető, mivel a fogyasztói igények mindenhol eltérnek. A világosság és pirosság tekintetében a PO, a sárgaság kapcsán a KO csoport mutatta a nagyobb értéket. A csepegési veszteség esetén a legkisebb veszteséget a KO csoportnál mértem, míg a konyhatechnikai veszteségek (kiolvadási, sütési, hűlési veszteség) a PO csoport esetében voltak a legkedvezőbbek. A porhanyósság vizsgálatakor a PO csoport mintái bizonyultak szignifikánsan a porhanyósabbnak.

Az egyéb paraméterek, mint a biokémiai, a szövettani és a mikrobiológiai, vizsgálata során mindkét zsír hatása megfelelőnek mondható. A kókuszszír eredményessége bebizonyosodott a *Clostridium perfringens* jelenlétével szemben.

Összességében elmondható, hogy a takarmányozási és termelési paraméterek szempontjából az 5%-os kókuszszír-kiegészítés, míg a húsminőségi paraméterek vonatkozásában az 5%-os pálmazsír-kiegészítés bizonyult jobbnak.

8. SUMMARY

Nowadays, there is a lot of interest in poultry products. Producers can satisfy this high demand with closed, intensive keeping. In addition, there is a growing interest not only in conventional farming methods, but also in organic, free-range poultry products that are free of yield enhancers and antibiotics. In addition to cross-breeding and breeding work, the economics of feeding and the quality of raw materials are also important issues. Animal husbandry without yield enhancers and antibiotics is also regulated by law.

My work was prioritized by this regulation. My goal was to use natural materials and exploit their positive effects. I chose the Cobb 500 hybrid, often used in breeding, to carry out my tests. The advantage of the hybrid is that it has good vitality, strong legs and frame structure, and the yield of breast meat is also excellent. Coconut and palm oil were selected during preliminary literature research due to their content of short- and medium-long carbon chain fatty acids. I wanted to examine sunflower oil as a positive control, so that the increased energy content appears in the feed, but does not affect the other potential effects of supplements. In addition to preserving the production parameters and meat quality parameters, it was important that the animals were resistant to microbiological effects, without pharmaceutical intervention.

In the case of feed intake and feed conversion ratio, the results of the KO group were the most favorable, that is, the coconut oil supplement resulted in lower feed conversion ratio and feed intake, while in terms of production parameters, body weight and body weight gain did not show any significant differences as a result of the different supplements. The body weight was the highest in the case of the K group, but the body weight did not lag behind it to such a great extent. The KO group proved to be the largest of the supplemented groups, while the PO group achieved the largest weight gain, despite the fact that its body weight measured on the final day 42 was lower than that of the KO group. The ratio of the breast weight to the cut body was lower than the control group for all supplements. In the KO group, I measured the largest relative breast mass among the test groups.

In the case of meat quality parameters, during the examination of certain parameters, coconut oil was found to be better, while palm oil was found to be better for other parameters. In the case of pH45 and pH24, the higher pH could be measured in the PO group, however, the degree of pH decrease was the smallest in the KOPO group. Color is difficult to judge as consumer needs differ everywhere. In terms of lightness and redness, the PO group showed the highest value, and the KO group showed the highest value in terms of yellowness. In the case of drip loss, I measured the smallest loss in the KO group, while kitchen technical losses (defrosting, grilling loss, cooling loss) were the most favorable in the case of the PO group. When testing the powderiness, the samples of the PO group proved to be the softest, which can be supported as a significant difference.

In other parameters, such as biochemical, histological and microbiological tests, the effect of both fats can be said to be adequate. Coconut oil has been proven effective against the presence of *Clostridium perfringens*.

All in all, it can be said that the 5% coconut fat supplement proved to be better for the aspects of feeding and production parameters, while the 5% palm oil supplement proved to be better for the meat quality parameters.

9. MELLÉKLETEK

M1. Irodalomjegyzék

1. Aarestrup, F. (2012): Get pigs off antibiotics. In: *Nature*, 486 465-466. p.
2. Abdullah, A.Y., Muwalla, M. M., Maharmeh, H. O., Matarneh, S. K., Ishmais, M. A. A. (2010): Effects of strain on performance, and age at slaughter and duration of post-chilling aging on meat quality traits of broiler. In: *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 23 1645-1656. p.
3. Adams, C., Vahl, H. A., Veldman, A. (1996): Interaction between nutrition and *Eimeria acervulina* infection in broiler chickens: diet compositions that improve fat digestion during *Eimeria acervulina* infection. In: *British Journal of Nutrition*, 75 (6) 875-880. p.
4. Adawijah, T. J., Tafsir, M., Hanafi, N. D., Sari, T. V. (2019): The effect of giving mannan extract from palm kernel cake to pathology and histopathology liver and intestine chicken which infected by *Salmonella thypimurium*. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 260. 2018 24-25 October 2018, Medan, Indonesia
5. Adlof, R. O., Gunstone, F. D. (2007): Common (non-systematic) names for fatty acids. 1. p. In: Gunstone, F. D., Harwood, J. L., Dijkstra A. J. (szerk): (2007) *The lipid handbook. 3rd Edition*. CRC Press, Boca Raton, 617 p.
6. AKI (2023): Vágóhidak élőállat-vágása, 2022. I-XII. hónap. <https://www.aki.gov.hu/termek/vagohidak-elollat-vagasa-2022-i-xii-honap/>
Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: AKI, vágóhid, baromfi. Lekérdezés időpontja: 2023.04.13.
7. Alagawany M., Elnesr S. S., Farag M. R., Abd El-Hack M. E., Khafaga A. F., Taha A. E. (2019): Omega-3 and omega-6 fatty acids in poultry nutrition: effect on production performance and health. In: *Animals*, 9:573.
8. Aletor, V. A., Egberongbe, O. (1992). Feeding differently processes soyabeans. Part 2: An assessment of haematological responses in the chickens. In: *Die Nahrung* 36 (4) 364-369. p.
9. Allain, C. C., Poon, L. S., Chan, C. S., Richmond, W., Fu, P. C. (1974): Enzymatic determination of total serum cholesterol. In: *Clinical Chemistry*, 20 470-475. p.
10. Allen, C. D., Fletcher D. L., Northcutt J. K., Russell S. M. (1998): The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf life. In: *Poultry Science*, 77 361-366. p.
11. Allen, H. K., Levine, U. Y., Looft, T., Bandrick, M., Casey, T. A. (2013): Treatment, promotion, commotion: Antibiotic alternatives in food-producing animals. In: *Trends in Microbiology*, 21 114-119. p.
12. Alsobaai, A. M., Al Shaibani, A. M., Moustafa, T., Yaakobd, Z. (2013): Hydrogenation of Malaysian Palm Mid Fraction on Prikat Nickel Catalyst Using Pilot and Industrial Units. In: *Arabian Journal for Science of Engineering*, 38 2273-2278. p.
13. Anantharaju, A., Feller, A., Chedid, A. (2002): Aging Liver. A review. In: *Gerontology*, 48 343-353. p.
14. AOAC (1984): Official Methods of Analysis 28054 B. 14th ed. Association of the Official Analytical Chemists, Arlington
15. Apajalahti, J. H., Bedford, M. R. (1999): Improve bird performance by feeding its microflora. In: *World Poultry*, 15 20-23. p.
16. Ariyadi, B., Sudaryati, S., Harimurti, S., Wihandoyo, Sasongko, H., Habibi, M. F., Rahayu, D. (2019): Effects of feed form on small intestine histomorphology of broilers. In: *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 387 012047.
17. Attia Y. A., Al-Harhi M. A., Abo El-Maaty H. M. (2020): The Effects of Different Oil Sources on Performance, Digestive Enzymes, Carcass Traits, Biochemical, Immunological, Antioxidant, and Morphometric Responses of Broiler Chicks. In: *Frontiers in Veterinary Science*, 7:181.

18. Aviagen (2018): Brojler Tartástechnológiai kézikönyv. https://eu.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Hungarian_TecTechD/Ross-BroilerHandbook2018-HU.pdf Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: aviagen, 2018. Lekérdezés időpontja: 2023.08.25.
19. Awotwi, E. K. (1990). A Study Of Baseline Haematological Values of Domestic And Commercial chickens in Ghana. In: *Bulletin of Animal Health and Production in Africa*, 38 453-458. p.
20. Ayala, A., Muñoz, M. F., Argüelles S. (2014): Lipid peroxidation: Production, metabolism, and signaling mechanisms of malondialdehyde and 4-hydroxy-2-nonenal. In: *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, Article ID 360438, 31. p.
21. Ayed H. B., Attia H., Ennouri M. (2015): Effect of oil supplemented diet on growth performance and meat quality of broiler chickens. In: *Advanced Techniques in Biology & Medicine*, 4:156.
22. Ayed, H. B., Attia, H., Ennouri, M. (2016): Effect of Oil Supplemented Diet on Growth Performance and Meat Quality of Broiler Chickens. In: *Research Article*. 4(1).
23. Babatunde, G. M., Fajimi, A. O., Oyejide, A. O. (1992). Rubber Seed Oil Versus palm oil in broiler chicken diets. Effects on performance, nutrient digestibility, haematology and carcass characteristics. In: *Animal Feed Science and Technology*, 35 133-146. p.
24. Babinszky, L., Halas, V. (szerk.) (2019): Innovatív takarmányozás [Digitális kiadás.] Budapest: Akadémiai Kiadó. https://mersz.hu/hivatkozas/m538it_71_p1#m538it_71_p1 Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: babinszky innovatív. Lekérdezés időpontja: 2022.03.19.
25. Baéza, E., Arnould, C., Jlali, M., Chartrin, P., Gigaud, V., Mercierand, F., Durand, C., Méteau, K., Le Bihan-Duval, E., Berri, C. (2012): Influence of increasing slaughter age of chickens on meat quality, welfare, and technical and economic results. In: *Journal of Animal Science*, 90(6):2003-13 p.
26. Bagdi Gy., Stumpf I. (2007): Tejzsír- és kakaóvaj-alapú élelmiszerekben kókuszolaj, pálmaolaj és hidrogénezett olajok kimutatása és mennyiségi meghatározása In: *Élelmiszervizsgáló Közlemények* 53 2007/2. 100-103. p.
27. Baillie, R. A., Takada, R., Nakamura, M., Clarke, S. D. (1999): Coordinate induction of peroxisomal acyl-CoA oxidase and UCP-3 by dietary fish oil: a mechanism for decreased body fat deposition. In: *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 60 351-356. p.
28. Barber A., Bernheim F. (1967): Lipid peroxidation: its measurement, occurrence and significance in animal tissue. In: *Adv Gerontol Res*, 2 355-403. p.
29. Barbut, S. (1993): Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. In: *Food Research International*, 26(1): 39-43 p.
30. Barbut, S. (2001a): Basic anatomy and muscle biology. Poultry Products Processing: An Industry Guide, CRC Press, 31-60. p.
31. Barbut, S. (2001b): Acceptance of fresh chicken meat presented under three light sources. In: *Poultry Science*, 80 101-104. p.
32. Barbut, S. (2016): Poultry Products Processing: An Industry Guide, CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton, FL, 2016.
33. Bedford, M. R. (1995): Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. In: *Animal Feed Science and Technology*, 53 145-155. p.
34. Beers, K. W., Nejad, H., Bottje, W. G. (1992): Aflatoxin and glutathione in domestic fowl (*Gallus domesticus*) I. Glutathione elevation and attenuation by high dietary methionine. In: *Comparative Biochemistry and Physiology*, 101 239-244. p.
35. Benzertiha A., Kierończyk B., Rawski M., Kołodziejwski P., Bryszak M., Józefiak D. (2019): Insect Oil as An Alternative to Palm Oil and Poultry Fat in Broiler Chicken Nutrition. In: *Animals*, 9 (3):116.
36. Berlett, B. S., Stadtman, E. R. (1997): Protein oxidation in aging, disease, and oxidative stress. In: *Journal of Biological Chemistry*, 272 20313-20316. p.

37. Bhatnagar, A. S., Kumar, P. K. P., Hemavathy, J., Krishna, A. G. G. (2009): Fatty acid composition, oxidative stability, and radical scavenging activity of vegetable oil blends with coconut oil. In: *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86 991-999. p.
38. Bobadaye, A. O., Onibi, G. E., Fajemisin, A. N. (2009): Performance characteristics and muscle fat contents of broiler chicken finishers fed diets containing palm oil sludge in partial replacement for maize. In: *Journal of Agriculture Forestry and the Social Sciences*, 4 (2) 162-169. p.
39. Bogdán J., Gasztonyi K., Gábor M. (1992): *Élelmiszer-kémia 1.*, Budapest: Mezőgazda Kiadó. 790 p.
40. Boulianne, M., King A. J. (1995): Biochemical and color characteristics of skinless boneless pale chicken breast. In: *Poultry Science*, 74 1693-1698. p.
41. Bouton, P.E., Harris, P.V., Shorthose, W.R. (1971): Effect of ultimate pH upon the waterholding capacity and tenderness of mutton. In: *Journal of Food Science*, 36 435-439. p.
42. Bowker, B., Zhuang, H. (2013): Water-holding capacity of broiler breast muscle during the first 24 h postmortem. (Abstr.) In: Proc. AMSA Annual Reciprocal Conf., 74, 2013, 34-35 p.
43. Bratzler, L.J. (1932): Measuring tenderness of meat by use of the Warner-Bratzler method. M.S. thesis. Kansas State College, Manhattan, KS.
44. Breuer, H. (2003): *Kémia*, Budapest: Athenaeum 2000 Kiadó Kft. 470 p.
45. Brewer, V., Kuttappan, V. A., Emmert, J. L., Meullenet, J. F., Owens, C. M. (2012): Big-bird programs: Effect of strain, sex, and debone time on meat quality of broilers. In: *Poultry Science*, 91 248-254. p.
46. Brigham, M. P., Stein, W. H., Moore, S. (1960): The concentrations of cysteine and cystine in human blood plasma. In: *Journal of Clinical Investigation*, 39 1633-1638. p.
47. Brot, N., Weissbach, H. (1983): Biochemistry and physiological role of methionine sulfoxide residues in proteins. In: *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 223 271. p.
48. Cai, L., Cherian, M. G. (2003): Zinc-metallothionein protects from DNA damage induced by radiation better than glutathione and copper- or cadmium-metallothioneins. In: *Toxicology Letters*, 136 193-198. p.
49. Cavitt, L. C., Owens, C. M., Meullenet, J. F., Gandhapuneni, R. K., Youm, G. W. (2001): Rigor development and meat quality of large and small broilers and the use of Allo-Kramer shear, needle puncture, and razor blade shear to measure texture. (Abstr.) In: *Poultry Science*, 80 138. p.
50. Cavitt, L. C., Youm, G. W., Meullenet, J. F., Owens, C. M., Xiong, R. (2004): Prediction of poultry meat tenderness using razor blade shear, Allo-Kramer shear, and sarcomere length. In: *Journal of Food Science*, 69 11-15. p.
51. Centner, T. J. (2016): Recent government regulations in the United States seek to ensure the effectiveness of antibiotics by limiting their agricultural use. In: *Environment International*, 94 1-7. p.
52. Chambers, I., Harrison, P. (1988): *Oxy-Radicals in Molecular Biology and Pathology*. Alan R. Liss Inc., New York. 289-300. p.
53. Chance, B., Sies, H., Boveris, A. (1979): Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. In: *Physiological Reviews*, 59 527-606. p.
54. Choct, M. (2009): Managing gut health through nutrition. In: *British Poultry Science*, 50 9-15. p.
55. Chotikatum, S., Kramomthong, I., Angkanaporn K. (2009): Effects of medium chain fatty acids, organic acids and fructo-oligosaccharide on cecal *Salmonella Enteritidis* colonization and intestinal of broilers. In: *Thai Journal of Veterinary Medicine*, 39 245-258. p.

56. Chowdhury, K., Banu, L. A., Khan, S., Latif, A. (2008): Studies on the Fatty Acid Composition of Edible Oil. In: *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research* 42(3) 311-316 p.
57. Cobb (2021): Cobb Broiler Management Guide. https://cobbgenetics.com/assets/Cobb-Files/Broiler-Guide_English-2021-min.pdf Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: cobb, lighting program. Lekérdezés időpontja: 2023.12.12.
58. Cooke, M. S., Evans, M. D., Dizdaroglu, M., Lunec, J. (2003): Oxidative DNA damage: mechanisms, mutation, and disease. In: *FASEB Journal*, 17 1195-1214. p.
59. Crespo, N., Esteve-Garcia, E. (2001): Dietary fatty acid profile modifies fat deposition in broiler chickens. In: *Poultry Science*, 80, 71-78. p.
60. Cross, H. R., Durland, P. R., Seideman, S. C. (1986). Sensory qualities of meat. In: *Muscle As Food*. P.J. Bechtel, ed. Academic Press, New York, NY. 279-320 p.
61. Croxen, M. A., Law, R. J., Scholz, R., Keeney, K. M., Wlodarska, M., Finlay, B. B. (2013): Recent advances in understanding enteric pathogenic *Escherichia coli*. In: *Clinical Microbiology Reviews*, 26 822-880. p.
62. Czaplewski, L., Bax, R., Clokie, M., Dawson, M., Fairhead, H., Fischetti, V. A., Foster, S., Gilmore, B. F., Hancock, R. E., Harper, D., Henderson, I. R., Hilpert, K., Jones, B. V., Kadioglu, A., Knowles, D., Ólafsdóttir, S., Payne, D., Projan, S., Shaunak, S., Silverman, J., Thomas, C. M., Trust, T. J., Warn, P., Rex, J. H. (2016): Alternatives to antibiotics-a pipeline portfolio review. In: *Lancet Infectious Diseases*, 16 239-251. p.
63. Csapó, J., Csapóné Kiss, Zs. (2003): Élelmiszer-kémia, Budapest: Mezőgazda Kiadó. 468 p.
64. D'Aquino, M., Benedetti, P. C., Di Felice, M., Gentili, V., Tomassi, G., Maiorino, M., Ursini, F. (1991): Effect of fish oil and coconut oil on antioxidant defence system and lipid peroxidation in rat liver. In: *Free Radical Research Communications*, 12-13 147-152. p.
65. Daba, M. H., Abdel-Rahman, M. S. (1998): Hepatoprotective activity of thymoquinone in isolated rat hepatocytes. In: *Toxicology Letters*, 95 23-29. p.
66. Danzeisen, J. L., Kim, H. B., Isaacson, R. E., Tu, Z. J., Johnson, T. J. (2011): Modulations of the chicken cecal microbiome and metagenome in response to anticoccidial and growth promoter treatment. In: *PloS one*, 6(11): e27949.
67. Dayrit, F. M. (2015): The properties of lauric acid and their significance in coconut oil. In: *Journal of the American Oil Chemists Society*, 92 1-15. p.
68. De Graef, V., Foubert, I., Smith, K., Cain, F., Dewettinck, K. (2007): Crystallization behavior and texture of trans-containing and trans-free palm oil based confectionery fats. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 10258-10265. p.
69. Deatherage, F. E. (1963): The effects of water and inorganic salts on tenderness. In: *Proceedings Meat Tenderness Symposium*, Campbell Soup Co., Camden NJ. 45-68. p.
70. DeLeve, L. D., Kaplowitz, N. (1990): Importance and regulation of hepatic glutathione. In: *Seminars in Liver Disease*. 10 251-266. p.
71. Desbois, A. P., Smith, V. J. (2010): Antibacterial free fatty acids: Activities, mechanisms of action and biotechnological potential. In: *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85 1629-1642. p.
72. Dibner, J. J., Richards, J. D. (2005): Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action. In: *Poultry Science*, 84 634-643. p.
73. Dierick, N. A., Decuyper, J. A., Molly, K., Van Beek, E., Vanderbeke, E. (2002): The combined use of triacylglycerols (TAGs) containing medium chain fatty acids (MCFAs) and exogenous lipolytic enzymes as an alternative to nutritional antibiotics in piglet nutrition - II. In vivo release of MCFAs in gastric cannulated and slaughtered piglets by endogenous and exogenous lipases; effects on the luminal gut flora and growth performance. In: *Livestock Production Science*, 76 1-16. p.
74. Dilaga, I. W. S., dan Soeparno (2007): Pengaruh pemberian berbagai level clenbuterol terhadap kualitas daging babi jantan grower. In: *Buletin Peternakan*, 31 (4) 200-208. p.

75. Dobos-Kovács, M. (2014): Házimadarak kórbonctana. Budapest: MÁOK Kft. 469 p.
76. Donaldson, J., Pillay, K., Madziva, M. T., Erlwanger, K. H. (2014): The effect of different high-fat diets on erythrocyte osmotic fragility, growth performance and serum lipid concentrations in male, Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). In: *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99(2): 281-289 p.
77. Dong, N. T. K., Thu, N. V. (2021): Effects of dietary supplementation levels of coconut oil in crossbred Noi chicken on nutrient intake, growth performance, carcass values. In: *Livestock Research for Rural Development*, 33 (5).
78. Dong, X. F., Liu, S., Tong, J. M. (2018): Comparative Effect of Dietary Soybean Oil, Fish Oil, and Coconut Oil on Performance, Egg Quality and Some Blood Parameters in Laying Hens. In: *Poultry Science*, 97 2460-2472. p.
79. Dransfield, E., Sosnicki, A. A. (1999): Relationship between muscle growth and poultry meat quality. In: *Poultry Science*, 78 743-746. p.
80. Du, M., Ahn, D. U. (2002): Effect of dietary conjugated linoleic acid on the growth rate of live birds and on the abdominal fat content and quality of broiler meat. In: *Poultry Science*, 81 428-433. p.
81. Dublec K. (2011): Takarmányozás. https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/8640/0010_1A_Book_13_Takarmanyozas.pdf?sequence=2&isAllowed=y Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: takarmányozás, szervesanyag, emészthetőség. Lekérdezés időpontja: 2023.04.13.
82. Duke, G. E. (1986). Alimentary canal: anatomy, regulation of feeding, and motility. In: Sturkie, P. D. (Ed.), *Avian Physiology*. 4th ed. Springer-Verlag, NY. 269-288. p.
83. Ekwenye, U. N., Ijeomah, C. A. (2005): Antimicrobial effects of palm kernel oil and palm oil. In: *KMITL Science and Technology Journal*, 5 (2) 502-505. p.
84. El Rammouz, R., Marius, R., Fernandez, X. (2004): Effect of Ultimate pH on the Physicochemical and Biochemical Characteristics of Turkey Breast Muscle Showing Normal Rate of Postmortem pH Fall. In: *Poultry Science*, 83. 1750-7. p.
85. Elewa, M. S., Abou-Kassem, D. E., El-Hindawy, M. M., Madkour, M., Elsharkawy, M. S., Afifi, M., Alagawany, M. (2023): Effect of coconut oil on growth performance, carcass criteria, liver and kidney functions, antioxidants and immunity, and lipid profile of broilers. In: *Scientific Reports*, 13 13974.
86. Entkvetchakul, B., Bottje, W. G., Anthony, N., Moore, R., Huff, W. (1993): Compromised antioxidant status associated with ascites in broilers. In: *Poultry Science*, 74. 2272-2280. p.
87. Erdélyi M. (2002): A glutation-peroxidáz működésének vizsgálata különböző környezeti indukciós modellekben házinyúlban. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Takarmányozástani Tanszék, Gödöllő. 131 p.
88. Espinosa-Diez, C., Miguel, V., Mennerich, D., Kietzmann, T., Sánchez-Pérez, P., Cadenas, S., Lamas, S. (2015): Antioxidant responses and cellular adjustments to oxidative stress. In: *Redox Biology*, 6 183-197. p.
89. Ezieshi, E. V., Olomu, J. M. (2004): Comparative performance of broilers chickens fed varying levels of palm kernel meal and maize offal. In: *Pakistan Journal of Nutrition*, 3 (4) 254-257. p.
90. FAO (2019): Food Outlook - Biannual Report on Global Food Markets. <https://www.fao.org/3/ca6911en/CA6911EN.pdf> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: FAO, food, outlook, 2019. Lekérdezés időpontja: 2023.04.13.
91. Fehér, Gy. (2000): A háziállatok funkcionális anatómiája. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 886 p.
92. Fekete, S. Gy. (szerk): (2009) Állatorvosi takarmányozás és dietetika. II. kiadás. Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar Budapest, 616 p.

93. Feng, Y., Gong, J., Yu, H., Jin, Y., Zhu, J., Han, Y. (2010): Identification of changes in the composition of ileal bacterial microbiota of broiler chickens infected with *Clostridium perfringens*. In: *Veterinary Microbiology*, 140 116-121. p.
94. Fernandez, X., Monin G., Talmant A., Mourot J., Lebret B. (1999): Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat – 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. longissimus lumborum. – In: *Meat Science*, 53 59-65. p.
95. Ferreira, L., Lisenko, K., Barros, B., Zangeronimo, M., Pereira, L., Sousa, R. (2012): Influence of medium-chain triglycerides on consumption and weight gain in rats: A systematic review. In: *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 98 1-8. p.
96. Firestone, D. F. (1999): Physical and Chemical Characteristics of Oils, Fats and Waxes. AOCS
97. Fisher, C., Wilson, B. J. (1974): Response to dietary energy concentration by growing chickens. In: *T.R. Morris and B.M. Freeman (Editors), Energy Requirements of Poultry. British Poultry Science, Edinburgh*, 151-184. pp.
98. Fleming, B. K., Froning, G. W., Beck, M. M., Sosnicki, A. A. (1991a): The effect of carbon dioxide as a pre-slaughter stunning method for turkeys. In: *Poultry Science*, 70 2201-2206. p.
99. Fleming, B. K., Froning, G. W., Yang, T. S. (1991b): Heme pigment levels in chicken broilers chilled in ice slush and air. In: *Poultry Science*, 70 2197-2200. p.
100. Fletcher, D. L. (1999): Broiler breast meat color variation, pH, and texture. In: *Poultry Science*, 78 1323-1327. p.
101. Fletcher, D. L. (2002): Poultry meat quality. In: *World's Poultry Science Journal*, 58 131-145. p.
102. Fossati, P., Prencipe, L. (1982): Serum triglycerides determined colorimetrically with an enzyme that produces hydrogen peroxide. In: *Clinical Chemistry*, 28 2077-2080. p.
103. Freeman, C. P. (1976): Digestion and absorption of fat. 117-142. p. In: Boorman, K.N. and Freeman, B.M. (szerk.): *Digestion and Absorption in the Fowl*. British Poultry Science Ltd, Edinburgh.
104. Freeman, C. P. (1984): The digestion, absorption and transport of fat – non-ruminants. 105-122. p. In: Wiseman, J. (ed.): *Fats in Animal Nutrition*. Butterworths, London.
105. Froning, G. W. (1995): Color of poultry meat. In: *Poultry and Avian Biology Reviews*, 6 (1) 83-93. p.
106. Froning, G. W., Daddario, J., Hartung, T. E. (1968): Color and myoglobin concentration in turkey meat as affected by age, sex, and strain. In: *Poultry Science*, 47 1827-1835. p.
107. Geng, S., Zhang, Y., Cao, A., Liu, Y., Di, Y., Li, J., Lou, Q., Zhang, L. (2022): Effects of Fat Type and Exogenous Bile Acids on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Lipid Metabolism and Breast Muscle Fatty Acid Composition in Broiler Chickens. In: *Animals*, 12 1258. p.
108. Gershwin, M. E., German, J. B., Keen, C. L. (szerk.) (1999): Nutrition and Immunology, Springer Science & Business Media, 505 p.
109. Ghani, N. A. A., Channip, A. A., Chok Hwee Hwa, P., Ja'afar, F., Yasin, H. M., Usman, A. (2018): Physicochemical properties, antioxidant capacities, and metal contents of virgin coconut oil produced by wet and dry processes. In: *Food Science & Nutrition*, 6(5):1298-1306 p.
110. Gholami, M., Shirzadi, H., Taherpour, K., Rahmatnejad, E., Shokri, A., Khatibjoo, A. (2024): Effect of emulsifier on growth performance, nutrient digestibility, intestinal morphology, faecal microbiology and blood biochemistry of broiler chickens fed low-energy diets. In: *Veterinary Medicine and Science*, 10 e1437.
111. Gippert, T., Körösiné Molnár, A. (2006): A baromfi takarmányozása intenzív és szabad tartásban. Budapest: Gazda Kiadó. 207 p.
112. Girard, A., Madani, S., El Boustani, E. S., Belleville, J., Prost, J. (2005): Changes in lipid metabolism and antioxidant defense status in spontaneously hypertensive rats and Wistar

- rats fed a diet enriched with fructose and saturated fatty acids. In: *Nutrition*, 21 240-248. p.
113. Girolami, A., Napolitano, F., Faraone, D., Braghieri, A. (2013): Measurement of meat colour using a computer vision system. In: *Meat Science*, 93 111-118. p.
 114. Giustarini, D., Dalle-Donne, I., Milzani, A., Rossi, R. (2009): Oxidative stress induces a reversible flux of cysteine from tissues to blood *in vivo* in the rat. In: *FEBS Journal*, 276(17), 4946-4958. p.
 115. Gong, J., Si, W., Forster, R. J., Huang, R., Yu, H., Yin, Y., Yang, C., H, Y. (2007): 16S rRNA gene-based analysis of mucosa-associated bacterial community and phylogeny in the chicken gastrointestinal tracts: from crops to ceca. In: *FEMS microbiology ecology*, 59 147-57. p.
 116. González-Ortiz, G., Sala, R., Cánovas, E., Abed, N., Barroeta, A. C., (2013): Consumption of dietary n-3 fatty acids decreases fat deposition and adipocyte size, but increases oxidative susceptibility in broiler chickens. In: *Lipids*, 48 705-717. p.
 117. Guhne, W. (1970): Tenderness of broiler meat dependent on weight, sex, and age of the birds. (Abstr.) In: *World's Poultry Science Journal*, 26:739.
 118. Guilford, J. P. (1950). *Fundamental statistics in psychology and education* (2nd ed.). McGraw-Hill.
 119. Gunstone, F. D. (szerk): (2007) *The lipid handbook*. 3rd Edition. CRC Press, Boca Raton, 617 p.
 120. Guo, X., Song, J., Yu, Y., Wei, J. (2014): Can recombinant human glutathione peroxidase 1 with high activity be efficiently produced in *Escherichia coli*? In: *Antioxidants & Redox Signaling*, 20 1524-1530. p.
 121. Gutteridge, J. M., Halliwell, B. (1990): The measurement and mechanism of lipid peroxidation in biological systems. In: *Trends in Biochemical Sciences*, 15 129-135. p.
 122. Hajós, Gy. (2008): *Élelmiszer-kémia*, Budapest: Akadémiai Kiadó. 636 p.
 123. Halas, V., Dijkstra, J., Babinszky, L., Verstegen, M. W. A., Gerrits, W. J. J. (2004): Modeling of nutrient partitioning in growing pigs to predict their anatomical body composition: 1. Model description. In: *British Journal of Nutrition*, 92 707-723. p.
 124. Halas, V., Kovács, M., Babinszky, L. (2006): A táplálóanyag-ellátás immunmoduláló hatása sertésben: irodalmi feldolgozás. In: *Magyar Állatorvosok Lapja*, 128 533-543. p.
 125. Halliwell, B., Gutteridge, J. M. C. (1989): *Free Radicals in Biology and Medicine*, Clarendon Press, Oxford.
 126. Han, J., Hamilton, J. A., Kirkland, J. L., Corkey, B. E., Guo, W. (2003): Medium-chain oil reduces fat mass and down-regulates expression of adipogenic genes in rats. In: *Obesity Research*, 11 (6) 734-744. p.
 127. Handayani, U. F., Wizna, Suliansyah, I., Rizal, Y., Mahata, M. (2019): The Evaluation of Dietary Addition of Palm and Coconut Oils in Steaming Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Waste Powder on Digestibility of Crude Fiber and Retention of Lycopene and Nitrogen in Broiler The Evaluation of Dietary Addition of Palm and Coconut Oils in Steaming Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Waste Powder on Digestibility of Crude Fiber and Retention of Lycopene and Nitrogen in Broiler Chickens. In: *Journal of World's Poultry Research*, 9 (4) 187-195. p.
 128. Hawkins, S. A., Bowker, B., Zhuang, H., Gamble, G., Holser, R. (2014): Post-mortem chemical changes in poultry breast meat monitored with visible-near infrared spectroscopy. In: *Journal of Food Research*, 3 57-65. p.
 129. Heimberg, M., Weinstein, I., Kohout, M. (1969): The effects of glucagon, dibutyryl cyclic adenosine 3',5'-monophosphate and concentration of free fatty acid on hepatic lipid metabolism. In: *Journal of Biological Chemistry*, 244 5131-5139. p.
 130. Heincinger, M., Weber, M., Seenger, J., Balogh, K., Ábrahám, Cs., Mézes, M. (2008): Magyarországon széles körben alkalmazott sertésfajták és hibridek összehasonlítása a karaj

- nyíróerőértéke és sütési vesztesége alapján. In: *Animal Welfare, Ethology and Housing Systems*, 4 638-645. p.
131. Hoffman, L. C., Muller, M., Cloete, S. W. P., Schmidt, D. (2003): Comparison of six crossbred lamb types: sensory, physical and nutritional meat quality characteristics. In: *Meat Science*, 65(4), 1265-1274. p.
 132. Holmgren, A. (1977): Bovine thioredoxin system. Purification of thioredoxin reductase from calf liver and *thymus* and studies of its function in disulfide reduction. In: *Journal of Biological Chemistry*, 252 4600-4606. p.
 133. Honikel, K. O. (1998): Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. In: *Meat Science*, 49 447-457. p.
 134. Hovorkáné, H. Zs. (2007): Fűszerpaprika őrlmények érzékelt és mért színjellemzői. Doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Budapest. 147 p.
 135. Hovorkova, P., Lalouckova, K., Skrivanova, E. (2018): Determination of in vitro antibacterial activity of plant oils containing medium-chain fatty acids against Grampositive pathogenic and gut commensal bacteria. In: *Czech Journal of Animal Science*, 63 119-125. p.
 136. Htin, N., Idrus, Z., Alimon, A. R., Loh, T. C., Hair-Bejo, M. (2007): Effects of sources of dietary fat on broiler chickens exposed to transient high temperature stress. In: *Archiv für Geflügelkunde*, 71(2):74-80 p.
 137. Hu, Y. J., Cowling, B. J. (2020): Reducing antibiotic use in livestock, China. In: *Bulletin of the World Health Organization*, 98 360-361. p.
 138. Hurdle, J. G., O'Neill, A. J., Chopra, I., Lee, R. E. (2011): Targeting bacterial membrane function: An underexploited mechanism for treating persistent infections. In: *Nature Reviews Microbiology*, 9 62-75. p.
 139. Hutagalung, R. I. (1980): Availability of feedstuffs for farm animals. Proceedings First Asia-Australasia Animal Science Congress, Abstract No. 40: 15.
 140. Hwa, J. J., Ghibaudi, L., Compton, D., Fawzi, A. B., Strader, C. D. (1996): Intracerebroventricular injection of leptin increases thermogenesis and mobilizes fat metabolism in ob/ob mice. In: *Hormone and Metabolic Research*, 28 659-663. p.
 141. IFA (2023): GESTIS-Stoffdatenbank. <https://gestis.dguv.de/> Lekérdezés időpontja: 2023.04.14.
 142. Imai, H., Nakagawa, Y. (2003): Biological significance of phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase (PHGPx, GPx4) in mammalian cells. In: *Free Radical Biology and Medicine*, 34 145-169. p.
 143. Imre, A. (2007): A baromfi *Salmonella Enteritidis* elleni korai védelmet szolgáló törzsek előállítása virulencia plazmidra és flagellin rendszerre irányuló mutagenézissel. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Állatorvostudományi Doktori Iskola, Budapest. 129 p.
 144. Incharoen, T., Koh-en, Y., Tomoki, E., Hisaya G. (2010): Histology of intestinal villi and epithelial cells in chickens fed low-crude protein or low-crude fat diets. In: *Italian Journal of Animal Science*, 9:e82.
 145. Incze, Z. (1996): A nyers hús színe és színtabilitása. Húsipari Továbbképző Napok 7. A nyers hús. OHKI-Budapest, 135-146. p.
 146. Ingr, I. (1989): Meat quality: Defining the term by modern standards. In: *Fleisch*, 69 1268. p.
 147. IvyPanda. (2023): The Effect of pH on Water Holding Capacity of Chicken. <https://ivy panda.com/essays/the-effect-of-ph-on-water-holding-capacity-of-chicken/> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: water holding capacity, chicken, effect, pH. Lekérdezés időpontja: 2023.12.12.
 148. Jacob, R. A., Burri, B. J. (1996): Oxidative damage and defense. In: *The American Journal of Clinical Nutrition*, 63:985S990S.

149. Jahurul, M. H. A., Zaidul, I. S. M., Nik Norulaini, N. A., Sahena, F., Abedin, M. Z., Mohamed, A., Mohd Omar, A. K. (2014): Hard cocoa butter replacers from mango seed fat and palm stearin. In: *Food Chemistry*, 154 323-329. p.
150. Jang, I. S., Ko, Y. H., Kang, S. Y., Lee, C. Y. (2007): Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. In: *Animal Feed Science and Technology*, 134 (3-4) 304-315. p.
151. Jankowski, J., Zdunczyk, Z., Mikulski, D., Juśkiewicz, J., Naczmański, J., Pomianowski, J., Zdunczyk, P. (2012): Fatty acid profile, oxidative stability and sensory properties of breast meat from turkeys fed diets with a different n-6/n-3 PUFA ratio. In: *European Journal of Lipid Science and Technology*.
152. Jansman, A. J. M., Wagenaars, C. M. F., Schonewille, A., Snel, H., Van der Klis, J. D. (2006): Bestrijding van *Clostridium* en *Campylobacter* infecties in pluimvee via natuurlijke antimicrobiele voedingscomponenten. In: Animal Sciences Group, Wageningen UR, 50. p.
153. Jauregui, C. A., Regenstein, J. M., Baker, R. C. (1981): A simple centrifugal method for measuring expressible moisture, a water binding property of muscle foods. In: *Journal of Food Science*, 46 1271-1273. p.
154. Jeurissen, S. H. M., Lewis, F., van der Klis, J. D., Mroz, Z., Rebel, J. M. J., ter Huurne, A. A. H. M. (2002): Parameters and techniques to determine intestinal health of poultry as constituted by immunity, integrity, and functionality. In: *Current Issues in Intestinal Microbiology*, 3 1-14. p.
155. Jiang, H., Yoon, S.-C., Zhuang, H., Wang, W., Li, Y., Lu, C., Li, N. (2018): Non-destructive assessment of final color and pH attributes of broiler breast fillets using visible and near-infrared hyperspectral imaging: A preliminary study. In: *Infrared Physics and Technology*, 92 309-317. p.
156. Jiao, J. Z., Wu, J., Wang, M., Zhou, C. S., Zhong, R. Z., Tan, Z. L. (2018): Rhubarb supplementation promotes intestinal mucosal innate immune homeostasis through modulating intestinal epithelial microbiota in goat kids. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66 1047-1057. p.
157. Joyeux-Faure, M., Rossini, E., Ribuot, C., Faure, P. (2006): Fructose-fed rat hearts are protected against ischemia-reperfusion injury. In: *Experimental Biology and Medicine* (Maywood), 231 456-462. p.
158. Kanakri, K., Carragher, J., Hughes, R., Muhlhausler, B., Gibson, R. (2018): The Effect of Different Dietary Fats on the Fatty Acid Composition of Several Tissues in Broiler Chickens. In: *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120: 1700237.
159. Katiyo, W., De Kock, H. L., Coorey, R., Buys, E. M. (2020): Sensory implications of chicken meat spoilage in relation to microbial and physicochemical characteristics during refrigerated storage. In: *LWT*, 128(1):109468.
160. Kavouridou, K., Barroeta, A. C., Villaverde, C. (2008): Fatty acid, protein and energy gain of broilers fed different dietary vegetable oils. In: *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6 (2) 210-218. p.
161. Kelley, D. S., Daudu, P. A. (1993): Fat intake and immune response. In: *Progress in Food and Nutritional Science*, 17 41-63. p.
162. Khatun, J., Loh, T. C., Akit, H., Foo, H. L., Mohamad, R. (2017): Influence of different sources of oil on performance, meat quality, gut morphology, ileal digestibility and serum lipid profile in broilers. In: *Journal of Applied Animal Research*, 46 479-485. p.
163. Khosravinia, H. (2015): Effect of dietary supplementation of medium-chain fatty acids on growth performance and prevalence of carcass defects in broiler chickens raised in different stocking densities. In: *Journal of Applied Poultry Research*, 24 1-9. p.
164. Kijowski, J., Niewiarowicz, A., Kujawska-Biernat, B. (1982): Biochemical and technological characteristics of hot chicken meat. In: *Journal Food Technology*, 17 (5) 553-560. p.

165. Kim, S. A., Rhee, M. S. (2013): Marked synergistic bactericidal effects and mode of action of medium-chain fatty acids in combination with organic acids against *Escherichia coli* O157:H7. In: *Applied and Environmental Microbiology*, 79 6552-6560. p.
166. Kim, S. A., Rhee, M. S. (2016): Highly enhanced bactericidal effects of medium chain fatty acids (caprylic, capric, and lauric acid) combined with edible plant essential oils (carvacrol, eugenol, beta-resorcylic acid, trans-cinnamaldehyde, thymol, and vanillin) against *Escherichia coli* O157:H7. In: *Food Control*, 60 447-454. p.
167. Kollarcikova, M., Kubasova, T., Karasova, D., Crhanova, M., Cejkova, D., Sisak, F., Rychlik, I. (2019): Use of 16S rRNA gene sequencing for prediction of new opportunistic pathogens in chicken ileal and cecal microbiota. In: *Poultry Science*, 98 2347-2353. p.
168. Kosower, N. S., Kosower, E. M. (1978): The glutathione status of cells. In: *International Review of Cytology*, 54 109. p.
169. Kralik, G., Petrak, T., Gajcevic, Z., Hanzek, D. (2007): Influence of vegetable oil on fatty acid profile of chicken meat. In: *Proceeding of 53rd International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST '07); 5-10 August 2007; Beijing, China*. 357-358 p.
170. Kramer, A. K., Guyer, R. B., Rogers, H. (1951): New shear press predicts quality of canned limas. In: *Journal of Food Engineering*, 23 (4) 112-113. p.
171. Kranen, R., Van Kuppevelt, T., Goedhart, H., Veerkamp, C., Lambooy, E., Veerkamp, J. (1999): Hemoglobin and myoglobin content in muscles of broiler chickens. In: *Poultry Science*, 78 467-476. p.
172. Kretzschmar, M., Klinger, W. (1990): The hepatic glutathione system-influences of xenobiotics. In: *International Journal of Experimental Pathology*, 38 145-164. p.
173. Kroghdahl, A. (1985): Digestion and absorption of lipid in poultry. In: *Journal of Nutrition*, 115 675-685. p.
174. Kropf, D. H. (1993): Colour stability. Factors affecting the colour of fresh meat. In: *Meat Focus International (United Kingdom)*, 2 (6) 269-275. p.
175. Krutsay, M. (1999): Patológiai technika. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 517 p.
176. KSH (2023a): 19.1.1.29. Baromfiállomány. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0029.html Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: KSH, baromfi, állomány. Lekérdezés időpontja: 2023.04.12.
177. KSH (2023b): 19.1.1.61. A rendelkezésre álló húsfélék egy főre jutó mennyisége. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0062.html Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: KSH, baromfi, hús, fogyasztás. Lekérdezés időpontja: 2023.04.12.
178. KSH (2023c): 19.1.1.22. A fontosabb szántóföldi növények termesztése és felhasználása. https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0022.html Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: szója, import, Magyarország. Lekérdezés időpontja: 2023.04.13.
179. Labunskyy, V. M., Hatfield, D. L., Gladyshev, V. N. (2014): Selenoproteins: molecular pathways and physiological roles. In: *Physiological Reviews*, 94 739-777. p.
180. Laloucková, K., Malá, L., Slanicková, P., Skrivanová, E. (2019): In vitro antimicrobial effect of palm oils rich in medium-chain fatty acids against mastitis-causing Gram-positive bacteria. In: *Czech Journal of Animal Science*, 64 (8) 325-331. p.
181. Lásztity, R., Törley, D. (1993): Élelmiszer-kémia 2., Budapest: Mezőgazda Kiadó. 543 p.
182. Lauterburg, B. H., Adams, J. D., Mitchell, J. R. (1984): Hepatic GSH homeostasis in the rat: efflux accounts for glutathione turnover. In: *Hepatology*, 4 586-590. p.
183. Lawrie, R. A. (1998): Lawrie's meat science. Cambridge, UK: Technomic Press.
184. Lawrie, R. A. (2003): Ilmu Daging. Edisi Ke-5. Diterjemahkan oleh Parakkasi, A., dan Y. Amwila. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
185. Le Bihan-Duval, E., Millet, N., Remignon, H. (1999): Broiler meat quality: Effect of selection for increased carcass quality and estimates of genetic parameters. In: *Poultry Science*, 78 822-826. p.

186. Lee, S. I., Kim, H. S., Kim, I. (2015): Microencapsulated organic acid blend with MCFAs can be used as an alternative to antibiotics for laying hens. In: *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 39 520-527. p.
187. Leonard, S. S., Harris, G. K., Shi, X. (2004): Metal-induced oxidative stress and signal transduction. In: *Free Radical Biology and Medicine*, 37 1921-1942. p.
188. Li, J., Tan, J., Shatadal, P. (2001): Classification of tough and tender beef by image texture analysis. In: *Meat Science*, 57 341-346. p.
189. Li, S., Yan, T., Yang, J. Q., Oberley, T. D., Oberley, L. W. (2000): The role of cellular glutathione peroxidase redox regulation in the suppression of tumor cell growth by manganese superoxide dismutase. In: *Cancer Research*, 60 3927-3939. p.
190. Lísá, M., Holcapek, M. (2008): Triacylglycerols profiling in plant oils important in food industry, dietetics and cosmetics using high – performance liquid chromatography – atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry. In: *Journal of Chromatography A*, 1198-1199 115-130. p.
191. Liu, L., Wu, S., Tam, M. F. (1993): Nucleotide sequence of class-a glutathione S-transferases from chicken liver. In: *Biochimica et Biophysica Acta*, 1216 332-334. p.
192. Liu, Y. (2016): Fatty acids, inflammation and intestinal health in pigs. In: *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 7 321-329. p.
193. Liu, Y., Meng, Z., Zhang, F., Shan, L. (2010): Influence of lipid composition, crystallization behavior and microstructure on hardness of palm oil-based margarines. In: *European Food Research and Technology*, 230 (5) 759-767. p.
194. Long, G. L., Hao, W. X., Bao, L. F., Li, J. H., Zhang, Y., Li, G. H. (2019): Effects of dietary inclusion levels of palm oil on growth performance, antioxidative status and serum cytokines of broiler chickens. In: *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 00 1-9. p.
195. Lopez-Torres, M., Perez-Campo, R., Rojas, C., Cadenas, S., Barja, G. (1993): Maximum life span in vertebrates: relationship with liver antioxidant enzymes, glutathione system, ascorbate, urate, sensitivity to peroxidation, true malondialdehyde, in vivo H₂O₂, and basal and maximum aerobic capacity. In: *Mechanisms of Ageing and Development*, 70 177-199. p.
196. Loung, F. S., Silalahi, J., Suryanto, D. (2014): Antibacterial activity of enzymatic hydrolyzed of virgin coconut oil and palm kernel oil against *Staphylococcus aureus*, *Salmonella thypi* and *Escherichia coli*. In: *International Journal of PharmTech Research*, 6 (2) 628-633. p.
197. Lu, S. C. (2009): Regulation of glutathione synthesis. In: *Molecular Aspects of Medicine*, 30 42-59. p.
198. Lu, S. C. (2013): Glutathione synthesis. In: *Biochimica et Biophysica Acta*, 1830 3143-3153. p.
199. Lukács, Gy. (1982): Színmérés. Budapest: Műszaki Kiadó. 341 p.
200. Lyon, B. G., Lyon, C. E. (1990): Texture profile of broiler pectoralis major as influenced by post-mortem deboning time and heat method. In: *Poultry Science*, 69 329-340. p.
201. Lyon, B. G., Smith, D. P., Lyon, C. E., Savage, E. M. (2004): Effects of diet and feed withdrawal on the sensory descriptive and instrumental profiles of broiler breast fillets. In: *Poultry Science*, 83 275-281. p.
202. Lyon, C. E., Wilson, R. L. (1986): Effects of sex, rigor condition, and heating method on yield and objective texture of broiler breast meat. In: *Poultry Science*, 65 907-914. p.
203. Mabayo, R. T., Furuse, M., Yang, S. I., Okumura, J. I. (1992): Medium-chain triacylglycerols enhance release of cholecystokinin in chicks. In: *Journal of Nutrition*, 122 1702-1705. p.
204. Magyar Élelmiszerkönyv 1-3/13-1 számú előírás, Húskészítmények, 2. kiadás, (2008)
205. Maiorino, M., Aumann, K. D., Brigelius-Flohé, R., Doria, D., van den Heuvel, J., McCarthy, J., Roveri, A., Ursini, F., Flohé, L. (1995): Probing the presumed catalytic triad

- of selenium-containing peroxidases by mutational analysis of phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase (PHGPx). In: *Biological chemistry Hoppe-Seyler*, 376 651-660. p.
206. Marina, A. M., Che Man, Y. B., Nazimah, S. A. H., Amin, I. (2009): Chemical Properties of Virgin Coconut Oil. In: *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86 301-307. p.
 207. Matés, J. M. (2000): Effects of antioxidant enzymes in the molecular control of reactive oxygen species toxicology. In: *Toxicology*, 153 83-104. p.
 208. Matkovics, B., Szabó, L., Sz. Varga, I. (1988): Lipidperoxidáció és a glutation anyagcsere enzimek aktivitás meghatározása biológiai mintákban. In: *Laboratory Diagnosis*, 15 248-250. p.
 209. McKay, P. B., Kings, M. M. (1980): Vitamin E: Its role as a biological free radical scavenger and its relationship to the microsomal mixed-function oxidase system. 357-371. p. In: Machlin, L. J. (ed.): *Vitamin E, a comprehensive treatise*. Marcel Dekker Inc. New York.
 210. Mézes, M. (1999): Egyes kórélettani és takarmányozás-élettani folyamatok lipidperoxidációs háttere. Doktori Értekezés, Gödöllő.
 211. Mézes, M., Matkovics, B. (1986): A lipidperoxidáció molekuláris mechanizmusa és mennyiségi mérése. 61-105. p. In: Csaba Gy. (szerk.): *A Biológia Aktuális Problémái*. Medicina, Budapest.
 212. Michel, L. M., Punter, P. H., Wismer, W. V. (2011): Perceptual attributes of poultry and other meat products: a repertory grid application. In: *Meat Science*, 87 349-355. p.
 213. Michiels, C., Raes, M., Toussaint, O., Remacle, J. (1994): Importance of Se-glutathione peroxidase, catalase, and Cu/Zn-SOD for cell survival against oxidative stress. In: *Free Radical Biology and Medicine*, 17 235-248. p.
 214. Millar, S., Wilson, R., Moss, B. W., Ledward, D. A. (1994): Oxymyoglobin formation in meat and poultry. In: *Meat Science*, 36 397-406. p.
 215. Mingot-Leclercq, M. P., Decout, J. L. (2016): Bacterial lipid membranes as promising targets to fight antimicrobial resistance, molecular foundations and illustration through the renewal of aminoglycoside antibiotics and emergence of amphiphilic aminoglycosides. In: *MedChemComm*, 7 586-611. p.
 216. Mishra, B., Reiling, S., Zarena, D., Wang, G. S. (2017): Host defense antimicrobial peptides as antibiotics: Design and application strategies. In: *Current Opinion in Chemical Biology*, 38 87-96. p.
 217. Mohamed, I. O. (2013): Lipase-Catalyzed Acydolysis of Palm Mid Fraction Oil with Palmitic and Stearic Fatty Acid Mixture for Production of Cocoa Butter Equivalent. In: *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 171 655-666. p.
 218. Molenaar, I., Hulstaert, C. E., Hardonk, M. J. (1980): Role in function and ultrastructure of cellular membranes. 372-389. p. In: Machlin, L. J. (ed.): *Vitamin E: A comprehensive treatise*. Marcel Dekker, New York.
 219. Montoya, C., Cochard, B., Flori, A., Cros, D., Lopes, R., Cuellar, T., Espeout, S., Syaputra, I., Villeneuve, P., Pina, M., Ritter, E., Leroy, T., Billotte, N. (2014): Genetic Architecture of Palm Oil Fatty Acid Composition in Cultivated Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Compared to Its Wild Relative *E. oleifera* (H.B.K) Cortés. In: *PLoS ONE* 9(5): e95412
 220. Mora, Z. V., Macías-Rodríguez, M. E., Arratia-Quijada, J., Gonzalez-Torres, Y. S., Nuño, K., Villarruel-López, A. (2020): *Clostridium perfringens* as Foodborne Pathogen in Broiler Production: Pathophysiology and Potential Strategies for Controlling Necrotic Enteritis. In: *Animals (Basel)*, 10(9) 1718.
 221. Muramatsu, K., Massuquetto, A., Dahlke, F., Maiorka, A. (2015): Factors that Affect Pellet Quality: A Review. In: *Journal of Agricultural Science and Technology*, 5 717-722. p.
 222. Murray, R. K. (szerk): (2003) Harper's Illustrated Biochemistry. 26th Edition. McGraw-Hill Companies, 701 p. <http://aulanni.lecture.ub.ac.id/files/2012/01/Harpers-26th-ed2.pdf>

223. Muurinen, J., Richert, J., Wickware, C. L., Richert, B., Johnson, T. A. (2021): Swine growth promotion with antibiotics or alternatives can increase antibiotic resistance gene mobility potential. In: *Scientific Reports*, 11 5485. p.
224. Németh, K. (2004): A takarmányozás és a környezeti hőmérséklet hatása brojlercsirkék lipidperoxidációs folyamataira. Doktori értekezés, Veszprémi Egyetem, Keszthely. 143 p.
225. Németh, K., Mézes, M., Gaál, T., Bartos, Á., Balogh, K., Husvéth, F. (2004): Effect of supplementation with methionine and different fat sources on the glutathione redox system of growing chickens. In: *Acta Veterinaria Hungarica*, 52 369-378. p.
226. Nevin, K. G., Rajmohan, T. (2006): Virgin Coconut Oil Supplemented Diet Increases the Antioxidant Status in Rats. In: *Food Chemistry*, 99 260-266 p.
227. Newton, K. G., Gill, C. O. (1981): The microbiology of DFD fresh meats: A review. In: *Meat Science*, 5(3):223-232 p.
228. Nielsen, H., Finot, P., Hurrell, R. (1985): Reactions of proteins with oxidizing lipids 2. Influence on protein quality and on the bioavailability of lysine, methionine, cyst(e)ine and tryptophan as measured in rat assays. In: *British Journal of Nutrition*, 53 75-86. p.
229. Niki, E., Yamamoto, Y., Kamiya, Y. (1985): Role of uic acid, cysteine and glutathione as chain breaking antioxidant in aqueous phase. In: *Chemistry Letters*, 8 1267. p.
230. Nitbani, F. O., Jumina, Siswanta, D., Solikhah, E. N. (2016): Isolation and Antibacterial Activity Test of Lauric Acid from Crude Coconut Oil (*Cocos nucifera* L.). In: *Procedia Chemistry*, 18 132-140. p.
231. Nobakht, A., Tabatbaei, S., Khodaei, S. (2011): Effects of different sources and levels of vegetable oils on performance, carcass traits and accumulation of vitamin E in breast meat of broilers. In: *Current Research Journal of Biological Sciences*, 3 601-605. p.
232. Normah, I., Cheow, C. S., Chong, C. L. (2013): Crystal habit during crystallization of palm Oil: Effect of time and temperature. In: *International Food Research Journal*, 20 (1) 417-422. p.
233. Northcutt, J. K. (1999): Marination and water holding capacity of broiler meat. *Poultry Tips*, November.
234. Northcutt, J. K., Foegeding, E.A., Edens, F.W. (1994): Water-holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat. In: *Poultry Science*, 73 308-316. p.
235. Nusantara B. P., De Clercq, N., Anthierens, K., Dewettinck, K. (2013): Changing the SFC Profile of Lauric Fat Blends Based on Melting Group of Triacylglycerol Formulation. In: *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90 1607-1619. p.
236. Nwoche, G. N., Nduuisi, E. C., Iheukwumere, F. C. (2003): Effects of Dietary Palm Oil on the Performance of Broiler Chicks. In: *International Journal of Agriculture and Rural Development*, 4(1).
237. Offer, G., Knight, P. (1988): The structural basis of water-holding in meat. General principles and water uptake in meat processing. 63-171 p. In: *Developments in Meat Science*. Elsevier Applied Science Publishing Co., Inc., New York, NY.
238. Ogunwale, O. A., Abokede, T. V., Olawale, B. O. (2016): Quality attributes of meat from broiler chickens fed diets containing three oil types and varying levels of calcium. In: *Journal of Agricultural Production and Technology*, 5 18-29. p.
239. Oktaviana, D. (2009): Pengaruh pemberian ampas virgin coconut oil dalam ransum terhadap performan, produksi karkas, perlemakan, antibodi, dan mikroskopik otot serta organ pencernaan ayam broiler. Tesis. Fakultas Peternakan UGM, Yogyakarta.
240. Onifade, A. A., Babatunde, G. M. (1998): Comparison of the utilisation of palm kernel meal, brewers dried grains and maize offal by broiler chicks. In: *British Poultry Science*, 39 245-250. p.
241. Onrust, L., Ducatelle, R., Van Driessche, K., De Maesschalck, C., Vermeulen, K., Haesebrouck, F., Eeckhaut, V., Van Immerseel, F. (2015): Steering Endogenous Butyrate Production in the Intestinal Tract of Broilers as a Tool to Improve Gut Health. In: *Frontiers in Veterinary Science*, 2 75. p.

242. Onwudike, O. C. (1986): Palm kernel as a feed for poultry 2. Diets containing palm kernel meal for starter and grower pullets. In: *Animal Feed Science and Technology*, 16 187-194. p.
243. Óváry, M., Holló, G., Ábrahám, Cs., Csapó, J., Seenger, J., Holló, I., Szűcs, E. (2003): Az íz szerepe a hús élvezeti értékében. In: *Acta Agraria Kaposváriensis*, 7 63-74. p.
244. Overton, T. R., Barbano, D. M., Van Amburgh, M. E., McFadden, J. W. (2021): Palmitic Acid, Milk Fat, and Hard Butter – What’s All of the Fuss About?. In: *Animal Science Publication Series No. 254*.
245. Owens, C. M., Cavitt, L. C., Meullenet, J. F. C. (2004): Tenderness Evaluation in Poultry Meat. Proceedings of the 57th American Meat Science Association Reciprocal Meat Conference (pp. 115-121) June 20-23, 2004, Lexington, Kentucky.
246. Pál, L. (2009): A takarmány zsírsavösszetétele és a takarmányfelvétel korlátozásával járó stressz állapot kapcsolatának vizsgálata baromfiban. http://real.mtak.hu/2208/1/48353_ZJ1.pdf Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: takarmány, zsírsav, baromfi, gsh. Lekérdezés dátuma: 2021.12.02.
247. Panigrahi, S., Powell, C. J. (1991): Effects of high inclusion of Palm kernel meal in broiler chick diets. In: *Animal feed science and technology*, 34 37-47. p.
248. Papadakis, S. E., Abdul-Malek, S., Kamdem, R. E., Yam, K. L. (2000): A versatile and inexpensive technique for measuring colour of foods. In: *Food Technology*, 5 (12) 48-51. p.
249. Park, S. Y., Byeon, D. S., Kim, G. W., Kim, H. Y. (2021): Carcass and retail meat cuts quality properties of broiler chicken meat based on the slaughter age. In: *Journal of Animal Science and Technology*, 63(1): 180-190 p.
250. Paul, S. K., Halder, G., Mondal, M. K., Samanta, G. (2007). Effect of Organic Acid Salt on the Performance and Gut Health of Broiler Chicken. In: *The Journal of Poultry Science*, 44 (4) 389-395. p.
251. Pelyhe, Cs. (2017): Trichotecénvázak mikotoxinok hatása a glutation redox rendszer szabályozására. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Takarmányozástani Tanszék, Gödöllő. 142 p.
252. Petracci, M., Baéza, E. (2009): Harmonization of methodology of assessment of poultry meat quality features. In: *Proceedings XVIII European Symposium on the Quality of Poultry Meat*. Prague, 2009. 175-80. p.
253. Pettigrew, J. E., Esnaola, M. A. (2001): Swine nutrition and pork quality: A review. In: *Journal of Animal Science*, 79 E316-E342. p.
254. Piracicaba, S. P., Piracicaba, S. B. Z., Bhatnagar, A. S., Kumar, P., Hemavathy, J., Krishna, G. (2009): Fatty acid composition; oxidative stability; and radical scavenging activity of vegetable oil blends with coconut oil. In: *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86 991-999. p.
255. Placer, Z. A., Cushman, L. L., Johnson, B. C. (1966): Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. In: *Analytical Biochemistry*, 16 359-364. p.
256. Pourabedin, M., and Zhao, X. (2015): Prebiotics and gut microbiota in chickens. In: *FEMS Microbiology Letters*, 362 122. p.
257. Prayitno, A. H., Suryanto, E., Zuprizal (2010): Kualitas fisik dan sensoris daging ayam broiler yang diberi pakan dengan penambahan ampas virgin coconut oil (VCO) (physical and sensory quality of meat of broiler chicken fed with the addition of virgin coconut oil waste). In: *Buletin Peternakan*, 34 (1) 55-63. p.
258. Qamar, A. (2023): Physical and chemical factors affecting chicken meat color. In: *Pakistan Journal of Science*, 71.
259. 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. In: *Poultry Science*, 80 676-680 p.

260. Rafiei-Tari, A., Sadeghi, A. A., Mousavi, S. N. (2021): Inclusion of vegetable oils in diets of broiler chicken raised in hot weather and effects on antioxidant capacity, lipid components in the blood and immune responses. In: *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 43.
261. Rahman, K. (2007): Studies on free radicals, antioxidants, and co-factors. In: *Clinical Interventions in Aging*, 2 219-236. p.
262. Rahman, M., Akbar, M., Islam, K., Iqbal, A., Assaduzzaman, M. (2012): Effect of dietary inclusion of palm oil on feed consumption, growth performance and profitability of broiler. In: *Bangladesh Journal of Animal Science*, 39 (1-2) 176-182. p.
263. Raimbault, S., Dridi, S., Denjean, F., Lachuer, J., Couplan, E., Bouillaud, F., Bordas, A., Duchamp, C., Taouis, M., Ricquier, D. (2001): An uncoupling protein homologue putatively involved in facultative muscle thermogenesis in birds. In: *Biochemical Journal*, 353 441-444. p.
264. Ranken, M. D. (1976): The water holding capacity of meat and its control. In: *Chemical Industry Journal*, 18 1052-1057. p.
265. Ratledge, C. (2013): Microbial oils: an introductory overview of current status and future prospects. In: *OCL*, 20(6) 7 p.
266. Ravindran, V. (2013). Feed enzymes: the science, the practice and the metabolic realities. In: *Journal of Applied Poultry Research*, 22 636-644. p.
267. Ravindran, V., Tanchaorenrat, P., Zaefarian, F., Ravindran, G. (2016): Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilisation. In: *Animal Feed Science and Technology*, 213 1-21. p.
268. Rebolé, A., Rodríguez, M. L., Ortiz, L. T., Alzueta, C., Centeno, C., Viveros, A., Brenes, A., Arija, I. (2006): Effect of dietary high-oleic acid sunflower seed, palm oil and vitamin E supplementation on broiler performance, fatty acid composition and oxidation susceptibility of meat. In: *British Poultry Science*, 47 (5) 581-591. p.
269. Reed, D. J., Faris, M. W. (1984): Glutathione depletion and susceptibility. In: *Pharmacological Reviews*, 36 25S-33S. p.
270. Regenstein, J. M., Gorimar, T. S., Sherbon, J. W. (1979): Measuring the water-holding capacity of natural actomyosin from chicken breast muscle in the presence of pyrophosphate and divalent cations. In: *Journal of Food Biochemistry*, 4 205-211. p.
271. Renner, R., Hill, F. W. (1961) Utilisation of fatty acids by the chicken. In: *Journal of Nutrition*, 74 259-264. p.
272. Resurreccion, A. V. A. (2004): Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. In: *Meat Science*, 66 11-20. p.
273. Reyer, H., Zentek, J., Manner, K., Youssef, I. M. I., Aumiller, T., Weghuber, J., Wimmers, K., Mueller, A. S. (2017): Possible molecular mechanisms by which an Essential Oil blend from star anise, rosemary, thyme, and oregano and saponins increase the performance and ileal protein digestibility of growing broilers. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65 6821-6830. p.
274. Rhee, K. S., Ziprin, Y. A. (1987): Lipid oxidation in retail beef, pork and chicken muscles as affected by concentrations of haem pigments and nonhaem iron and microsomal enzymic lipid peroxidation activity. In: *Journal of Food Biochemistry*, 11 1-15. p.
275. Ristic, M., Damme, K. (2010): The meaning of pH-value for the meat quality of broilers – Influence of breed lines. In: *Scientific Journal „Meat Technology”*, 51(2):115-123 p.
276. Ross, D. (1988): Glutathione, free radicals and chemotherapeutic agents. Mechanism of free radical-induced toxicity and glutathione-dependent protection. In: *Pharmacology & Therapeutics*, 37 231. p.
277. Rossi, R., Pastorelli, G., Cannata, S., Corino, C. (2010): Recent advances in the use of fatty acids as supplements in pig diets. A review. In: *Animal Feed Science and Technology*, 162 1-11. p.

278. Sabitha, P., Vasudevan, D. M. (2010): Lipid profile and antioxidant enzymes in coconut oil consumers. In: *Indian Coconut Journal*, 71 3-7 p.
279. Sams, A. R. (2001): Poultry Meat Processing. CRC Press, Washington DC.
280. Sams, A. R. (2002): Portion control & tenderness: Big & Tender? *Watt PoultryUSA*. April, 2002:20,22,24,26-27.
281. Sams, A. R., Janky, D. M., Woodward, S. A. (1990): Comparison of two shearing methods for objective tenderness evaluation and two sampling times for physical – characteristic analyses of early – harvested broiler breast meat. In: *Poultry Science*, 69 348-353. p.
282. Santiago Anadón, H. L. (2002): Biological, Nutritional, and Processing Factors Affecting Breast Meat Quality of Broilers. Dissertation submitted to the faculty of Virginia, Polytechnic Institute and State University. 181 p.
283. Sanz, M., Flores, A., López-Bote, C. J. (2000): The metabolic use of energy from dietary fat in broilers is affected by fatty acid saturation. In: *British Poultry Science*, 41 61-68. p.
284. Sass, M. (1968): Glutathione synthesis in cell-free preparations from erythrocytes of different ages. In: *Clinica Chimica Acta*, 22 (2) 207-210. p.
285. Savell, J. W., Cross, H. R., Francis, J. J., Wise, J. W., Hale, D. S., Wilkes, D. L., Smith, G. S. (1989): National consumer retail beef study: interaction of beef trim level price and grade on consumer acceptance of beef steaks and roasts. In: *Journal of Food Quality*, 10 269. p.
286. Schahbandeh, M. (2022): Consumption of vegetable oils worldwide from 2013/14 to 2021/2022, by oil type. <https://www.statista.com/statistics/263937/vegetable-oils-global-consumption/#statisticContainer> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: world statistics vegetable oil. Lekérdezés időpontja: 2022.03.10.
287. Schmidt, J. (szerk.) (2003): A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 456 p.
288. Schmidt, J., Perédi, J., Tóth, T., Zsédely, E. (2008): A takarmányozás hatása az állati eredetű élelmiszerek összetételére és minőségére. 7-48. p. In: Nagy J., Schmidt J., Jávora A. (szerk.). *A jövő élelmiszerei és az egészség*. Debreceni Egyetem, Debrecen.
289. Scholtyssek, S. (1980): Factors affecting the texture of poultry meat. In: Mead, G. C., Freeman, B. M. (szerk.) (1980): *Meat quality in poultry and game birds: proceedings of the joint 15th Poultry Science Symposium and 4th European Symposium on Poultry Meat Quality*, 17th-20th September 1979 British Poultry Science, Edinburgh.
290. Schramm, V. G., Natel, J. C. C., Panisson, J. C., Silva, R. S. A., Santos, R. O. F., Maiorka, A. (2015): Post-Pellet Oil Levels on Diet Physical Quality. In: *Proceedings of the Latin American Trade Fair for the Poultry and Swine Industry*.
291. Seal, B. S., Lillehoj, H. S., Donovan, D. M., Gay, C. G. (2013): Alternatives to antibiotics: A symposium on the challenges and solutions for animal production. In: *Animal Health Research Reviews*, 14 78-87. p.
292. Sedlak, J., Lindsay, R. H. C. (1968): Estimation of total, protein bound and non-protein sulf-hydryl groups in tissue with Ellmann's reagent. In: *Analytical Biochemistry*, 25 192-205. p.
293. Sekelja, M., Rud, I., Knutsen, S. H., Denstadli, V., Westerend, B., Næs, T., Rudi, K. (2012): Abrupt temporal fluctuations in the chicken fecal microbiota are explained by its gastrointestinal origin. In: *Applied and Environmental Microbiology*, 78 2941-2948. p.
294. Shahidi, F., Rubin, L. J., D' Souza, L. A. (1986): Meat flavor volatiles: a review of the composition, techniques of analysis, and sensory evaluation. In: *Food Science and Nutrition*, 2 141-243. p.
295. Shi, H., Shahidi, F., Wang, J., Huang, Y., Zou, Y., Xu, W., Wang, D. (2021): Techniques for postmortem tenderisation in meat processing: effectiveness, application and possible mechanisms. In: *Food Production, Processing and Nutrition*, 21.
296. Shrimpton, D. H. (1960): Some causes of toughness in broilers (young roasting chickens) 1. Packing station procedure, its influence on the chemical changes associated with rigor mortis and on the tenderness of the flesh. In: *Poultry Science*, 1 101-110. p.

297. Sies, H. (1991): Oxidative stress: from basic research to clinical application. In: *The American Journal of Medicine*, 91 (3C) 31S-38S. p.
298. Sies, H. (1997): Oxidative stress: oxidants and antioxidants. In: *Experimental Physiology*, 82 291-295. p.
299. Sklan, D. (1979) Digestion and absorption of lipids in chicks fed triglycerides or free fatty acids: synthesis of monoglycerides in the intestine. In: *Poultry Science*, 58 885-889. p.
300. Skrivanova, E., Marounek, M., Benda, V., Brezina, P. (2006): Susceptibility of *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* and *Clostridium perfringens* to organic acids and monolaurin. In: *Veterinarni Medicina*, 51 81-88. p.
301. Smink, W., Gerrits, W. J. J., Hovenier, R., Geelen, M. J. H., Lobee, H. W. J., Verstegen, M. W. A., Beynen, A. C. (2008): Fatty Acid Digestion and Deposition in Broiler Chickens Fed Diets Containing Either Native or Randomized Palm Oil. In: *Poultry Science*, 87 506-513. p.
302. Smith, D. P., Fletcher, D. L. (1988): Chicken breast muscle fiber type and diameter as influenced by age and intramuscular location. In: *Poultry Science*, 67 908-913. p.
303. Smith, D. P., Lyon, C. E., Lyon, B. G. (2002): The effect of age, dietary carbohydrate source, and feed withdrawal on broiler breast fillet color. In: *Poultry Science* 81 1584-1588. p.
304. Soeparno (1992a): Daging dada (Otot Pectoralis Superficialis) sebagai standar penilaian kualitas daging. Laporan Penelitian No: UGM/ 5887/M/09/01 Tanggal 1 Oktober 1991.
305. Soeparno (1992b): Komposisi tubuh dan evaluasi daging dada sebagai pedoman penilaian kualitas produk ayam kampung jantan. In: *Buletin Peternakan*, 16 6-14. p.
306. Soeparno (2005): Ilmu dan Teknologi Daging. Cetakan Ke-4. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
307. Šojić, B. V., Petrović, L. S., Tasić, T. A., Ikonić, P. M., Tomović, V. M., Škaljac, S. B., Jokanović, M. R., Dzinić, N. R. (2012): Effect of packaging method and storage time on lipid peroxidation and fatty acid composition of Serbian traditional Petrovská klobása sausage. 6th Central European Congress on Food CEFood2012. Abstract book 932-937. p.
308. Solis de Los Santos, F., Donoghue, A. M., Venkitanarayanan, K., Dirain, M. L., Reyes-Herrera, I., Blore, P. J., Donoghue, D. J. (2008): Caprylic acid supplemented in feed reduces enteric *Campylobacter jejuni* colonization in ten-day-old broiler chickens. In: *Poultry Science*, 87 (4) 800-804. p.
309. Sonwai, S., Kaphueakngam, P., Flood, A. (2012): Blending of mango kernel fat and palm oil mid fraction to obtain cocoa butter equivalent. In: *Journal of Food Science and Technology*, 51 2357-2369. p.
310. Soós, A. (2014): Növényi eredetű zsiradék hatása az állati eredetű zsírok fizikai tulajdonságaira, PhD értekezés, Budapest: Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kar, 183 p.
311. Souza, P. A., Kodawara, L. M., Pelicano, E. R. L., Souza, H. B. A., Oba, A., Leonel, F. R., Lima, T. M. A. (2005): Effect of deboning time on the quality of broiler breast meat (*Pectoralis major*). In: *Brazilian Journal of Poultry Science*, 7 123-128. p.
312. Staiger, H., Tschritter, O., Machann, J., Thamer, C., Fritsche, A., Maerker, E., Schick, F., Haring, H. U., Stumvoll, M. (2003): Relationship of serum adiponectin and leptin concentrations with body fat distribution in humans. In: *Obesity research*. 11 368-372. p.
313. Stanley, D., Geier, M. S., Chen, H., Hughes, R. J., Moore, R. J. (2015): Comparison of fecal and cecal microbiotas reveals qualitative similarities but quantitative differences. In: *BMC Microbiology*, 15 1-11. p.
314. Stewart, M. K., Fletcher, D. L., Hamm, D., Thomson, J. E. (1984): The influence of hot boning broiler breast muscle on pH decline and toughening. In: *Poultry Science*, 63 1935-1939. p.

315. St-Onge, M. P., Ross, R., Parsons, W. D., Jones, P. J., (2003): Medium-chain triglycerides increase energy expenditure and decrease adiposity in overweight men. In: *Obesity Research*, 11 (3) 395-402. p.
316. Sundu, B., Kumar, A., Dingle, J. (2005): Response of birds fed increasing levels of palm kernel meal supplemented with enzymes. In: *Australian Poultry Science Symposium*, 17 227-228. p.
317. Swern, D. (1979): Bailey's Industrial Oil and Fat Products. In: O'BRIAN (ed) (2009): *Fats and Oils Formulating and Processing for Applications*, CRC Press.
318. Sziijártó, P. (2014): Árutojó állományokban alkalmazható korszerű takarmány kiegészítők. In: *Baromfi Hírmondó*, 17 (2) 12-14. p.
319. Szűcs, E. (2002): Vágóállat-és húsminőség. Szaktudás Kiadóház, Budapest, 121-143. p.
320. Takeuchi, H., Matsuo, T., Tokuyama, K., Shimomura, Y., Suzuki, M. (1995): Diet-induced thermogenesis is lower in rats fed a lard diet than in those fed a high oleic acid safflower oil diet, a safflower oil diet or a linseed oil diet. In: *The Journal of Nutrition*, 125 920-925. p.
321. Takeuchi, H., Noguchi, O., Sekine, S., Kobayashi, A., Aoyama, T. (2006): Lower weight gain and higher expression and blood levels of adiponectin in rats fed medium-chain TAG compared with long-chain TAG. In: *Lipids*, 41 (2) 207-212. p.
322. Tanács, L., Pinnyey, Sz. (2018): Mezőgazdasági termékek feldolgozása 2. Állati eredetű nyesanyagok feldolgozása. Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Kar. 196 p.
323. Tanchaoenrat, P., Ravindran, V. (2014): Influence of tallow and calcium concentrations on the performance and energy and nutrient utilization in broilerstarters. In: *Poultry Science*, 93 1453-1462. p.
324. Thacker, P. A. (2013): Alternatives to antibiotics as growth promoters for use in swine production: A review. In: *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 4 35-46. p.
325. Tokarz, P., Kaarniranta, K., Blasiak, J. (2013): Role of antioxidant enzymes and small molecular weight antioxidants in the pathogenesis of age-related macular degeneration (AMD). In: *Biogerontology*, 14 461-482. p.
326. Toyomizu, M., Ueda, M., Sato, S., Seki, Y., Sato, K., Akibay, Y. (2002): Cold-induced mitochondrial uncoupling and expression of chicken UCP and ANT mRNA in chicken skeletal muscle. In: *FEBS Letters*, 529 313-318. p.
327. UBM (2020): A korszerű baromfi-takarmányozás és baromfitelepi menedzsment alapvető feladatai. http://ubm.hu/wp-content/uploads/2020/12/UBM_Baromfi_A4_v23.pdf
Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: brojler takarmányozás. Lekérdezés időpontja: 2021. 10.24.
328. UNCTADstat (2017): Free market commodity prices, annual, 1960 -2016. <http://unctadstat.unctad.org/wds/ReportFolders/reportFolders.aspx> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: unctad, coconut oil. Lekérdezés időpontja: 2017.08.11.
329. Vadáné Kovács, M. (1996): Az állatvágás és a hűtés fiziológiája, a hús fizikai tulajdonságai, húsminőség és előrejelzésének lehetőségei. – A nyers hús. Húsipari Továbbképző Napok, 103-125. p.
330. Vajdovich, P. (1999): Belső és külső tényezők hatása a vörösvérsejtek (vvs), lipidperoxidációs (LP) és antioxidáns folyamataira. Doktori értekezés, Szent István Egyetem, Budapest, 154 p.
331. Valavan, S.E., Selveraj, B., Mohan, B., Sundaram, T.K., Viswanathan, K., Ravi, R., Purushothaman, M.R. (2006): Effect of various source on the quality characteristics and fatty acids composition of chicken meat. In: *Worlds Poultry Science Journal*, 62, 240 p.
332. Van Boeckel, T. P., Brower, C., Gilbert, M., Grenfell, B. T., Levin, S. A., Robinson, T. P., Teillant, A., Laxminarayan, R. (2015): Global trends in antimicrobial use in food animals. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112 5649-5654. p.

333. van Gerwe, T., Bouma, A., Klinkenberg, D., Wagenaar, J. A., Jacobs-Reitsma, W. F., Stegeman, A. (2010): Medium chain fatty acid feed supplementation reduces the probability of *Campylobacter jejuni* colonization in broilers. In: *Veterinary Microbiology*, 143 314-318. p.
334. Van Laack, R. L. J. M., Liu, C. H., Smith, M. O., Loveday, H. D. (2000): Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. In: *Poultry Science*, 79 1057-1061. p.
335. Van, I. (2003): Growth and broilers industrialization. 235-236. p. Ed. Ceres, Bucharest.
336. Velasco, S., Ortiz, L. T., Alzueta, C., Rebole, A., Trevino, J., Rodriguez, M.L. (2010): Effect of inulin supplementation and dietary fat source on performance, blood serum metabolites, liver lipids, abdominal fat deposition, and tissue fatty acid composition in broiler chickens. In: *Poultry Science*, 89:1651-1662. p.
337. Villaverde, C., Baucells, M. D., Cortinas, L., Hervera, M., Barroeta, A. C. (2005): Chemical composition and energy content of chickens in response to different levels of dietary polyunsaturated fatty acids. In: *Archives of Animal Nutrition*, 59 281-292. p.
338. Viveros, A., Ortiz, L. T., Rodriguez, M.L., Rebole, A., Alzueta, C., Arija, I., Centeno, C., Brenes, A. (2009): Interaction of dietary high-oleic acid sunflower hulls and different fat sources in broiler chickens. In: *Poultry Science*, 88:141-151. p.
339. Volodymyr, I. L. (2011): Glutathione homeostasis and functions: Potential targets for medical interventions. In: *Journal of Amino Acids*, Article ID 736837, 26 p.
340. von Schaumburg, P., Utterback, P., Parsons, C. M. (2018): Further evaluation of a slope-ratio precision-fed rooster assay and a limit-fed broiler chicken growth assay for relative metabolizable energy and relative bioavailable energy values of fats and oils. In: *Poultry Science*, 0 1-9. p.
341. Wang, J., Wang, X., Li, J., Chen, Y., Yang, W., Zhang, L. (2015): Effects of dietary coconut oil as medium-chain fatty acid source on performance, carcass composition and serum lipids in male broilers. In: *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28 (2) 223-230. p.
342. Wang, S. T., Chen, H. W., Sheen, L. Y., Lii, C. K. (1997): Methionine and cysteine affect glutathione level, glutathione related enzyme activities and the expression of glutathione-S-transferase isoenzymes in rat hepatocytes. In: *Journal of Nutrition*, 127 2135-2141. p.
343. Wang, S., Cawthon, D., Bottje, W. G. (1998): Age-related changes of plasma glutathione and cysteine in broilers: Effect of dithiotheritol reduction in vitro on free and bound pools. In: *Poultry Science*, 77 1234-1240. p.
344. Wei, S., Lilburn, M., Yu, Z. (2016): The Bacteriomes of Ileal Mucosa and Cecal Content of Broiler Chickens and Turkeys as Revealed by Metagenomic Analysis. In: *International Journal of Microbiology*, 2016. 12. p. Article ID 4320412
345. Weichselbaum, T. E. (1946): An accurate and rapid method for the determination of proteins in small amounts of blood serum and plasma. In: *American Journal of Clinical Pathology*, 10: 40-49. p.
346. Whanger, P. D. (1994): Selenocopounds in plant and their effects on animals. 142-163. p. In: Cheeke, P. R. (ed.): *Toxicant of plant origin*. Vol. III. CRC Press, Boca Raton.
347. Wideman, N., O'Bryan, C. A., Crandall, P. G. (2016): Factors affecting poultry meat colour and consumer preferences – A review. In: *World's Poultry Science Journal*, 72 353-366. p.
348. Widianingrum, D. C., Noviandi, C. T., Salasia, S. I. O. (2019): Antibacterial and immunomodulator activities of virgin coconut oil (VCO) against *Staphylococcus aureus*. In: *Heliyon*. 20;5(10):e02612.
349. Williams, B. A., Verstegen, M. W. A., Tamminga, S. (2001): Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. In: *Nutrition Research Reviews*, 14 207-228. p.

350. Wiseman, J. (2002): The quantitative contribution of fat to metabolizable energy. 137-150. p. In: McNab, J. M., Boorman, K. N. (ed.): *Poultry Feedstuffs Supply, Composition and Nutritive Value*, CAB International, Wallingford, UK, 427 p.
351. Wozniakowska, A., Kozera, W., Karpiesiuk, K. (2017): Organic acids in piglet nutrition - a review. In: *Medycyna Weterynaryjna-Veterinary Medicine-Science and Practice*, 73 76-81. p.
352. Yadav, H., Jain, S., Sinha, P. R. (2007): Antidiabetic effect of probiotic dahi containing *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus casei* in high fructose fed rats. In: *Nutrition*, 23 62-68. p.
353. Yagi, K. (1982): Assay for serum lipid peroxide level and its clinical significance. In: *Lipid peroxides in biology and medicine*. New York: Academic Press, 223. p.
354. Yam, K. L., Papadakis, S. E. (2004): A simple digital imaging methods for measuring and analyzing colour of food surfaces. In: *Journal of Food Engineering*, 61 137-142. p.
355. Yamauchi, K. (2002): Review on Chicken Intestinal Villus Histological Alterations Related with Intestinal Function. In: *The Journal of Poultry Science*, 39 229-242. p.
356. Yang, C., Chowdhury, M. A. K., Huo, Y., Gong, J. (2015): Phytogetic compounds as alternatives to in-feed antibiotics: Potentials and challenges in application. In: *Pathogens* (Basel, Switzerland), 4 137-156. p.
357. Yang, K. M., Jiang, Z. Y., Zheng, C. T., Wang, L., Yang, X. F. (2014): Effect of *Lactobacillus plantarum* on diarrhea and intestinal barrier function of young piglets challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli* K88. In: *Journal of Animal Science*, 92 1496-1503. p.
358. Yegani, M., Korver, D. R. (2008): Factors Affecting Intestinal Health in Poultry. In: *Poultry Science*, 87 2052-2063. p.
359. Yin, Y., Lei, F., Zhu, L., Li, S., Wu, Z., Zhang, R., Gao, G. F., Zhu, B., Wang, X. (2009): Exposure of different bacterial inocula to newborn chicken affects gut microbiota development and ileum gene expression. In: *The ISME Journal*, 4 367-376. p.
360. Young, D. S., Pestaner, L. C., Gibberman, V. (1975): Effects of drugs on clinical laboratory tests. In: *Clinical Chemistry*, 21 1-432. p.
361. Young, R. J. (1961): The energy value of fats and fatty acids for chicks. 1. Metabolisable energy. In: *Poultry Science*, 40 1225-1233. p.
362. Zang, J. J., Piao, X. S., Huang, D. S., Wang, J. J., Ma, X., Ma, Y. X. (2009): Effects of Feed Particle Size and Feed Form on Growth Performance, Nutrient Metabolizability and Intestinal Morphology in Broiler Chickens. In: *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22 107-112. p.
363. Zhang, W., Xiao, S., Lee, E. J., Ahn, D. U. (2011): Consumption of oxidized oil increases oxidative stress in broilers and affects the quality of breast meat. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 969-974. p.
364. Zoidis, E., Pappas, A. C., Georgiou, C. A., Komaitis, E., Feggeros, K. (2010): Selenium affects the expression of GPx4 and catalase in the liver of chicken. In: *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochem. Mol. Biol.*, 155 294-300. p.
365. Zollitsch, W., Knaus, W., Aichinger, F., Lettner, F. (1997): Effects of different dietary fat sources on performance and carcass characteristics of broilers. In: *Animal Feed Science and Technology*, 66 63-73. p.
366. Zoltán P. (2024): Az európai baromfiipar kilátásai, lehetőségei a következő évtizedben. In: *Baromfiágazat*, 24 4-13. p.
367. 128/2009. (X. 6.) FVM rendelet az állatgyógyászati termékekről. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0900128.fvm> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: 128/2009 rendelet. Lekérdezés időpontja: 2022.03.16.
368. 32/1999. (III. 31.) FVM rendelet a mezőgazdasági haszonállatok tartásának állatvédelmi szabályairól <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99900032.fvm> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: 32/1999. FVM rendelet. Lekérdezés időpontja: 2022.03.14.

369. 40/2013. (II. 14.) Korm. rendelet az állatkísérletekről.
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1300040.kor> Keresőprogram: Google.
Kulcsszavak: 40/2013 rendelet. Lekérdezés időpontja: 2021.12.18.
370. 44/2003. (IV. 26.) FVM rendelet a Magyar Takarmánykódex kötelező előírásairól
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0300044.fvm> Keresőprogram: Google.
Kulcsszavak: 44/2003 FVM rendelet. Lekérdezés időpontja: 2021.12.18.
371. 48/2016. (VII. 18.) FM rendelet - a Magyar Élelmiszerkönyv kötelező előírásairól szóló
152/2009. (XI. 12.) FVM rendelet módosításáról.
http://net.jogtar.hu/getpdf?docid=A1600048.FM&targetdate=ffffff4&printTitle=48/2016.+%28VII.+18.%29+FM+rendelet&referer=http%3A//net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi%3Fdocid%3D00000001.TXT Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: 48/2016 rendelet.
Lekérdezés időpontja: 2022.03.16.
372. 853/2004/EK rendelet az állati eredetű élelmiszerek különleges higiéniai szabályainak megállapításáról.
<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004R0853:20110311:HU:PDF> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: 853/2004/EK rendelet. Lekérdezés időpontja: 2022.03.16.

M2. Korrelációs táblázatok

34. táblázat: Korrelációs együttható értékek és azok színek szerinti besorolása

Tartomány	Szint	Szín jelölés
0	nincs lineáris kapcsolat	nincs
0 - 0,2 (-0,2 - 0)	gyenge, majdnem elhanyagolható kapcsolat	szürke
0,2 - 0,4 (-0,4 - -0,2)	biztos, de gyenge kapcsolat	kék
0,4 - 0,7 (-0,7 - -0,4)	közepes korreláció, jelentős kapcsolat	zöld
0,7 - 0,9 (-0,9 - -0,7)	erős korreláció, markáns kapcsolat	citromsárga
0,9 - 1 (-1 - -0,9)	nagyon erős korreláció, erős függő kapcsolat	piros

35. táblázat: Termelési adatok korrelációs együtthatói

Paraméter		Testtömeg (g)				Testtömeg-gyarapodás (g)			
Összes	Életnap	14.	21.	28.	35.	14-21.	21-28.	28-35.	35-42.
Testtömeg (g)	14.					0,4216	0,6739	0,5157	0,4585
	21.	0,8346				0,8514	0,7068	0,5928	0,5291
	28.	0,8274	0,9447			0,7671	0,8998	0,7195	0,5712
	35.	0,7573	0,8663	0,9559		0,7049	0,9089	0,8917	0,6870
	42.	0,6949	0,7969	0,8740	0,9520	0,6501	0,8246	0,9044	0,8764
Testtömeg-gyarapodás (g)	21-28.					0,5218			
	28-35.					0,4848	0,7628		
	35-42.					0,4343	0,5278	0,7444	

36. táblázat: Termelési adatok korrelációs együtthatói kísérleti csoportok szerint

Paraméter	Életnap	Testtömeg (g)				Testtömeg-gyarapodás (g)			
		14.	21.	28.	35.	14-21.	21-28.	28-35.	35-42.
K									
Testtömeg (g)	14.					0,7606	0,8283	0,7236	0,7279
	21.	0,9564				0,9170	0,9299	0,7749	0,8081
	28.	0,9156	0,9861			0,9420	0,9781	0,8048	0,8217
	35.	0,8909	0,9580	0,9781		0,9131	0,9649	0,9107	0,8588
	42.	0,8737	0,9460	0,9651	0,9914	0,9099	0,9510	0,9121	0,9184
Testtömeg-gyarapodás (g)	21-28.					0,9362			
	28-35.					0,7344	0,8108		
	35-42.					0,8025	0,8065	0,8183	
KO									
Testtömeg (g)	14.						0,7606	0,7491	0,7219
	21.	0,8183				0,9015	0,7149	0,7209	0,7488
	28.	0,8559	0,9529			0,8017	0,8933	0,8158	0,7557
	35.	0,8539	0,9070	0,9748		0,7336	0,9031	0,9243	0,8357
	42.	0,8408	0,8868	0,9358	0,9813	0,7128	0,8433	0,9423	0,9258
Testtömeg-gyarapodás (g)	28-35.					0,5301	0,8125		
	35-42.					0,5928	0,6326	0,8731	
PO									
Testtömeg (g)	14.						0,6156	0,4997	0,6535
	21.	0,8223				0,8594	0,7396	0,6283	0,8235

	28.	0,7784	0,9420			0,8063	0,9225	0,8004	0,8419
	35.	0,6850	0,8405	0,9568		0,7278	0,9528	0,9400	0,8646
	42.	0,6955	0,8621	0,9430	0,9794	0,7529	0,9002	0,9138	0,9483
Testtömeg- gyarapodás (g)	21-28.					0,6290			
	28-35.					0,5553	0,8830		
	35-42.					0,7291	0,7417	0,7956	
KOPO									
Testtömeg (g)	14.					0,6214	0,5482	0,5357	
	21.	0,9202				0,8785	0,6353	0,6378	
	28.	0,8143	0,9066			0,8207	0,9019	0,7788	0,5126
	35.	0,7353	0,8375	0,9581		0,7789	0,8960	0,9258	0,6732
	42.	0,5928	0,7042	0,8089	0,9183	0,6861	0,7593	0,9438	0,9110
Testtömeg- gyarapodás (g)	21-28.					0,6026			
	28-35.					0,6228	0,7722		
	35-42.							0,7981	
NO									
Testtömeg (g)	14.						0,8322		
	21.	0,8201				0,7797			
	28.	0,9370	0,9424			0,5551	0,7570		
	35.	0,8500	0,7841	0,8642			0,7133	0,6017	
	42.	0,6617	0,5486	0,6335	0,9044		0,5740	0,7793	0,8012
Testtömeg- gyarapodás (g)	35-42.							0,7689	

37. táblázat: Egyéb minták relatív tömegre vonatkozó eredményei (g/100g élőtömeg) korrelációs együtthatói

Paraméter	Relatív máj tömeg	Relatív lép tömeg	Relatív bursa Fabricii tömeg	Relatív mell tömeg
Relatív máj tömeg			0,3227	
Relatív lép tömeg			0,3739	
Relatív szív tömeg	0,5724	0,3843	0,2982	-0,4033
Relatív mell tömeg	-0,4692	-0,3977	-0,3853	

38. táblázat: Egyéb minták relatív tömegre vonatkozó eredményei (g/100g élőtömeg) eredmények korrelációs együtthatói kísérleti csoportok szerint

Paraméter	Relatív bursa Fabricii tömeg	Relatív lép tömeg	Relatív máj tömeg	Relatív mell tömeg
K				
Relatív mell tömeg			-0,7251	

Relatív szív tömeg			0,7374	-0,6444
KO				
Relatív szív tömeg	0,6945		0,6979	
PO				
Relatív máj tömeg	0,5087			
Relatív mell tömeg			-0,5694	
Relatív szív tömeg			0,8052	
KOPO				
Relatív szív tömeg		0,6141	0,5941	
NO				
Relatív máj tömeg		0,5625		
Relatív mell tömeg		-0,6365	-0,7373	
Relatív szív tömeg		0,6687	0,7153	-0,6375

39. táblázat: Termelési paraméterek korrelációs együtthatói

Paraméter	Életnap	Relatív lép tömeg (g/100g)	Relatív bursa <i>Fabricii</i> tömeg (g/100g)
Testtömeg (g)	42.	-0,2537	
Testtömeg- gyarapodás (g)	21-28.	-0,2453	
	28-35.	-0,2423	-0,2430
	35-42.	-0,2741	

40. táblázat: Termelési paraméterek eredményeinek korrelációs együtthatói kísérleti csoportok szerint

Paraméter	Életnap	Relatív máj tömeg (g/100g)	Relatív szív tömeg (g/100g)	Relatív mell tömeg (g/100g)
PO				
Testtömeg (g)	21.		-0,4947	
	28.		-0,6650	
	35.		-0,6271	
	42.		-0,5555	
Testtömeg- gyarapodás (g)	14-21.		-0,6183	
	21-28.		-0,4932	
	35-42.		-0,5029	
NO				

Testtömeg (g)	14.	-0,6105		0,7597
	28.	-0,6222	-0,5333	0,7283
	35.	-0,5754	-0,5610	0,8155
	42.		-0,5958	0,7390
Testtömeg-gyarapodás (g)	21-28.	-0,6513		0,8582

41. táblázat: Színmérés eredmények korrelációs együtthatói

Paraméter	a*	b*
L*	-0,4297	0,3576
b*	-0,2962	

42. táblázat: Színmérés eredmények korrelációs együtthatói kísérleti csoportok szerint

Csoport	KO		PO	NO
Paraméter	a*	b*	a*	b*
L*	-0,5299	0,6868	-0,8790	0,5364
b*	-0,5330			

43. táblázat: Táplálóanyag-tartalom eredmények (%) korrelációs együtthatói kísérleti csoportok szerint

Csoport	K	KO	PO	KOPO	NO	
Paraméter	FH	FH	FH	FH	Nedv	FH
Nedv	-0,8234	-0,5803	-0,7219	-0,5996		-0,5522
Zsír					0,5532	-0,6929

44. táblázat: Húsminőségi paraméterek korrelációs összefüggései kiegészítéstől függetlenül

Paraméter	pH45	pH24	b*	Csepv (%)	Kiov (%)	Sütv (%)	Húlv (%)	FH (%)	Zsír (%)
pH45			0,459 6	0,5432	0,3617			0,358 0	
pH24								0,312 2	- 0,314 3
Csepv (%)			0,611 9						
Kiov (%)				0,3263					
Sütv (%)	- 0,283 5								
Húlv (%)			0,387 6	0,3731					
Porhanyósság (kg)	- 0,233 2	- 0,281 1				0,4574	-0,2385		
FH (%)				-0,4312					

45. táblázat: Húsminőségi paraméterek korrelációs együtthatói csoportok szerint

Paraméter	pH2 4	a*	b*	Csep v (%)	Kiov (%)	Sütv (%)	Húlv (%)	Porhanyós ság (kg)	Nedves ség (%)	FH (%)	Zsír (%)
K											
pH45			- 0,66 55		0,662 9		0,56 73	-0,5802			
Csepv (%)			- 0,62 05					-0,6230			
Kiov(%)				0,62 63				-0,8060			
KO											
pH45				0,60 55							
pH24			- 0,67 66	0,70 49			0,52 14			0,75 75	
L*		- 0,52 99	0,68 68					0,6152			
b*		- 0,53 30									
Csepv (%)			- 0,57 93								
Sütv (%)									-0,5455		
Húlv (%)			- 0,74 01	0,79 50							
Nedvesség (%)			0,67 26				- 0,54 89				
Zsír (%)		- 0,57 99									
PO											
pH45				0,71 76	0,849 5					- 0,56 97	
L*		- 0,87 90									
Csepv (%)			- 0,53 40								

				0,74 16						- 0,68 88	
Kiov (%)											
	- 0,50 97										
Sütv (%)											
						0,72 32	- 0,59 19				
Porhanyós ság (kg)											
		0,51 46									
FH (%)											
KOPO											
			- 0,60 52	0,61 66		0,60 76		-0,5361		- 0,69 69	
pH45											
										- 0,57 05	
pH24								-0,5440			
			- 0,66 11								
Csepv (%)											
			- 0,60 39	0,59 08						- 0,59 37	
Kiov (%)								0,6897			
Sütv (%)											
			- 0,58 20								
Húlv (%)								-0,5965			
Porhanyós ság (kg)										0,55 55	
			0,52 63	- 0,77 28							
FH (%)											
NO											
			- 0,61 96	0,64 99		0,61 73					
pH45					0,736 9					0,69 28	- 0,55 78
pH24											
			0,53 64								
L*											
			- 0,80 59								
Csepv (%)											
										0,62 65	
Kiov (%)											
Sütv (%)								0,6457			
			- 0,73 80	0,59 21							
Húlv (%)											

Nedvesség (%)					- 0,679 6						
FH (%)			0,53 34	0,63 54	-						
Zsír (%)					- 0,684 4						

46. táblázat: Vérplazmában mért eredmények korrelációs együtthatói

Paraméter	FH (g/l)	GSH (umol/g feh.)	GSHPx (E/g feh.)	Kol (mmol/l)
GSH (umol/g feh.)	-0,6892			
GSHPx (E/g feh.)	-0,8837	0,7510		
MDA (umol/ml)	0,4493		-0,3437	0,3667
TG (mmol/l)	0,7364	-0,6836	-0,8134	

47. táblázat: Vérplazmában mért eredmények korrelációs együtthatói kísérleti csoportok szerint

Paraméter	FH (g/l)	GSH (umol/g feh.)	GSHPx (E/g feh.)	Kol (mmol/l)
K				
GSHPx (E/g feh.)	-0,9123			
MDA (umol/ml)	0,5797			
TG (mmol/l)		-0,6888	-0,6420	
KO				
GSH (umol/g feh.)	-0,8403			
GSHPx (E/g feh.)	-0,8949	0,9174		
MDA (umol/ml)	0,5337			
TG (mmol/l)	0,8246	-0,8778	-0,8686	
PO				
GSH (umol/g feh.)	-0,7476			
GSHPx (E/g feh.)	-0,8911	0,709		
MDA (umol/ml)				0,7024
TG (mmol/l)	0,6059		-0,7206	
KOPO				
GSH (umol/g feh.)	-0,7081			
GSHPx (E/g feh.)	-0,9480	0,7749		
MDA (umol/ml)				0,6923
TG (mmol/l)	0,9038	-0,7720	-0,9115	
NO				
GSH (umol/g feh.)	-0,6205			
GSHPx (E/g feh.)	-0,8999	0,6733		
MDA (umol/ml)	0,6024			0,6693

TG (mmol/l)	0,7965	-0,6489	-0,9357
-------------	--------	---------	---------

48. táblázat: A vörösvértest hemolizátumban mért eredmények korrelációs együtthatói

Paraméter	FH (g/l)	GSH (umol/g feh.)	GSHPx (E/g feh.)
GSH (umol/g feh.)	-0,7430		
GSHPx (E/g feh.)	-0,8876	0,7042	
MDA (umol/ml)	0,4785	-0,2319	-0,3973

49. táblázat: A vörösvértest hemolizátumban mért eredmények korrelációs együtthatói kísérleti csoportok szerint

Paraméter	FH (g/l)	GSH (umol/g feh.)	GSHPx (E/g feh.)
K			
GSH (umol/g feh.)	-0,8103		
GSHPx (E/g feh.)	-0,7570	0,6674	
KO			
GSH (umol/g feh.)	-0,7720		
GSHPx (E/g feh.)	-0,9631	0,7043	
MDA (umol/ml)	0,8800	-0,5874	-0,8417
PO			
GSH (umol/g feh.)	-0,8163		
GSHPx (E/g feh.)	-0,9151	0,7363	
MDA (umol/ml)	0,5498		
KOPO			
GSH (umol/g feh.)	-0,6037		
GSHPx (E/g feh.)	-0,9062	0,6893	
MDA (umol/ml)	0,6974	-0,5494	-0,6546
NO			
GSH (umol/g feh.)	-0,7350		
GSHPx (E/g feh.)	-0,9535	0,7668	

50. táblázat: A máj homogenizátumban mért eredmények korrelációs együtthatói

Paraméter	FH (g/l)	GSH (umol/g feh.)	CD (A232)	CT (A268)
GSH (umol/g feh.)	-0,7420			
GSHPx (E/g feh.)	-0,6803	0,8284	0,3495	0,2311
CD (A232)	-0,4547	0,4267		
CT (A268)	-0,4717	0,3105	0,9138	

51. táblázat: A máj homogenizátumban mért eredmények korrelációs együtthatói kísérleti csoportok szerint

Paraméter	FH (g/l)	GSH (umol/g feh.)	CD (A232)	CT (A268)
-----------	----------	-------------------	-----------	-----------

K				
GSH (umol/g feh.)	-0,8635			
GSHPx (E/g feh.)	-0,8409	0,8063		
CT (A268)			0,8928	
KO				
GSH (umol/g feh.)	-0,6877			
GSHPx (E/g feh.)		0,7630		
CT (A268)			0,9036	
PO				
GSH (umol/g feh.)	-0,7423			
GSHPx (E/g feh.)	-0,7669	0,8799	0,5376	0,5288
CT (A268)			0,9709	
KOPO				
GSH (umol/g feh.)	-0,8098			
GSHPx (E/g feh.)	-0,8151	0,9493	0,7521	0,6798
MDA (umol/ml)	-0,5935			
CD (A232)	-0,6689	0,7390		
CT (A268)	-0,7418	0,6329	0,8889	
NO				
GSH (umol/g feh.)	-0,7291			
GSHPx (E/g feh.)	-0,7429	0,9017		
CT (A268)	-0,4813		0,9260	

52. táblázat: Biokémiai paraméterek esetén mért eredmények korrelációs együtthatói

Paraméter	PL FH (g/l)	PL GSH (umol/g feh.)	PL GSHPx (E/g feh.)	Kol (mmol/l)	TG (mmol/l)	Máj FH (g/l)	Máj GSH (umol/g feh.)	Máj MDA (umol/ml)
PL FH (g/l)								-0,3604
PL GSH (umol/g feh.)								0,449
PL GSHPx (E/g feh.)						-0,2844		0,5115
PL MDA (umol/ml)							-0,2903	
TG (mmol/l)							0,2371	-0,6099
VVS FH (g/l)	-0,2617		0,2366					

VVS GSH (umol/g feh.)	0,254	-0,2914	-0,3626	-0,2918	0,3464			-0,3493
VVS GSHPx (E/g feh.)	0,272							
VVS MDA (umol/ml)						-0,3066		
Máj GSH (umol/g feh.)				-0,2894				
Máj GSHPx (E/g feh.)				-0,2726				
Máj MDA (umol/ml)				0,3042				

53. táblázat: Biokémiai paraméterek esetén mért eredmények korrelációs együtthatói kísérleti csoportok szerint

Paraméte r	PL FH (g/l)	PL GSH (umol/ g feh.)	PL GSHP x (E/g feh.)	Kol (mmol/l)	TG (mmol/l)	Máj FH (g/l)	Máj GSH (umol/ g feh.)	Máj GSHP x (E/g feh.)	Máj MDA (umol/ml)
K									
PL MDA (umol/ml)						0,576 2	- 0,5931		
TG (mmol/l)									-0,6625
KO									
PL MDA (umol/ml)							- 0,6488	- 0,5271	
TG (mmol/l)									-0,6212
VVS FH (g/l)	- 0,643 7		0,5048						
VVS GSH (umol/g feh.)					0,5636				-0,6257
VVS GSHPx (E/g feh.)	0,656 1		- 0,5431						
PO									
PL GSH (umol/g feh.)						- 0,500 9			
PL MDA (umol/ml)									0,6771

VVS MDA (umol/ml)			- 0,5633						
Máj MDA (umol/ml)				0,7696					
KOPO									
PL FH (g/l)									-0,6998
PL GSH (umol/g feh.)						- 0,507 5			0,7526
PL GSHPx (E/g feh.)						- 0,545 5			0,8341
TG (mmol/l)									-0,7426
VVS GSH (umol/g feh.)	0,568 3	- 0,6354	- 0,6372		0,7192				-0,6073
VVS MDA (umol/ml)					-0,5708				
NO									
TG (mmol/l)									-0,598
VVS MDA (umol/ml)							0,5941		

10.KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Doktori munkám során számos ember segítette kutatásaimat, részt vett vizsgálataimban, illetve szakmai tanácsokkal látott el. Ez úton szeretném köszönetemet és hálámat kifejezni mindazon személyek, szervezetek, vállalkozások számára, akik valamilyen módon hozzájárultak dolgozatom létrejöttéhez.

Legnagyobb köszönettel **Balláné Dr. Erdélyi Márta** és **Dr. Kovács-Weber Mária** témavezetőimnek tartozom. Segítségük és útmutatásuk nélkül ez a dolgozat nem jött volna létre. Idejüket és energiájukat nem sajnálva láttak el szakmai tanácsokkal. A több éve tartó ismeretségünk ideje alatt számtalanszor bebizonyosodott kiváló szakmai rátermettségük és elhivatottságuk. A kutatásom szervezésében, valamint a források biztosításában hatalmas szerepet vállaltak.

Az Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola vezetőjének, **Dr. Mézes Miklósnak** köszönöm a doktori cselekményem során nyújtott folyamatos, szakmai iránymutatását.

Kiemelten szeretném megköszönni a **Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Állattenyésztés Tudományok Intézet** intézetigazgatójának **Dr. Mezőszentgyörgyi Dávidnak**, **Dr. Póti Péternek**, tudományos intézetigazgató-helyettesnek, illetve az **Állattenyésztés-technológiai és Állatjólléti Tanszék munkatársainak**, hogy lehetőséget biztosítottak munkám elvégzéséhez.

Köszönet illeti többek között a **Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élettani és Takarmányozástani Intézet** intézetigazgatójának **Dr. Kovács Melindának**, és a **Takarmánybiztonsági Tanszék** teljes kollektíváját. A kollégáim segítsége nélkül nem tudtam volna megvalósítani doktori munkámat. Támogatásuk és adminisztratív tevékenységük révén egyaránt megkönnyítették a mindennapjaimat.

Közvetlen kollégáimnak Köszönetemet szeretném kifejezni továbbá kollégámnak, **Dr. Szabó Rubina Tündének**. A statisztikai elemzésekkel kapcsolatos mindennemű oktatásért és azért a rengeteg segítségért, amit tőle kaptam, szinte minden területen. Szerencsésnek mondhatom magamat, hogy személyében egy jó szakembert, kollégát ismerhettem meg.

Hálámat szeretném kifejezni továbbá **Dr. Balogh Krisztiánnak** és **Dr. Baloghné Dr. Zándoki Erikának** a Takarmányozástani Tanszéken végzett lipidperoxidációs vizsgálataimnál nyújtott segítségért, és szakértelemért.

Doktorandusz társaimnak **Dr. Drobnyák Árpádnak**, **Ancsin Zsoltnak**, **Bócsai Andreanak**, **Fernye Csabának** is szeretnék köszönetet mondani.

Hálával tartozom még **Dr. Majoros Gábornak** az Állatorvosi Egyetem Parazitológia tanszékének munkatársának. Segítsége és oktatása révén tudtam az ürüléket és a bélmintákat megfelelően preparálni, majd a későbbiekben szakszerűen vizsgálni, és a lehető legtökéletesebben elvégezni.

A szövettani metszetek elkészítéséért köszönettel tartozom **Pop Renátának**, vizsgálatok elvégzésért és azok kiértékelésért **Dr. Mándoki Mírának** és **Dr. Dobra Péternek**.

A hallgatónak, akik részt vettem a mintavételezéseknél, **Németh Tibor**, **Klecska Eszter**, **Skobár Szonja**, segítőkész munkája nélkül még több akadállyal néztem volna szembe munkám során.

Továbbá hálával tartozom még a MATE Doktori és Habilitációs Központ (Szent István Campus) munkatársainak **Hajdú Mónikának**, **Megyeri Ágnesnek**, **Tassy Zsuzsannának** és **Simáné Dolányi Editnek**, akik a doktori munkám során az ügyintézésben a segítségemre voltak.

Köszönet illeti még a **Lab-Nyúl Kft.** munkatársait, köztük ügyvezetőjét, **Kustos Károlyt** és **Dr. Heincinger Mónikát**. A **Gödöllői Egyetemi Kollégiumi Alapítvány** kuratóriumát, különösen a kuratórium elnökét **Dr. Bujáki Gábort**, valamint a **Méz-Világ Kft.** ügyvezetőjét, **Wild Jánost** a tanulmányaim alatt nyújtott támogatásért, és a motivációért, amit kaptam. A **Green-Divízió Kft.** tulajdonosának **Kutni Józsefnek**, is köszönettel és hálával tartozom.

Köszönettel tartozom a következő pályázatoknak, melyek támogatásával kísérleteimet végeztem: az **EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008** számú „Innovatív tudományos műhelyek a hazai agrár felsőoktatásban” nevű projektnek, az **ÚNKP-18-3-I** kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Program Felsőoktatási Doktori Hallgatói, Doktorjelölti Kutatói pályázatnak.

Végül, de nem utolsó sorban hálámat szeretném kifejezni Családomnak. Kutatómunkám során végig lelkesítettek és a támaszaim voltak. Személyes támogatásuk nélkül ez a dolgozat nem valósulhatott volna meg.

Nem utolsó sorban barátaimnak, akik a legtöbb támogatást nyújtották a számomra rögzös doktoranduszi munkám során.