



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 SZÖVETTANI
PARAMÉTEREK VONATKOZÁSÁBAN**

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

DOI: 10.54598/004770

Zimborán Ágnes

Gödöllő

2024

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

1. BEVEZETÉS

Manapság dinamikusan körvonalazódnak a mezőgazdaság elé állított elvárások, kihívások. 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 vissza-visszatérő madárinfluenza 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, ami 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 jelentősen 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 lehessen elérni a telepeken. 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 pedig 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, amelynél a vásárlói döntésben elsődleges szempontként jelenik meg a termékbiztonság és -minőség és aki ehhez megfelelő fizetőerővel is rendelkezik. Ez újabb kihívás elé állítja az ágazatot.

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 kg/fő/év felett járt, jelentősen meghaladva az uniós átlagot. 2021-ben a fogyasztás valamelyest mérséklődött 33,3 kg/fő/év mennyiségre (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 legtöbb kórokozó mikroorganizmus az enyhén savas, semleges közeli kémhatású közegben képes szaporodni. Ezért minden olyan eljárás, amellyel a vastagbélben uralkodó pH savas irányba ($\text{pH} < 4,5$) tolható, segít a patogének visszaszorításában, gyérítésében. Ilyen hatással rendelkezhetnek a takarmányokban természetes formában megtalálható vagy kiegészítésként adagolt egyes zsírsavak. A rövid szénláncú zsírsavakról (SCFA-ról) (propionsav, ecetsav, vajsav) például ismert, hogy jelentős antimikrobiális hatással rendelkeznek. Ugyanakkor ezen zsírsavak illékonyak voltak miatt a takarmányokba keverve nem stabilak, mennyiségük nem állandó, ezért ilyen célú felhasználásuk a baromfi takarmányozásban nem terjedt el. Ezzel szemben a közepesen hosszú szénláncú zsírsavak (MCFA) nem illékonyak, a bélcsatornában sem disszociálnak és irodalmi források szerint hatékonyan használhatók pl. a *Clostridium perfringens* és *Escherichia coli* okozta nekrotikus enteritisz tüneteinek enyhítésére, amelyet a bakteriosztatikus hatásukra vezetnek vissza (Jansman *et al.*, 2006; Jang *et al.*, 2007). Etekintetben a kaprilsav bizonyult a leghatásosabbnak (Skrivanova *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2015). A takarmányiparban elsősorban energiapótlásra használatos zsírforrások között a kókusz- és a pálmazsír gazdag a közepes lánchosszúságú zsírsavakban (elsősorban laurinsavban (C12) és mirisztinsavban (C14)). Így ezek megfelelő arányú keveréke lehetőséget adhat az említett patogének gyérítésére, továbbá a szubklinikai fertőzések okozta csökkent immunválasz, ill. a termelés-visszaesés elkerülésére (Dayrit, 2015; Jansman *et al.*, 2006; Nitbani *et al.*, 2016; Skrivanova *et al.*, 2006).

1.1. 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 termék zsírtartalmát és megváltoztatja-e annak zsírsav-összetételét. Továbbá a kiegészítés hatására változnak-e a zsíryanycserét/energiaforgalmat jellemző vérparaméterek (a

koleszterin- és triglicerid-koncentráció), valamint hatással van-e a szervezet antioxidáns védelmi rendszerére.

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

Emellett célkitűzéseim között szerepelt, hogy megvizsgáljam történik-e bármilyen morfológiai elváltozás az érintett szervekben (pl. máj, bélcsatorna stb.), továbbá alkalmas lehet-e a kókusz- és pálmazsír az általam alkalmazott dózisban egyes patogén mikroorganizmusok gyérítésében. E területen, vizsgálataimban a *Salmonella spp*, a *Clostridium perfringens*, az *Escherichia coli* megjelenésére és számára, valamint az összes mikróbaszám alakulására fókuszáltam.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatba 240 darab Cobb 500 hibrid kakast vontam be. A kísérletben alkalmazott zsír- és olajkiegészítést a 21. életnaptól a 42. életnapig kapták az állatok. A kísérleti csoportokban kókusz- (KO) és pálmazsír (PO), illetve pozitív kontrollként napraforgó-olajat (NO) 5%-os bekeverési aránnyal alkalmaztam. Emellett egy kísérleti csoportban a kókusz- és pálmazsír keverékét (KOPO) használtam 2,5-2,5%-os arányban bekeverve a takarmányba.

A takarmányok laboratóriumi analízise során Weende-i analízist, keményítő és cukortartalom vizsgálatot végeztem. Továbbá vizsgáltam a zsírforrások és a keveréktakarmányok zsírsavösszetételét is, amelynek mérését független laboratórium végezte.

A termelési paraméterek felvételezése a 21., 28., 35. és a 42. életnapon (azaz a kezelés 0., 7., 14., 21. napján) történt. Naponta rögzítettem az elhullást, heti rendszerességgel mértem a testtömeget, a takarmányfogyasztást, számítottam a napi tömeggyarapodást és a takarmányértékesítést. A mintavételi napokon, illetve betelepítéskor friss alommintát gyűjtöttem a mikrobiológiai vizsgálatokhoz.

A kísérlet során történt exterminálások alkalmával további vizsgálatokra egyes szerveket és húsrészeket mintáztam. Mértem a máj, lép, szív, *bursa Fabricii*, valamint a jobb és bal oldali mellfilé tömegét. Az eltérő testméretből adódó eltérések kiküszöbölése érdekében meghatároztam a szervek és a mell grillsúlyhoz viszonyított relatív tömegét.

A vérmintákat minden egyedből a nyaki érkomplexből (*aa. carotis ext. et int., v. jugularis*) vettem. A mintavételi csövek véralvadásgátlót tartalmaztak 0,2 mol/L EDTA- Na_2 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 vérplazma szeparálását követően a vörösvérsejteket fiziológiás sóoldattal (0,65% w/v NaCl) mostam, majd 1:9 (v/v) arányban bidesztilált víz hozzáadásával hemolizáltam. A vörösvérsejt-hemolizátum és vérplazma minták egy részét -18°C -on, másik részét -72°C -on tároltam a felhasználásig.

A vese, szív, lép, *thymus* és *bursa Fabricii* esetében az egész szervet eltávolítottam. A vékonybél mintákat az ileum *distalis* szakaszából vettem. A májminták a máj nagy lebenyének *caudalis* oldalán, a vérér-komplexum alatti területről kerültek kimetszésre. A szövettani vizsgálatokhoz vett máj, vékonybél, a *thymus* és a *bursa Fabricii* mintákat 10% (v/v) formaldehid oldatban tároltam a felhasználásig. A biokémiai analízis céljából vett májmintákat, a lépet, illetve a vesét -18°C -on, illetve -72°C -on tároltam a felhasználásig.

A húsmínőség vizsgálatok során a mellfilé mintákon a vágást követő 45. percben és 24. órában történt pH mérés. Emellett 24 órás hűtve tárolást követően mértem a hús színét ($L^*a^*b^*$ színrendszerben). Friss húsmintákon vizsgáltam a csepegési veszteség mértékét, míg a konyhatechnikai veszteségeket fagyasztva tárolást követően mértem. Ez utóbbi vizsgálathoz kapcsolódva megállapításra került a nyíróerő érték és vizsgáltam a hús összetételét is.

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). Emellett mértem a vérplazma koleszterin és triglicerid koncentrációját.

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. A metszetek Reichert típusú, szánkás mikrotommal készültek (Állatorvostudományi Egyetem, Patológiai Tanszék). A metszeteket tárgylemezre húztam, majd hematoxilin-eosin festést alkalmaztam. A szövettani minták vizsgálatához Panoramic MIDI II metszetszkennel segítségével az egyes minták mikroszkópos képét digitalizáltam és 3DHISTECH CaseViewer (2.4.0.119028) szoftver segítségével elemeztem.

Az ürülékminták mikrobiológiai vizsgálatát független laboratórium végezte. 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.

A statisztikai elemzéseket R 3.4.4. és R 3.6.1. programmal készítettem el, 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.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

3.1. Takarmányvizsgálatok eredményei

A keveréktakarmányok látszólagos metabolizálható energia-tartalma (AME) minden kísérleti csoportban 0,5-1,0 MJ/kg-mal meghaladta a kontroll értékét. A zsír és olaj kiegészítés hatására a nyersfehérje mennyisége arányaiban csökkent. Ugyanakkor a különböző zsírkiegészítéseket tartalmazó négy kísérleti takarmány táplálóanyag-tartalma, -összetétele nem különbözött számottevően egymástól.

A zsírsav-összetétel vizsgálat eredményei igazolták, hogy a kísérletben használt három zsiradék eltérő mennyiségben tartalmazza a különböző zsírsavakat. A korábbi irodalmi források alapján a mérések bebizonyították, hogy a kókuszszír nagy mennyiségben tartalmaz laurinsavat, a pálmazsír gazdag palmitinsavban és a napraforgóolaj nagy linolsav-tartalmú.

A laurinsav aránya az 5% kókuszszírt tartalmazó KO takarmányban a kontrollhoz (K) viszonyítva 29,27%-os, a kombinált (2,5% kókuszszír+2,5% pálmazsír) kiegészítést tartalmazó KOPO pedig 14,38%-os emelkedést mutatott a kiegészítés hatására.

A palmitinsav aránya is változott a kiegészítés hatására, azaz 5% pálmazsír bekeverése (PO) esetén 19,01%-kal, a kombinált kiegészítés hatására pedig 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 a NO csoportban ehhez a takarmányhoz adagoltunk további 5% napraforgó-olajat, amely csupán 6,59%-os emelkedést eredményezett a linolsav arányában.

3.2. Termelési paraméterek

A kísérlet ideje alatt a K csoportban 3, a 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, így ott 100%. A tapasztalt sporadikus elhullások nem hozhatók összefüggésbe a kezeléssel és a technológiai tűréshatáron belül vannak.

A **takarmányfogyasztás** tekintetében a kísérleti takarmányok etetésének első hetében a pálmazsír tartalmazó takarmányt fogyasztó csoportok takarmányfelvétele volt a legnagyobb. A 28-35. nap között a tendencia hasonló volt, azonban az eltérések mértéke változott. A KO és NO csoportok takarmányfogyasztása kisebb volt, mint K csoporté, miközben a PO és KOPO csoportoké továbbra is meghaladta azt. Az utolsó héten minden kísérleti csoport lemaradt a K csoporttól.

A **testtömeg** mérések alkalmával a 21. és 28. életnapon a KOPO csoport rendelkezett a legnagyobb tömeggel. A 35. életnapon ez az előny már csak a három kísérleti csoporttal szemben maradt meg. Ekkor a kontroll csoport testtömege bizonyult a legnagyobbnak, majd a 42. napra már csak a NO csoportot múlta felül. A 42. életnapon a K, PO, KO csoportok közel azonos testtömeggel zárták a kísérletet. A kísérlet teljes ideje alatt a NO csoport testtömege volt a legkisebb.

A **testtömeg-gyarapodás** számításakor kapott eredmények alapján elmondható, hogy a 21-28. nap között közel azonos mértékű volt az egyedek gyarapodása minden csoportban. Azt is megállapítottam, hogy minden csoportban ebben az időszakban volt a legkedvezőtlenebb a **takarmányértékesítés**, ezt követően az 5. és 6. élethéten javulás következett be, amely a kontroll 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 kontrollhoz viszonyítva. Fontos azonban a termelési paraméterek esetében megjegyezni, hogy a takarmányfogyasztás és a takarmányértékesítés esetében nem volt lehetőség statisztikai elemzésre, valamint a többi paraméter esetében a csoportok közötti különbségek statisztikailag nem voltak minden esetben szignifikánsak.

Mellkihozatal tekintetében a K csoport a kísérlet teljes ideje alatt jobb eredményeket mutatott a kísérleti csoportokhoz viszonyítva, amely különbség a 28. életnapon az NO csoport esetében statisztikailag igazolható volt.

3.3. Húsminőségi paraméterek eredményei

A **pH** eredmények alapján megállapítható, hogy a vágást követő 45. percben mért értékek nagyobbak, mint a 24. órás hűtve tárolást követően mért értékek. Ez megfelel az irodalmi végső pH standardnak (5,8-6,0 érték) (Dransfiel és Sosnicki, 1999, Fletcher, 1999, Brewer *et al.*, 2012). A második vágás során a 45. percben a KOPO, NO és PO csoportok pH-ja számottevően savasabb volt a kontrollhoz

viszonyítva. Ugyanakkor a 24 órás hűtve tárolást követően már a kísérleti csoportok között is tapasztaltam markáns különbségeket, miszerint a KO és PO csoportokban a mellfilé pH-ja jelentős mértékben eltért a NO csoportétól, sőt a KO csoporthoz viszonyítva a kombinált kezelés (KOPO) mintáiban is számottevően savanyúbb pH-t mértem. A harmadik vágás alkalmával, a vágást követő 45. percben csak a K és PO csoportok között volt a különbség statisztikailag igazolható mértékű. A 24. órában a K, KO és PO kezelések közel azonos pH-t mutattak, míg a NO esetében mindhárom csoporttól szignifikáns mértékben eltérő, kevésbé savas kémhatást mértem.

A *színmérés* során friss metszéspelületen történt az L^* (világosság), a^* (vörösség) és b^* (sárgasság) értékek meghatározása, amelyek statisztikailag igazolható módon egyik vágás esetében sem különböztek egymástól a csoportok összehasonlításában.

A *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 összehasonlítottam a fogyasztói szempontoknak megfelelően a vizualizálható különbségeket (Lukács, 1982). A ΔE^*_{ab} érték számítás során csak a harmadik vágás eredményeit használtam fel. Az értékek alapján a napraforgó-olaj kiegészítés okozta a legmarkánsabb hatást a hússzínben, mivel a legtöbb csoporthoz viszonyítva szabad szemmel is észrevehető különbséget eredményezett.

A hús *vízartó 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. Ekkor a PO csoport mintáinak vízvesztése bizonyult a legnagyobbnak, amely a KO csoporttal szemben statisztikailag számottevőnek tekinthető. A mért adatok alapján megállapítható, hogy az állatok korának előrehaladtával a hús vízartó képessége folyamatosan nőtt.

A *konyhatechnikai veszteségek* mérése során az első mintavételi időpontban a legnagyobb veszteséget általában kezeléstől függetlenül a hűlés során tapasztaltam, míg a sütés során volt a legkisebb a minták súlyvesztése. Az egyes vágások alkalmával a különböző veszteségek alakulása a különböző csoportokban rendkívül változatos mintázatot mutatott. A feldolgozás során mért összes veszteséget vizsgálva megállapítható, hogy az az első vágás alkalmával a kontroll csoportban volt a legkisebb (bár szignifikáns eltérés a csoportok között nem volt kimutatható). A 35. napon a KO csoportban a veszteség szignifikánsan kisebb volt a többi kísérleti csoporttal összehasonlítva. Majd a 42. napon végzett vágás alkalmával mindhárom kísérleti csoportban nagyobb veszteséget mértem a

kontrollhoz viszonyítva, amely a NO esetében statisztikailag igazolható mértékű különbséget jelent. További megfigyelés, hogy a 42. életnapra minden csoportban csökkent az összes veszteség az első vágáshoz viszonyítva. Ez az eredmény megegyezik a csepegési veszteségnél tapasztalt tendenciákkal, ami azt mutatja, hogy a hús víztartó képessége az életkor előrehaladtával javul. Az is megállapítható, hogy a kísérletben alkalmazott kezelések fogyasztás szempontjából jelentőséggel bíró időpontban (42.napon) egyértelműen kedvezőtlenül befolyásolják a hús víztartó képességét, hiszen a legkisebb veszteséget mind a hűtve tárolás, mind a konyhatechnikai feldolgozás során a kontroll csoportban mértem.

A **porhanyósság** vizsgálatkor az első vágás mintáin mért értékek a fiatal, gyenge húsú állatokra jellemzőek. A második vágás alkalmával a K csoport értéke változatlan volt, ugyanakkor a többi csoporté növekedett az előző mintavételi alkalomhoz viszonyítva, különösen a KOPO, ahol 30%-os emelkedést mértem. Az egyes kezelések mintáiban mért nyíróerő értékek statisztikai elemzése során megállapítottam, hogy a PO és KOPO csoportok mintáinak porhanyóssága számottevően elmarad a kontroll csoportétól, sőt a KOPO a KO csoporttól is. A harmadik vágásból származó minták mérése során arra a megállapításra jutottam, hogy ekkor a PO csoport porhanyóssága volt a legjobb, az előny a K és a KOPO csoportokhoz viszonyítva statisztikailag is igazolható mértékű.

A mellhús **táplálóanyag-tartalmának** vizsgálata során három paramétert – nedvesség-, fehérje- és zsírtartalmat- vizsgáltam. A **nedvességtartalom**ban csak a második vágáskor találtam eltérést, miszerint az NO közel 1,5%-kal több vizet tartalmazott a többi csoporthoz viszonyítva. A fehérjetartalom már az első vágás alkalmával eltérő volt a különböző csoportokban. Eszerint a KOPO és a NO csoport húzában kevesebb fehérje volt, mint a többi csoportban. Ez az eltérés a KOPO és a KO, illetve PO csoportokhoz viszonyítva szignifikánsnak is mutatkozott. Az eltérés a 35. életnapra a NO csoport esetében tovább erősödött, olyannyira, hogy ekkor már a K, KO, PO csoportokkal összehasonlításban szignifikánsan kevesebb fehérjét tartalmazott a NO mellfilé. A 42. életnapon a különbségek némiképpen kiegyenlítődték. Bár a NO csoport mintáiban mért fehérjetartalom még mindig kisebb volt a legtöbb csoporthoz viszonyítva, de az eltérés már nem volt statisztikailag igazolható. A legkisebb fehérjetartalmat azonban ekkor a KO csoport húzában mértem. A zsírtartalom tekintetében mindhárom vágás alkalmával hasonló mintázatot tapasztaltam, statisztikailag igazolható eltéréseket azonban csak a 28. életnapon tudtam kimutatni. Eszerint a napraforgóolaj- és a kombinált zsírkiegészítés hatására érdekes módon

valamelyest csökkent a hús zsírtartalma, ami a 28. napon a K és KO csoporttal összehasonlítva számottevőnek bizonyult.

A mellhús-**zsírsavösszetétel** meghatározásra a 35. illetve a 42. életnapon végzett vágás alkalmával mellfilé mintákat (2 és 4 db/csoport) küldtem egy független laboratóriumba. A két vágásból származó mérési eredmények azonos mintázatot mutatnak. A KO és KOPO mintákban megjelent a laurinsav, amelynek aránya a kókuszolaj bekeverési arányának megfelelően alakult. A PO és KOPO csoportban bár kisebb mértékben, de a palmitinsav arányának növekedése volt megfigyelhető. Míg az NO csoportban a linolsav aránya nőtt számottevően a kontrollhoz viszonyítva. Ezek az eredmények alátámasztják azt a feltételezést, hogy a zsírkiegészítés befolyásolja a hús zsírsavösszetételét.

3.4. Biokémiai paraméterek

A **zsíryanycsere jellemzésére alkalmas paramétereket** vizsgálva 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 kontroll értékét, azonban az eltérés csak a KO csoporttal szemben volt statisztikailag igazolható.

A **vérplazma** fehérjetartalma a KOPO csoportban volt a legkisebb és a KO csoportban a legnagyobb. Az utóbbi csoport a NO kivételével mind a kontroll, mind a többi kezelt csoporttól szignifikánsan eltért e paraméter tekintetében. Az **antioxidáns védelmi rendszer** vizsgálatához kapcsolódóan érdekes módon a glutation-peroxidáz aktivitás mintázata a csoportokban éppen ellentétesen alakult. Így a kókuszolaj kiegészítés esetében mértem a legkisebb értéket, amely a NO kivételével mind a kontroll, mind a kezelt csoportoktól számottevően elmaradt. A legnagyobb enzimaktivitás pedig a kombinált kezelés (KOPO) esetében volt kimutatható, amely a KO mellett a NO értékét is szignifikáns mértékben meghaladta. A GSH-koncentráció a GSHPx aktivitással teljesen azonos mintázatot mutat. A malondialdehid koncentráció minden csoportban hasonlóan alakult. A 42. életnapra a GSHPx aktivitás és a GSH koncentráció minden csoportban növekedett a 35. nap értékeihez viszonyítva, a csoportok közötti eltérések azonban hasonlóan alakultak. 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 **vörösvérsejt hemolizátum**ban a mért antioxidáns paraméterek jellemzően mindhárom vágás alkalmával minden csoportban hasonlóan alakultak. Az egyetlen jelentős eltérés a 28. napon, a GSHPx aktivitásban volt kimutatható, miszerint a kókuszsír kiegészítés hatására emelkedett értéket mértem, amely a kontroll, a PO és a KOPO csoporthoz viszonyítva statisztikailag is igazolható eltérést jelent. Ezt a mintázatot a GSH 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.

A **májminták**ban a vérben mért oxidatív státusz paraméterek mellett a lipidperoxidáció iniciációs időszakát jellemző konjugált diének és triének koncentrációját is mértem. A vizsgált paraméterekben azonban az egyes vágások alkalmával a csoportok között számottevő eltérést nem tapasztaltam. A legtöbb paraméter a vizsgálat teljes időtartama alatt hasonlóan alakult a kezelésektől függetlenül, bár a malondialdehid koncentráció – kezeléstől függetlenül – az életkor előrehaladtával fokozatosan növekedett valamelyest.

3.5. Szövettani vizsgálatok

A **máj**minták szövettani vizsgálata során leggyakrabban zsíros infiltrációt (ép szélű vacuolumokat) találtam és ez az elváltozás leginkább a kókuszsír, illetve a pálmazsír kiegészítés esetén jelent meg. Minden vizsgált mintában (elsősorban a portális területeken) előfordultak *lymphocytás* gyulladásos gócok.

A **csípőbél** 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.

A **bursa Fabricii** 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. Azaz egészséges morfológia volt megfigyelhető minden csoportban.

A **thymus**-ok szövettani képe normális élettani állapotot tükröz.

3.6. Mikrobiológiai vizsgálatok

A *Salmonella spp.* vizsgálat során az összes minta negatív eredményt mutatott.

A *Clostridium perfringens* minden csoportban kimutatható volt, azonban eltérő gyakorisággal és csíraszámmal. A kísérlet elején a legnagyobb szennyezettség a KO csoportban volt kimutatható, amely az idő előrehaladtával csökkent és a 42. npra már nem volt kimutatható egyetlen mintában sem. A PO és KOPO csoportok esetében kisebb volt a mért koncentráció már az első mintavétel alkalmával is és ezt követően már nem volt kimutatható. Ezzel szemben a NO csoportban a vizsgálat teljes ideje alatt kimutatható volt a baktérium és a szennyezettség mértéke nőtt.

A Coliform mikrobák jelenléte az első mintavétel alkalmával volt a legkisebb a csoportokban. Az idő előrehaladtával emelkedett, kivéve a NO csoportban, ahol a második és negyedik mintavételnél az átlagnál alacsonyabb értéket kaptam.

Az összcsíraszám vizsgálat eredményei hasonlóan alakultak minden csoportban és mintavételi időpontban, bár a mintázat a coliform mikrobáknál leírtakhoz hasonlóan alakult. A 42. napon gyűjtött mintákban azonban a PO és NO csoportokban volt a legnagyobb összcsíraszám és ez szignifikánsan meghaladta a KO csoport értékét, sőt a NO csoport a PO kivételével minden csoport összcsíraszámát meghaladta.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

4.1. Következtetések

Takarmányvizsgálatok

A kísérletben használt növényi zsírforrással kiegészített keveréktakarmányok táplálóanyagtartalma 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 kókuszszír és pálmazsír zsírsavösszetétele hasonlóan alakult az irodalmi adatokhoz képest (Bhatnagar *et al.*, 2009, Chowdhury *et al.*, 2007). A különböző termőterületekről, illetve 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 kókuszszír 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 kókuszszír és pálmaolaj felhasználásával.

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 kókuszszír és a pálmazsír hatásainak értékelésében.

Mivel a zsírkiegészítés hatására a kísérleti keveréktakarmányok metabolizálható energiatartalma 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 dóziséű 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 kókuszszír-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 energiatartalmú takarmányból kevesebbet fogyaszt. Vizsgálatomban ezt a megállapítást csak a napraforgó-olaj kiegészítés esetében tapasztaltak erősítették meg, hiszen miközben a zsírkiegészítés hatására minden kezelési csoport takarmányának energiatartalma 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 etekintetben ellentmondásos, 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 napraforgó-olaj 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 kókuszszír- 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 napraforgó-olaj 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, illetve a mellkihozatalt olaj-kiegészítés esetén, ezek az eredmények azonban nem egybehangzóak, illetve kísérletemmel nem összevethetőek, 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.

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 a hús érési folyamatai révén 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 (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, illetve 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 az 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, illetve 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 pH=5,91 értéket 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 hátterében azonban véleményem szerint az állhat, hogy bár az egyes csoportokban a pH értékek statisztikailag 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 markánsan 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 mértékű 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-ja és víztartóképesége 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 brojlercsirke 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 hasonlították 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 fehérjéi 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 brojlersirke 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 brojlersirkék 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 kísérleti 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 (Ogunwole *et al.*, 2016; Khatun *et al.*, 2017). Ugyanakkor Prayitno és munkatársai (2010) a kókuszolaj kiegészítés esetén is jelentős javulást tapasztaltak ezen 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 Estévé 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 húsminőségi 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 hülési 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 tekintetben többé-kevésbé indifferensnek tekinthető.

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 a paraméterekben. Ehhez hasonló

eltérésről számoltak be Khatun és munkatársai (2017), amikor 6% napraforgó- illetve 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 dózisu zsírkiegészítés hatására különböző baromfi fajokban.

A zsíryanycsere paraméterek változásai azonban nagyságrendjüket 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 malondialdehid 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) ko szubsztrátjaként 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 kókuszszír 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, illetve 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 kókuszszír hatására csökken a potenciális válaszkészség a redukált glutation koncentráció és ezzel párhuzamosan a glutation-peroxidáz aktivitásának időbeni csökkenése révén. Ez összefüggésben állhat a kókuszszír 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.

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 bevérvések, lipotoxicitás és gyulladásos folyamatok indulhatnak el (Guo *et al.*, 2021). Kísérletemben minden csoportban – így a kontrollban is találtam zsír akkumulációra utaló jeleket, valamint lymphocytás góccokat (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 kezelésekből 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 törmelék volt látható és hasonló folyamatok voltak megfigyelhetők a *bursa Fabricii*-ben is. 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.

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 kókuszs-, 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 képen csak elvétve lehetett bélgyulladás kezdeti tüneteire jellemző kitágult, sejttörmelékkel telt cryptákat találni. Ezen

hatás hátterében a közepes szénláncú zsírsavak (laurinsav, kaprilsav) baktérium szaporodást gátló hatása állhat.

4.2. 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.

5. 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 húsának 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 húsának 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 glutation 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 glutation-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.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT KÖZLEMÉNYEK

Tudományos közlemény folyóiratban:

1. Szabó, Rubina Tünde; Kovács-Weber, Mária; Zimborán, Ágnes; Kovács, Levente; Erdélyi, Márta (2023): Effects of Short- and Medium-Chain Fatty Acids on Production, Meat Quality, and Microbial Attributes — A Review. In: *MOLECULES* 28: 13 Paper: 4956
2. Zimborán, Ágnes; Erdélyi, Márta; Szabó, Rubina Tünde; Kovács-Weber, Mária (2022): Effects of Medium Chain Fatty Acid Supplementation in Broiler Diet on Microbiological Quality of Litter. In: *BRAZILIAN JOURNAL OF POULTRY SCIENCE* 24: 1 pp. 1-4., 4 p.
3. Zimborán, Ágnes; Kovács-Weber, Mária; Szabó, Stella; Szabó, Rubina Tünde; Drobnyák, Árpád; Erdélyi, Márta (2021): Effect of different oils supplementation on broiler chicken performance. In: *ANIMAL NUTRITION AND FEED TECHNOLOGY* 21 pp. 205-211., 7 p.

Konferencia kiadványban megjelent közlemények:

1. Zimborán, Ágnes; Erdélyi, Márta; Szabó, Rubina Tünde; Kovács-Weber, Mária (2019): A kémhatás és a fehérjék víztartó képességétől függő veszteségek összefüggéseinek vizsgálata kókusz-, pálma- és napraforgóolaj etetésének hatására. In: *Póti, Péter; Bényi, Erzsébet; Kovács-Weber, Mária; Bodnár, Ákos; Pajor, Ferenc - VII. Gödöllői Állattenyésztési Tudományos Nap: Előadások és poszterek összefoglaló kötete*. Gödöllő, Magyarország: Szent István Egyetem Egyetemi Kiadó, p. 48, 1 p.
2. ZIMBORÁN, Ágnes; ERDÉLYI, Márta; SZABÓ, Stella; KOVÁCS-WEBER, Mária (2019): KÓKUSZ- ÉS PÁLMAZSÍR ETETÉSÉNEK HATÁSA A BROJLERCSIRKE MELLHÚSÁNAK TÁPLÁLÓANYAG-TARTALMÁRA. In: *Németh, Katalin (szerk.). Tavaszi Szél Konferencia 2019: Nemzetközi Multidiszciplináris Konferencia: Absztraktkötet*. Budapest, Magyarország *: Doktoranduszok Országos Szövetsége, pp. 93-93., 1 p.
3. Zimborán, Ágnes; Erdélyi, Márta; Drobnyák, Árpád; Szabó, Rubina Tünde; Szabó, Stella; Pétervári, Soma; Bócsai, Andrea; Ancsin, Zsolt; Mézes, Miklós; KovácsWeber, Mária (2019): Napraforgóolaj adagolás hatásának vizsgálata brojlerok termelésére és húsminőségére. In: *XXV. Ifjúsági Tudományos Fórum*. Keszthely, Magyarország: Pannon

Egyetem, Georgikon Kar, Állattudományi Tanszék, Paper:
05_Zimboran_Ágnes_6o, 6 p.

4. Zimborán, Ágnes; Kovács-Weber, Mária; Bócsai, Andrea; Ancsin, Zsolt; Szabó, Rubina Tünde; Balogh, Krisztián; Fernye, Csaba; Mézes, Miklós; Erdélyi, Márta (2018): Kókusz- és pálmaolaj hatása a brojlercsirke termelési paramétereire. In: *Szalka, Éva; Molnár, Zoltán (szerk.) XXXVII. ÓVÁRI TUDOMÁNYOS NAPOK 'FENNTARTHATÓ AGRÁRIUM ÉS KÖRNYEZET AZ ÓVÁRI AKADÉMIA 200 ÉVE – MÚLT, JELEN, JÖVŐ' Összefoglalói.* Mosonmagyaróvár, Magyarország: VEAB Agrártudományi Szakbizottság, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, p. 195.