Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Hízott libamáj zöldülésének vizsgálata élelmiszerminőségi céllal

Majzinger Koppány László

Budapest

2026

A doktori iskola

megnevezése: Agrár- és Élelmiszertudományok Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: Prof. Dr. Kovács Melinda
egyetemi tanár, az MTA r. tagja

Témavezető(k): Dr. Friedrich László Ferenc
egyetemi tanár, PhD
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Állatitermék- és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

Dr. Jónás Gábor
egyetemi docens, PhD
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Állatitermék- és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

....
Az iskolavezető jóváhagyása A témavezetők jóváhagyása

Nyilatkozat

Alulírott Majzinger Koppány, a „Hízott vízibaromfi máj eltarthatóságának növelése, élelmiszer-biztonság és minőség növelése céljából” című dolgozat készítője, nyilatkozom, hogy a dolgozat készítése során az MTA hatályos Tudományetikai Kódexe alapján, a tématerületemen szükséges kutatási normák és engedélyek tudatában és birtokában jártam el. Ahol nem a saját gondolataim és a saját eredményeim jelennek meg az értekezésben, azt egyértelműen és azonosítható módon jeleztem az értekezésben.

.....
Doktorjelölt

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés 1

2. Célkitűzések 3

3. Szakirodalmi áttekintés 4

3.1. A madarak mája 4

3.2. A hízott máj előállítás 6

3.3. A máj elzsírosodása 9

3.3.1. A szénhidrát-anyagcsere szerepe a máj növekedésében 9

3.3.3. A triglicerid-akkumuláció jelentősége 9

3.3.4. A lipotróp anyagok szerepe 10

3.3.5. A májsejtek alkalmazkodóképessége 10

3.3.6. A hormonális szabályozás szerepe 10

3.3.7. A testi elzsírosodást elősegítő folyamatok 11

3.4. A hízott liba vágástechnológiája 12

3.5. A baromfifeldolgozó ágazat legértékesebb terméke: a hízott libamáj 20

3.6. Osztályozás 21

3.7. A máj minőségi hibái 22

3.8. A hízott libamáj zöldülése 22

3.9. Mikrobiológiai eredetű zöldülés 24

3.10. Epe eredetű zöldülés 25

3.11. Zsír eredetű zöldülés, zsírok oxidációja 28

3.12. Vér eredetű zöldülés 31

3.13. Fülledés 32

4. Anyagok és módszerek 34

4.1. Első kísérlet - A vágást megelőző itatás és a különböző zsigerelési technológiák hatásának vizsgálata 36

4.1.1. A véreztetés során eltávozó vér mennyiségének mérése 38

4.1.2. Hemoglobin-tartalom mérés 38

4.1.3. Színmérés 39

4.1.4. pH mérés 40

4.1.5. Mikrobiológiai vizsgálat 40

4.1.6. Statisztikai elemzés 41

4.2. Második kísérlet - A különböző zsigerelési technológiák hatásának célzott vizsgálata 43

4.2.1. Színmérés 44

4.2.2. TBA szám meghatározás 44

4.2.3. Kvalitatív epetartalom meghatározás 46

4.2.4. Elemanalitika 46

4.2.5. Aminosavprofil meghatározás 51

4.2.6. Fülledésvizsgálat 53

4.2.9. Statisztikai elemzés 53

4.3. Harmadik kísérlet – A kábítás hatásának vizsgálata 55

4.3.1. Színmérés 57

4.3.2. Hemoglobin-tartalom mérés 57
4.3.3. Zöldült libamájrész oldhatóságának vizsgálata 57
4.3.4. Csomagolás (oxidatív, reduktív közeg hatásának) vizsgálata 58
4.3.5. Statisztikai elemzés 58
5. Eredmények 59
5.1. Az első kísérlet eredményei - A vágást megelőző itatás és a különböző zsigerelési technológiák hatásának vizsgálata 59
5.1.1. A véreztetés során eltávozó vér mennyiségének mérése 59
5.1.2. Hemoglobin-tartalom mérés 60
5.1.3. Színmérés 61
5.1.4. pH mérés 65
5.1.5. Mikrobiológiai vizsgálat 66
5.1.6. Az első kísérlet eredményeinek összefoglalása 68
5.2. A második kísérlet eredményei - A különböző zsigerelési technológiák hatásának célzott vizsgálata 69
5.2.1. Színmérés 69
5.2.3. Kvalitatív epetartalom meghatározás 72
5.2.4. Elemanalitika 73
5.2.5. Aminosavprofil meghatározás 74
5.2.6. Fülledésvizsgálat 75
5.2.9. A második kísérlet eredményeinek összefoglalása 76
5.3. A harmadik kísérlet eredményei 78
5.3.1. Színmérés 78
5.3.2. Hemoglobin-tartalom mérés 80
5.3.3. Zöldült libamájrész oldhatóságának vizsgálata 81
5.3.4. Csomagolás (oxidatív, reduktív közeg hatásának) vizsgálata 83
4.3.5. A harmadik kísérlet eredményeinek összefoglalása 86
6. Következtetések és javaslatok 87
7. Új tudományos eredmények 89
8. Összefoglalás 90
9. Summary 93
Irodalomjegyzék 96
Köszönetnyilvánítás 107
Publikációs lista 108
Függelékek 113

1. BEVEZETÉS

A hízott liba- és kacsamáj előállítás nagy hagyományokkal rendelkezik, történetének kezdete évezredekre nyúlik vissza (Fazekas et al., 2022). Már az ókori Egyiptomban, Krisztus előtt 2500-ban is ismert és a gyakorlatban alkalmazott technológia volt az állatok tömése (Liu et al., 2019), a módszer használatával a zsiradék termelést kívánták fokozni. A libák hizlalásáról elsőként Homérosz tett említést a Krisztus előtti 8. században, a libamáj ínyencségként történő említése pedig az időszámításunk előtti 4. századra datálható. A görög mellett a római étkezési kultúrának is szerves részét képezte a hízott libamáj, a termelők tejbe áztatott fügét vagy tejes-mézes búzadarát alkalmaztak a máj nagyobbodásának elősegítése érdekében (Guémené & Guy, 2004). A legelső európai írásos emlékek a libatartással kapcsolatban a Krisztus utáni 8. századból származnak.

A magyarországi lúdtenyésztéssel kapcsolatos hagyományok több évszázados múltra tekintenek vissza (Molnár et al., 2002), a libatartás meghonosodásának kezdete a 13. századra tehető. Amerika felfedezése mozdította igazán előre a hízott libamáj termelést, ugyanis egyre inkább előtérbe került a kukorica takarmányként való alkalmazása, amely nagy lendületet adott a hazai libatenyésztésnek.

A hízott libamáj mindig is prémium terméknek számított, és csak a társadalom jómódú képviselői számára volt elérhető élelmiszer. Nincs ez másként napjainkban sem, ugyanis a különböző fine dining éttermek étlapjain továbbra is előkelő helyen szerepelnek a hízott liba- és kacsamájból készült fogások. A high-end gasztronómia ezen nemes alapanyagát egy speciális hizlalási eljárással, töméssel állítják elő a termelők. A folyamat során jelentős mennyiségű szénhidrátot (kukoricakeményítő) tartalmazó takarmányt juttatnak az állatok szervezetébe (Guémené & Guy, 2004; Beaver & Golab, 2022). Az így elfogyasztott élelem mennyisége számottevően nagyobb, mint amit a libák *ad libitum* módon megennének (Skippon, 2013a). Azonban a tömés következtében elzsírosodó máj (Wei et al., 2023) nemcsak kulináris szempontból rendelkezik kiemelkedő jelentőséggel, hanem számos európai ország számára jelent export cikket is. Értékesítése a külkereskedelmi mutatókra pozitívan hat, ezáltal pedig sok, a baromfiiparban dolgozó család számára nyújt megélhetést.

Franciaország, Magyarország és Bulgária meghatározó szereplők a hízott vízibaromfi máj előállítás piacán, 2019-ben a globális össztermelés 93 százalékáért felelt ez a három ország (Franciaország: 18 699 tonna, Magyarország: 3 523 tonna, Bulgária: 2 981 tonna, globális össztermelés: 27 100 tonna) (Julien-David & Marcic, 2020). Érdemes megemlíteni, hogy az ősi

időkben, a hízott vízibaromfi máj előállítás hajnalán főként libák esetében alkalmaztak tömést, azonban napjainkban a kereskedelmi fogalomba kerülő hízott májak több, mint 90 százaléka kacsától származik (Lavilla et al., 2019).

Az iparág ugyan sokat fejlődött, megjelent és a gyakorlatban bizonyított számos automatizálási megoldás, azonban a libák nevelése és feldolgozása továbbra is jelentős mennyiségű emberi erőfeszítést és kézimunkát igényel (Gržinić et al., 2023). Kijelenthető tehát, hogy a gyártás során felemerülő költségek számottevő részét a humán erőforrás alkalmazása jelenti. Az optimális májtömeg gyarapodáshoz elengedhetetlen a megfelelő minőségű takarmány, amely szintén jelentős tételként mutatkozik meg a termelők kiadásai között (der Poel et al., 2020).

Az aszály sújtotta nyarak és az elmúlt évek eseményei – az egymást érő madárinfluenza járványok, COVID-19 járvány, az Ukrajnában kirobbant háború – súlyos gazdasági következményekkel jártak és a termelés költségeinek további emelkedéséhez vezettek (Urak et al., 2024). Mindezen történések a hízott libamáj értékesítési árának nagymértékű emelkedésében mutatkoztak meg. A fogyasztók értékmaximalizálásra törekszenek, tehát a drágább termékekkel és szolgáltatásokkal szemben nagyobb elvárásokat támasztanak.

Ezen okból kifolyólag szükséges valamennyi olyan tényező vizsgálata, amik negatívan befolyásolhatják a hízott máj minőségét. Fontos továbbá megérteni a jelenségek hatásmechanizmusát és megakadályozni a kialakulásukat. A minőséget nagymértékben befolyásoló faktorok között szerepelnek a nevelési körülmények és takarmányozási paraméterek (Zhang et al., 2024), a kábítási és vágási technológiák (Fernandez et al., 2010), a hűtési és csomagolási metódusok, valamint a felhasznált csomagolóanyagok is (Orkusz, 2018).

Minthogy a hízott libamáj jelentős exportcikknek számít, különösen fontos az eltarthatósági idő maximalizálása. Ennek érdekében a feldolgozók a májakat vákuumcsomagolásba helyezik és jellemzően le is fagyasztják azokat. Azonban gyakran tapasztalható felületi zöld színelváltozás az ilyen módon tárolt májak esetében. A jelenség, érthető módon, komoly ellenérzést vált ki a fogyasztókból és a legtöbben a mikrobiális eredetű romlás egyik jeleként tekintenek rá, végső soron pedig elutasítják a terméket.

2. CÉLKITŰZÉSEK

A PhD képzés keretében megvalósuló kutatásom célkitűzéseit a nemkívánatos felületi zöld elszíneződés alapján fogalmaztam meg.

Célom volt megállapítani, hogy:

- a vágóhídi feldolgozástechnológiai egyes lépései, különös tekintettel a vágást megelőző itatás, kábítás, a nyaki erek átvágását követő véreztetés, valamint az alkalmazott bontási technológia – zsigerek kiemelése – hogyan befolyásolják a hízott libamáj felületén megjelenő zöldülést,
- mikrobiális tevékenység eredményeként jelenik-e meg a hízott libamáj felületén a zöld színelváltozás, azaz kimutatható-e különbség a zöldült és nem zöldült hízott libamájak mikroflórájának összetétele között (kén-hidrogén termelésre képes törzsek jelenlétének vizsgálata),
- a máj által előállított emulgeáló hatású emésztőnedv, az epe, termelésével összefüggésbe hozható-e a zöldülés,
- kimutatható-e különbség a zöldült és nem zöldült hízott libamájak aminosav-összetételében, elsősorban a ként tartalmazó aminosavak – cisztein, metionin – vonatkozásában,
- az egyes makro-, mikro- és nyomelemek koncentrációja eltér-e a zöldült és nem zöldült májak között,
- a hízott libamáj csomagolás esetén leggyakrabban alkalmazott technológia – vákuumcsomagolás – hogyan befolyásolja a zöld színelváltozás megjelenését.

3. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. A madarak mája

A máj kiemelten fontos szerepet tölt be a közbenső anyagcsere folyamatokban. Élettani szempontból vizsgálva a legfontosabbak a következők (Rudas et al., 1994; Sakka, 2007; Alamri, 2018): közreműködik a zsíranyagcserében (zsírsav- és epesav termelés, koleszterol és epeszintézis), a szénhidrát-anyagcserében (glükoneogenezis, glükóz-glikogén transzformáció), a fehérje-anyagcserében (aminosav termelés, véralvadási faktor és szérumfehérje szintézis). Felelős a metabolikus folyamatok során képződő termékek (pl.: bilirubin és biliverdin) kiválasztásáért. Szerepet játszik a szervezet számára veszélyes anyagok detoxikációjában. Az anyagcsere folyamatok zavartalan lefolyásához szükséges glikogént, ásványi anyagokat (pl.: réz és vas) és vitaminokat (pl.: A- és D-vitamin) raktároz. Részt vesz hormonok szintézisében és kiválasztásában, szerepet játszik a fagocitózis folyamatában és vérképző szerepet tölt be az anyaméhben fejlődő utód szervezetében a világrajövetel pillanatáig.

A madarak esetében a máj a szív mögött található, közvetlenül a zúzógyomor előtt. Tömege fajonként eltérő, tyúkok esetében az egészséges máj 30–60 g, kacsák esetében 45–115 g, lúd esetében pedig 85–175 g közötti értékek jellemzők. Színe rendszerint vöröses-vörösesbarna, azonban a töméssel hizlalt kacsa- és libamáj, a zsírtartalomtól függően, a világossárgától a sárgásbarna árnyalatig terjed. Állományát tekintve a madarak mája, az emlősökéhez képest, puhább, azonban a kor előre haladtával egyre keményebbé válik. Általánosságban megállapítható, hogy a hízott vízibaromfik mája törékeny és könnyedén reped.

A máj két ponton stabilizálódik a madarak szervezetében. Egyrészt egy, a mellcsonton rögzülő, sarlóra emlékeztető szalag felel a stabilitásért, másrészt a rekeszi és ágyéktájék rögzíti. A májat kívülről egy kötőszövetes tok veszi körül (*Glisson-tok*), majd a hashártya zsigeri lemeze borítja (Xu et al., 2016). Működő szöveti állománya a *parenchyma* (Jungermann, 1988). A májnak két szélét különböztetjük meg (tompa és éles), valamint két felülete (zsigeri és rekeszi) van. Az idegek, a nyirokerek és a májvezeték be- és kilépési helye a májkapunál található, amely a zsigeri felületen helyezkedik el.

A máj lebenyekre tagolódik, azonban a lebenyezettség mértéke eltér a különböző fajok esetében. A vízibaromfik mája három szegmensre oszlik (bal-, jobb-, középsőlebeny). A bal lebeny valamennyi faj esetében fejletlenebb, tehát mérete kisebb, mint a jobb lebenyé. A jobb lebeny zsigeri felületén az epés- és az éhbél, a lép-, a mirigyes- és a zúzógyomor-, míg a bal lebeny

fali felületén a szív benyomata látható. Az epehólyag a jobb lebeny zsigeri felületén található, alakja a körtéhez hasonlatos. Három részből épül fel, fenékből, testből és nyakból áll. A fenék a legszélesebb része, a test a henger alakú rész, amely a nyakban keskenyedik el, a nyak pedig az epevezetéken keresztül kapcsolódik a májhoz. Az epehólyag mérete kacsák esetében 3,5–5 cm, libák esetében ennél nagyobb, 5–8 cm hosszúságú.

A máj szöveti egysége a *lobulus*, azaz a lebenyke, amely a sugár alakban, duplikált sorokban elhelyezkedő májsejtoszlopokból épül fel. Ezek az oszlopok a kötőszöveti sövényeknek köszönhetően különülnek el egymástól. A vér a májba két helyről érkezik: a belek, lép és a gyomor irányából, valamint a szív felől. Előbbiért a verőceér (*vena portae*) felel, míg a szív felől a májartérián (*arteria hepatica*) keresztül érkezik a májba a vér, ez szállítja az oxigént, amely a májszövetet működésben tartja (Guzsal, 1981). A verőceér számos leágazással rendelkezik és körbehálózza a lebenykéket. A leágazások, a lebenykék belsejében található sinusoidokban folytatódnak, melyek a lebenyke belsejében centrálisan elhelyezkedő vénába torkollanak. A májartéria végződései szintén a sinusoidokban érnek véget, ezáltal létrejön az artériás és vénás vér keveredése. A portális triász a lebenykék szélén helyezkedik el, a verőceér, a májartéria és az epeutak ezen a részen együtt futnak. A májsejtek (*hepatociták*) felelnek a glükózegységekből felépülő polimer, a glikogén tárolásáért, valamint a zsírcseppek is itt raktározódnak el. A takarmányozási paraméterek nagymértékben befolyásolják a sejtek méretét és összetételét. A májból kilépő vér a centrális vénán keresztül távozik, majd a májvénákban (*vena hepatica*) halad tovább. Az elvezető gyűjtőér rendszer vénái a máj rekeszi felületén találhatók és egészséges máj esetében vizuálisan nem észlelhetők. Erezettség szempontjából előnyösebb a hízott libamáj, ugyanis jelentősen kevesebb ér fut benne, mint a kacsák májának esetében. Érdemes továbbá kiemelni, hogy nemcsak a faj, hanem a szárnyas neme is befolyásolja a máj erezettségét. Mulard kacsák esetén kizárólag gácsérokat nevelnek hízott máj előállításának céljával, mivel a tojók máját terjedelmes vérerek hálózzák be, amely tulajdonság hátrányosan befolyásolja a máj minőségét (Bonnefont et al., 2019a).

A májsejtek által termelt sárgászöld árnyalatú epe elvezetéséért kapillárisok felelnek, melyek az epevezetékrendszer legkisebb egységei (Williamson & Pearse, 1924). Az epekapillárisok fala szintén májsejtekből épül fel. A kapillárisok összeolvadása során jönnek létre az epevezetékek (Strazzabosco & Fabris, 2008), végül pedig az epe a közös vezetéken keresztül a vékonybélbe jut. A máj védelmének szempontjából kiemelkedően fontos nagyméretű makrofágok, a *Kupffer-féle sejtek* a véghólyagokat (*acinusok*) bélelő egyrétegű laphámsejtek (*endothel sejtek*) között

helyezkednek el (Nguyen-Lefebvre & Horuzsko, 2015; McConnell et al., 2023; T. Chen et al., 2025).

3.2. A hízott máj előállítás

A hízott máj előállítás alapja, hogy a libák szervezetébe rövid idő alatt olyan, nagy mennyiségű szénhidrátot tartalmazó takarmányt juttatnak a termelők, hogy az intenzív energia-bevitel a máj elzsírosodását váltja ki (Teeter et al., 1984). A folyamat során alkalmazott módszer a tömés. A töméses technológia elsődleges célja a kiemelkedő minőségű máj előállítása, azonban a speciális tartási kondícióknak köszönhetően a libák egyéb testrészei is jelentős élvezeti értékkel bírnak (Skippon, 2013b). A tömésen alapuló hizlalás biológiai alapja a vándormadarak esetében általános jelenségnek számító, költözés előtti természetes májelzsírosodás folyamata (Hermier, 1997). A zsírraktározás tartalék energia képzése céljából jön létre (Blem, 1976). A folyamat során a zsiradék egy része a bőr alatt található szövetekben deponálódik (Menon & Menon, 2000), azonban számottevő mennyiség rakódik le a májban is. Ez a természetes élettani folyamat képezi az alapját a hízott libából előállított termékeknek.

A hízlalásos technológia alkalmazásával kapcsolatban számos hazai és nemzetközi kutatás valósult meg, és az iparág számos új ismerettel gazdagodott, azonban a módszer alapjai változatlanok maradtak. A növendék libák nevelése jellemzően intenzív zárt tartásban, ketrecek és karámok használata nélkül valósul meg. Az elmúlt években jelentős gazdasági károkat okozó madárinfluenza vírus különböző törzsei okozta járványok nem teszik lehetővé a szabadtartást, ugyanis a potenciálisan fertőzött vadmadarakkal történő érintkezés kockázata rendkívül nagy. A nevelési időszak alatt, mely jellemzően 56-60 napig tart, a libák *ad libitum* módon táplálkoznak a kihelyezett takarmányból, mely jellemzően 50-55% darált kukoricát, 40–45% búzalisztet, 1,5–2% növényi eredetű zsiradékot és 0,2% sót tartalmaz. Ezen periódus alatt, vízfogyasztásuk szintén saját szükségleteik szerint alakul. A termelők az istállókat, ólakat meghatározott időközönként szellőztetik, a levegő páratartalmát (65–70% RH) és hőmérsékletét (kezdetben 34°C, majd lépcsőzetesen csökkentve, a 35. nap végére 15°C) folyamatosan kontrollálják. A megvilágításról mesterséges fény formájában gondoskodnak (16 h/nap, 20 lux).

Az 56-60. napot követően kerül sor a töméses hízlalás megkezdésére. A tömést a ludak nyelőcsövének rendkívüli tágulékonysága teszi lehetővé. A hízlalás során szénhidrátban gazdag takarmánnyal - Magyarországon hagyományosan kukoricával – táplálják a libákat. A cél az, hogy minél rövidebb idő alatt minél több energiát raktározzon el a libák szervezete, ezáltal a májban előállított zsírok a szervezet egyéb zsírraktárai helyett a máj sejtszerkezetébe épülnek be (Hermier

et al., 1991). A tömés történhet kézi töméssel, tömőtölcsérrel – napjainkban már szinte egyáltalán nem alkalmazott módszerről van szó –, valamint gépi töméssel egyaránt (**1. (A) és 1. (B) ábra**). Érdemes megemlíteni, hogy ez az eljárás még a gépi tömés esetében is jelentős élőmunka-ráfordítást és szakértelmet igényel.



(A) (B)

1. ábra: Tömőtölcsérrel végzett kézi tömés (A) és gépi tömés (B)
(forrás: Internet 1 (A), Internet 2 (B))

A tömőgépet elektromos motor hajtja, a takarmányt a meghajtott spirál szerkezet juttatja a tartályból a tömőcsőbe. A tömést végző személy a tömőcsövet bevezeti a lúd nyelőcsövébe, és így továbbítja a tápot a nyelőcső tágulatába (Elshaer, 2018). A tömőgép helyhez kötött, a tömést megelőzően hajtják a géphez a libákat a mélyalmos ketrecekből. Ez sok időt vesz igénybe és a dolgozóknak nagyon körültekintően kell eljárniuk, hogy a ludak esetleges sérülését elkerüljék. A tömés igen sok időt igényel, egy gyakorlott tömő óránként 100 ludat tud megtömni. Napjainkra már számos tudományos kutatás igazolta, hogy sem a szakértelemmel elvégzett takarmányozás, sem pedig a megnövekedett máj nem okoz szenvedést az állatoknak (Molnár et al., 2006). Hazánkban a töméshez kizárólag rendkívül lágy és rugalmas anyagból készült csövet használnak. A libák esetében, életmódjukból adódóan hiányzik a garatot záró reflexszerű mechanizmus, amely megakadályozná a tömőtáp bejutását és kellemetlen érzést váltana ki.

Az optimális test- és májtömeg növekedés szempontjából egyaránt fontos a takarmány összetétele és a tömés módja (Teeter & Smith, 1985). A tömőtáp megközelítőleg egyforma arányban tartalmaz roppantás és gőzölés nélküli egész kukoricaszemeket és kukoricadarát. A

keverékhez még ivóvíz minőségű vizet adagolnak az előállítók, valamint 1% növényi eredetű zsiradékot és 0,5% sót. A konyhasó hozzáadása azért szükséges, mert egyrészt a kukorica ízletlen, ezért a libák számára hamar unalmassá válna a takarmány, másrészt a gyomorsósav egyik komponenséről van szó, ezáltal adagolása fiziológiás hatású is (Baron, 1979). Előfordul, hogy a kukoricát különböző növényi eredetű fehérjeforrásokkal is kiegészítik. Ez elsősorban idősebb madarak tömésénél válik be, igy a máj tömegének növekedése intenzívebbé tehető (Nitsan et al., 1973). Ajánlott fehérje kiegészítőként tartják számon a ló- és szójababot, valamint a takarmányborsót (Sangjan et al., 2023).

Az intenzív hizlalás szürke landesi libák (**2. ábra**) esetében jellemzően 14 napig tart. Ezen időszak alatt a termelők 7 óránként tömik a madarakat. A tömést 160 g-os adaggal kezdik, majd a 7. nap végére, lépcsőzetesen emelve a dózist, eljutnak a 440 g-os porcióig. A tömés második fázisában már valamennyi adag 440 g-ot nyom. A tömés során a testtömeg gyarapodás átlagosan 1,85 és 2 kg közé tehető (Arroyo et al., 2013). A hízott májak tömege jellemzően 480–640 g.



2. ábra: Szürke landesi liba
(forrás: Internet 3)

Az intenzív hizlalás ideje alatt oltást, valamint gyógyszerkészítményeket nem kapnak az állatok, azonban a tömés ideje alatt probiotikumokat (*Lactobacillus* és *Streptoccocus* fajok, valamint savtűrő élesztők) és vitaminokat kevernek a termelők a libák ivóvízébe. Előbbire azért is van szükség, mert kutatások igazolták, hogy azok a libák, melyeknek bélmikroflórájában megtalálhatók olyan mikroorganizmusok, melyek képesek túlélni a gyomorban uralkodó rendkívül savas viszonyokat (pH=1,5) és átjutnak a vékonybélbe, sokkal nagyobb rezisztenciát mutatnak a betegségekkel szemben és növekedésük is kiegyensúlyozottabb (Ducatelle et al., 2023). A felhasznált probiotikum készítményekkel kapcsolatban fontos követelmény, hogy a mikroorganizmusok hőmérsékleti optimum tartománya megegyezzen a libák testhőmérsékletével, valamint hogy a készítményben található mikrobák képesek legyenek beépülni a bélflórába (Abd

El-Hack et al., 2020). Összességében kijelenthető, hogy ezen komplexek megkönnyítik az intenzív hízlalásnak kitett libák emésztését, egyúttal gátolják a *diarrhea* kialakulását, valamint a tömés során gyakran kialakuló gombás eredetű nyelőcső- és bélgyulladások megelőzésében is kiemelt szerepet töltenek be.

3.3. A máj elzsírosodása

A hízott máj előállításának biológiai alapja a májsejtekben bekövetkező intenzív triglicerid-felhalmozódás (Stevens & Hume, 2004). A tömés során a szervezetbe jutó nagy mennyiségű energia azonban nem kizárólag a májban hasznosulhat (Tabata et al., 1991), hanem a perifériás zsírraktárakban is lerakódhat (Kwiterovich, 2000). A hízott máj termelésének eredményességét ezért alapvetően az határozza meg, hogy a felvett tápanyagok milyen arányban járulnak hozzá a máj növekedéséhez, illetve milyen mértékben okoznak általános testi elzsírosodást (Holman & Surprenant, 1979).

3.3.1. A szénhidrát-anyagcsere szerepe a máj növekedésében

A tömés során alkalmazott takarmányok, különösen a kukorica, nagy mennyiségben tartalmaznak keményítőt (Krogdahl, 1985). Az emésztés során a poliszacharidok egyszerű szénhidrátokká – monoszacharidokká – hidrolizálódnak, amelyek felszívódásukat követően a portális keringés útján közvetlenül a májba jutnak (Remignon & Burgues, 2023). A máj elsődleges feladata ilyenkor a glikogénraktárak feltöltése, azonban azok telítődését követően a felesleges glükóz zsírsavakká és trigliceridekké alakul (Agius, 2015).

A szárnyas fajok anyagcseréjének egyik legfontosabb sajátossága, hogy a lipogenezis elsődleges helye a máj (Zhang et al., 2019), míg emlősökben ez a folyamat döntően a zsírszövetben zajlik (Kanungo et al., 2018). Ennek következtében a tömés során bevitt szénhidrátfelesleg jelentős része közvetlenül a májban alakul zsírrá (Kersten, 2014). A máj tömegének növekedését tehát elsősorban nem a takarmánnyal felvett zsír, hanem a szénhidrátokból újonnan – *de novo* – szintetizált trigliceridek felhalmozódása okozza (Alves-Bezerra & Cohen, 2018).

3.3.3. A triglicerid-akkumuláció jelentősége

A hízott máj kialakulásának alapvető feltétele, hogy a májban keletkező trigliceridek mennyisége meghaladja azok lebontásának vagy elszállításának ütemét (Pou et al., 2009; Janssen, 2024). Normál élettani körülmények között a májban szintetizált lipidek jelentős része nagyon kis sűrűségű lipoproteinek (VLDL) formájában kerül a vérkeringésbe és jut el a perifériás szövetekhez

(Birsoy et al., 2013). Tömés hatására azonban a triglicerid-termelés olyan mértékben fokozódik, hogy a máj lipid exportáló kapacitása elégtelenné válik (Pearce, 1977). A szintetizált zsírok egyre nagyobb hányada marad a májsejtekben, ahol triglicerid formájában felhalmozódik (Dashty, 2013). A máj tömegének növekedése közvetlenül e folyamat következménye.

3.3.4. A lipotróp anyagok szerepe

A májban képződő lipidek vérkeringésbe történő kijuttatásához megfelelő mennyiségű foszfolipidre és lipoproteinre van szükség (Goodman, 1965). E folyamatban kiemelt szerepet töltenek be a lipotróp hatású vegyületek, különösen a kolin, a lecitin, a metionin és a betain (Canty & Zeisel, 1994).

Amennyiben a takarmány kolintartalma alacsony, csökken a foszfolipid- és lipoprotein-képződés intenzitása (Fournier et al., 1997). Ennek következtében a májban szintetizált trigliceridek kisebb arányban tudnak eljutni a perifériás szövetekhez (Schneiter & Toulmay, 2007), így nagyobb mennyiségben maradnak vissza a májsejtekben (Feingold et al., 2012). A gyakorlatban ezért a kukorica kedvező alapanyag a hízott máj előállításában, mivel jelentős szénhidráttartalma mellett kolinban viszonylag szegény (Leveille et al., 1975; Saadoun & Leclercq, 1987).

3.3.5. A májsejtek alkalmazkodóképessége

A hízott máj termelésének további feltétele a májsejtek jelentős fokú alkalmazkodóképessége (Leclercq et al., 1984). A trigliceridek folyamatos felhalmozódása következtében a sejtek térfogata jelentősen megnő (Blesbois et al., 1999), ami csak akkor lehetséges, ha a sejtmembrán szerkezete képes alkalmazkodni a növekvő lipid terheléshez (Zhu et al., 2023).

A májtermelő típusú ludak esetében a májsejtek membránrendszere fokozott plaszticitással rendelkezik (Ashwell et al., 1999), így jelentős mennyiségű triglicerid felhalmozódását képes elviselni anélkül, hogy sejtkárosodás következne be (Hwa et al., 1997). Ez a tulajdonság genetikai hátterű, és fontos szerepet játszik a különböző fajták eltérő májtermelő képességében (Connor et al., 2011).

3.3.6. A hormonális szabályozás szerepe

A májban történő zsírfelhalmozódást számos hormon befolyásolja (Kong et al., 2004). Az inzulin fokozza a glükóz felvételét és elősegíti annak trigliceridekké történő átalakulását (Hermier

et al., 1999), ezáltal közvetlenül támogatja a lipogenezist (Zhang et al., 2022). A pajzsmirigyhormonok (trijódtironin (T3) és tiroxin (T4)) szintén jelentős hatást gyakorolnak az energiaforgalomra és a lipidanyagcserére (Dikkers & Tietge, 2010).

A szakirodalmi adatok arra utalnak, hogy az étvágyat és energiafelvételt szabályozó hormonok – különösen a ghrelin, a leptin és a pajzsmirigyhormonok – közvetetten szintén hozzájárulhatnak a máj elzsírosodásához (Kameda, 1995). Ezek a hormonok egyrészt fokozhatják a takarmányfelvételt, másrészt befolyásolhatják a lipogenezis és a zsírmobilizáció intenzitását (Mourot et al., 2000).

3.3.7. A testi elzsírosodást elősegítő folyamatok

A tömés során felvett energia nem kizárólag a májban raktározódik (Zaefarian et al., 2019). Amennyiben a szintetizált vagy felszívódott lipidek a vérkeringés útján eljutnak a perifériás szövetekhez, depózsír formájában a bőr alatti kötőszövetben, a hasüregben és egyéb zsírraktárakban halmozódnak fel (Yan et al., 2025).

Ezek a folyamatok a szervezet energia tartalékainak növelését szolgálják, és fiziológiás körülmények között fontos szerepet töltenek be az energiaháztartás fenntartásában (Saponaro et al., 2015). A hízott máj termelése szempontjából azonban kedvezőtlennek tekinthetők, mivel a többletenergia nem a máj tömegének növelésére fordítódik (Hurwitz et al., 1973).

A májkihozatalt növelő, valamint a testi elzsírosodást kiváltó folyamatokat az **1. táblázat** összegzi.

1. táblázat: A májkihozatalt növelő, valamint a testi elzsírosodást kiváltó folyamatok (Taouis et al., 1998; Nakazato et al., 2001)

Májkihozatalt növelő folyamatok	Testi elzsírosodást fokozó folyamatok
De novo lipogenezis a májban	Depózsír képződés
Triglicerid-akkumuláció a májsejtekben	Bőr alatti zsírraktározás
Alacsony kolin ellátás	Zsírszöveti triglicerid-raktározás
Csökkent VLDL-kiválasztás	Felesleges energia perifériás tárolása
Inzulin által fokozott lipogenezis	Általános testtömeg-gyarapodás
Pajzsmirigyhormonok által serkentett lipogenezis a májban	Zsírszövet növekedése

3.4. A hízott liba vágástechnológiája

Valamennyi baromfifaj közül a lúd az, amelynek tenyésztésében és tartásában a legnagyobb a munkamegosztás. Rendkívül gyakori, hogy más gazdaság foglalkozik a törzstartással, a keltetéssel, valamint a májlibák nevelésével. A hízott liba – függetlenül attól, hogy egész évben elérhető – azon baromfifajok közé tartozik, amelyeknél a szezonális jelleget nem lehet teljesen kiküszöbölni, azonban a termelési szezon hosszát sikerült jelentősen meghosszabbítani. A hízottliba-tenyésztés az év hűvösebb szakaszaira esik, mivel az intenzív tömésnek kitett libák a nagy meleget kevésbé bírják. A hízott libák minden része értékesíthető, a tollától a májáig, ezért a libák átvételekor nagyon körültekintően kell eljárni:

„A hízott liba 8 hétnél idősebb, töméssel hizlalt, egészséges, száraz, teljes tollazatú (nem csupasz hasú), ép végtagú, teljesen hízott, telt hasú, az egész törzsön egy centiméternél vastagabb zsírlerakódással, jól tapintható szárny alatti zsírpárnával."

Az átvételi ár száraz tollazatú és üres begyű – az átvétel előtt legalább hat órán át koplaltatott – hízott libára vonatkozik. A leggyakrabban előforduló hibák, amiket az átvételkor figyelni kell, a következők:

- Felfekvések a hason: A helytelen almozás következménye. A liba hasáról lekopik a toll, csévéje azonban a bőrben marad, amelynek eltávolítása szinte lehetetlen. A tollcsévék alatt a bőr barnára színeződik.
- Átázott, ragacsos tollazat: Ilyen esetben a toll nem teljes értékű.
- Különböző sérülések: A leggyakoribb sérülés a karmolásból származik, amelyet átvételkor nehéz észrevenni, a kopasztás után tűnik ki élesen. Sérülést tud okozni a helytelen rakodás és szállítás is.

Az alkalmazott vágóhídi technológia lépései a következők:

Beszállítás, átvétel

A hízott libák kezelése nagy odafigyelést igényel. Gondosan kell berakni a szállítóketrecbe, mert könnyen megsérülhet. Ilyen esetben a testen feldolgozás után karmolások, bevérzések láthatók, erős ütődés esetén a máj bevérzése is előfordulhat. Konténeres szállítás esetén egy rekeszben három liba helyezhető el. A libák állapotát folyamatosan ellenőrizni kell, mert nehezen bírják a szállítást.

A hízott madarak vágóhídra történő beszállítását követően rövid időn belül sor kerül a vágásra. Minthogy a hazai szabályozás nem rendelkezik a vágást megelőzően alkalmazandó pihentetésről, napjainkban jellemzően már nem része az ipari gyakorlatnak a hosszú pihentetés. Igazolást nyert ugyanis, hogy a rövid ideig tartó ketreces pihentetés után vágott hízott libák, a hosszabb ideig pihentetett példányokhoz hasonlóan, megfelelően elvéreztethetők (Kozák, 2021). A szállító járműről történő leszedést követően, a ketrecből történő vágás tökéletesen kivitelezhető.

Nagy vágóállatok esetében – borjú, szarvasmarha, sertés, juh – alkalmazott módszer, a pihentetés során kivitelezett itatás, melynek célja a szállítás okozta stressz csökkentése, az állatok nyugalomban tartása, valamint a vese működésben tartása és az ammónia mennyiségének csökkentése (Álvarez et al., 2009). Hízott libák esetében, a pihentetési fázis hiányának okán, nem kerül sor itatásra, azonban a nagy vágóállatokkal analóg módon, vélelmezhetően a szárnyasok esetében is fennáll az itatás pozitív hatása.

A vágást megelőzően a madarak tömegét mérik, valamint sor kerül állat egészségügyi vizsgálatra is. A feldolgozó telephelyére szállított hízott libákat, a vágás kezdetéig, árnyékos és jól szellőző helyen tárolják. A libák feldolgozását speciálisan erre a célra kialakított pályán végzik. Hízott liba esetében a konvejorpálya horogosztása, a libák testmérete miatt, nagyobb.

Függesztés

A függesztés jellemzően a görgős pályán haladó ketrecekből történik. A hízott libákat nagy körültekintéssel kell kiemelni a szállító ketrecekből, mert könnyen megsérülhetnek. A kiemelés során a libák mindkét szárnyát fogva a testhez szorítják, hogy ne tudjon csapkodni, majd sor kerül a függesztésre. Ezt követően szárnycsavarást végeznek a dolgozók.

Kábítás

Európai Uniós viszonylatban a 1099/2009 EK rendelet, hazai viszonylatban az 1998. évi XXVIII. törvény rendelkezik az állatok védelméről és kíméletéről. A szabályozás egyértelműen kijelenti, hogy az állatoknak tilos indokolatlan vagy elkerülhető fájdalmat, szenvedést vagy sérülést okozni, az állatokat károsítani. Az állatok életének kioltása csak és kizárólag kábítás után történhet. Kivételt képez ez alól, a törvény 19. §-ának ’d’ pontjában foglalt rituális (kóser vagy halal) vágás. Ez lehetővé teszi, hogy vallási előírások miatt az állatokat kábítás nélkül vágják le, azonban ezekben az esetekben is gondoskodni kell arról, hogy az állatok életének kioltása szakszerű gyorsasággal és a legkisebb szenvedéssel járjon.

Hízott libák vágásakor folyadékos, elektromos kábítást alkalmaznak. A kábítási feszültség 90–110 V. Ali et al. (2007) publikációjának értelmében a kisebb feszültségtartományban (53–63 V) végrehajtott kábítás nemcsak a kivérzés hatékonyságát javítja, hanem csökkenti a csonttörés bekövetkezésének lehetőségét is. Magasfeszültség (193 V) alkalmazása viszont pontbevérzésekhez vezet, elsősorban a szárnyvégeken, és a nagymértékű izomösszerándulásból fakadóan növeli a csonttörés esélyét.

Szárny- és faroktolltépés

Napjainkban jellemzően nem alkalmazott technológiai lépésről van szó. Korábban a toll nagy értéke miatt volt szükség a testtájankénti elkülönített kopasztásra, melyet félautomata csavartgumis evezőtolltépő géppel hajtottak végre. A művelet könnyen elvégezhető volt, ugyanis a kábítás hatására a tollakat visszatartó izmok elernyedt állapotba kerültek.

Vágás

A vágás megfelelően élezett késsel, a nyaki artériák és vénák átvágásával történik.

Véreztetés

A hízott liba mája nagy értéket képvisel, ezért kiemelten fontos a megfelelő kivérzés biztosítása. A hiányosan elvégzett véreztetés a szárnyasból kinyert testrészek gyors romlásához vezet, ráadásul degusztáló hatása is van. A kivérzés optimális ideje 1,5-3 perc (Osborne et al., 2023).

Forrázás

A forrázásra bukógátas forrázókádban kerül sor. A forrázóvíz hőfoka 64–68°C. A fejen és a nyakon a tollvisszatartó erő nagyobb, ezért szükség van egy 75–78°C közötti forrázásra is, melynek időtartama nagyjából 20 másodperc. A gáton átömlő víz biztosítja a levágott libák testének megfelelő merülését. A libák tollazata meglehetősen tömör, ezért a gyenge vízáramlás csak a felső tollréteg átázását eredményezné, a bőrfelületen száraz maradna. A száraz toll meglehetősen jó hőszigetelő, így a tüszők elernyesztésének mértéke jelentősen romlana. A tollvisszatartó erő lehető legnagyobb mértékű csökkentése a gépi kopasztás miatt különösen fontos. A forrázásnak a kopasztás szempontjából van kiemelt jelentősége, ugyanis a hízott libák bőre rendkívül érzékeny, a nagy erőbehatást a felület sérülése miatt kerülni kell. A túlzottan nagy hőmérsékleten végrehajtott forrázás a bőr rugalmasságának csökkenéséhez vezethet, égési sérüléseket okozhat és kihozatali veszteség formájában is megnyilvánulhat, ugyanis a bőr alatt

deponálódott zsír elfolyósodását eredményezheti (Zhuang et al., 2013). A forrázás ideje 2,5–3 perc.

Kopasztás

Fej- és nyakkopasztás

A feji és nyaki részek kopasztását speciális nyakkopasztógép végzi. A berendezésben, hasonlóan a testkopasztó gépekhez, két munkahenger található. A munkahengerek egymással szemben forognak, az alkalmazott gumiujjak pedig megegyeznek a testkopasztógép gumiujjaival, azonban jóval rövidebbek. Amennyiben a testeket nagy teljesítményű tárcsás kopasztógépekkel tolltalanítják, abban az estben nincs szükség külön fej- és nyakkopasztásra.

Gépi testkopasztás

A hízott liba bőre meglehetősen érzékeny, erőteljes igénybevételnek nem tehető ki, éppen ezért a gumiujjas kopasztógép csak kis fordulatszámon működtethető, ami azonban nem eredményez tökéletes kopasztást. Nagy igénybevétel esetén a bőr felülete könnyedén zsírosodik, kenődik, de a bőr szakadása is előfordulhat. A toll eltávolítás szempontjából a dörzshatás alapján működő berendezések a legmegfelelőbbek. Napjainkban jellemzően nagy teljesítményre képes tárcsás kopasztógépeket alkalmaznak. Az esetek többségében két gép egymást követő alkalmazása eredményez megfelelő kopasztást. Az első az úgynevezett előkopasztó gép, a második gép a „finiselő".

Kézi utókopasztás

A gépi kopasztás után visszamaradt tollmaradványokat, tollakat kézzel szükséges eltávolítani. Hízott liba esetében ennek a lépésnek kiemelt jelentősége van, ugyanis a gépi kopasztás során erőteljes igénybevételnek nem lehet kitenni a madarak testét, ezért a tollak egy része nem távolítható el gépi úton.

Gyártásközi minőségellenőrzés (MEO)

A minőségellenőr folyamatosan ellenőrzi a kézi utókopasztók munkáját, és a nem megfelelően kopasztott libákat visszaküldi az utókopasztást végző dolgozóknak.

Paraffinozás

Vízibaromfik feldolgozása során alkalmazott lépés a paraffinozás, ami jelentősen növeli a testtisztítás hatékonyságát. Célja a ki nem fejlődött tokok, pihék és apró tollak eltávolítása. A lépés során a baromfit olvasztott paraffinba mártják, ezt követően a rátapadt vékony réteget hűtéssel

megdermesztik, ezáltal a tokok, pihék és apró tollak a paraffinba ragadnak. A keménnyé dermedt paraffin eltávolítása után ezek a tollak a gyűjtőcsatornába kerülnek.

Az alkalmazott keverék viaszszerű anyag, ami alacsony olvadás- és dermedéspontú, gyorsan szárad. A baromfi testén képződött réteg a megkeményedést követően törékeny, nem ragacsos és nem kenődik. A bőrt nem színezi, a húsnak nem lesz tőle kellemetlen szaga és az egészégre ártalmatlan. Legfontosabb tulajdonsága a kiváló tapadóképesség.

A paraffinozást jellemzően 52–54°C-on végzik, azonban ez a hőfok bizonyos esetekben jóval magasabb. A paraffinozás előtt a baromfi testeket nem szabad megmosni, mert a víz gátolja a keverék testhez való tapadását.

Lábvágás

A feketeövezet utolsó lépése a lábak eltávolítása, melyet automata lábvágó berendezés végez. Ezt követően a testek egy szállítószalag vagy csúszda segítségével a zsigerelőhelység függesztőszakaszához érkeznek.

Függesztés

A feldolgozástechnológia következő lépéseinek könnyebb elvégezhetősége miatt érdemes a fejre függeszteni.

Nyakbőrfelvágás

A horogba fejjel függesztett libák nyakának elülső részét a vállszeglettől kiindulva a fej irányában felhasítják, ezt követően pedig közvetlenül az áll alatt elvágják a nyakbőrt. A lég- és nyelőcsövet szintén átvágják, majd a körülvágott nyakbőrt a liba melléig lehúzzák.

Légcső eltávolítás

A liba nyakától eltávolított légcsövet a vállszeglet alatt késsel elvágják, majd kiemelik.

Testmosás

A testmosógépben található gumikorbácsok és a zuhanyzóvíz eltávolítják a perzselés utáni pörköket, valamint a testen található egyéb szennyeződéseket.

Formázás

A szétálló lábcsontokat még melegen, az előhűtést megelőzően érdemes összehúzni, így a test formája kedvezőbb lesz.

Ültetőkocsira helyezés

A hízott libát folyadékos előhűtéssel nem lehet a bontás szempontjából ideális hőfokra (+4–6°C) lehűteni a bőr alatt található vastag zsírréteg miatt, ezért légcirkulációs előhűtést alkalmaznak az előállítók.

Előhűtés

A hízott libák zsigerelésére előhűtést követően kerül sor, miután a testek maghőmérséklete elérte a +4–6°C-ot. Előhűtés nélküli bontás jellemzően nem történik, mert a máj meleg állapotban rendkívül sérülékeny. A hűtést légcirkulációs alagútban végzik. Az alagút teljesítményétől függően egy vagy két műszakos eltolódással követheti csak a zsigerelés a vágási és kopasztási műveleteket. Az alagút hőmérséklete 0 – (–2°C), amelyben a hízott libákat 6–8 órán át kell tartani ahhoz, hogy a testek maghőmérséklet elérje a +4–6°C-ot. Az előhűtési idő lerövidítése nem lehetséges, mert fennáll a minőségromlás kockázata, és jelentős mértékű veszteséghez vezethet. A megfelelően kivitelezett előhűtés kulcsfontosságú a hízott máj minőségének szempontjából. A túl lassan végbemenő hőmérsékletcsökkenés eredményeként fülledés következhet be.

A fülledés nem bakteriális tevékenység következménye, hanem kémiai folyamat eredményeképpen alakul ki, és szabálytalanul lefolyó érési folyamatot jelent (András & Jenő, 2011). Fülledés esetén kezdetben színelváltozás (zöldes-szürke), majd záptojásszag tapasztalható.

Zsigerelés

A tömés következtében elzsírosodó hízott libamáj megközelítőleg 50%-a lipidekből épül fel, a test hőmérsékletén (40-41°C) képlékeny és érzékeny a mechanikai behatásokra. Éppen ezért, a sérülések elkerülése érdekében, előhűtést követően (+4–6°C) bontják a hizlalt libákat. Hűtés alkalmazása nélkül a libák zsiradéka, különös tekintettel a bélzsiradékra, rendkívül könnyen olvad, folyékony halmazállapotúvá válik és a bontási folyamat során elcsepeg. Ezen okokból kifolyólag, hízott libák esetében, csak ritkán alkalmazott technológia a lábvágást követően azonnal végrehajtott zsigerelés, az úgynevezett melegbontás.

Az előhűtés alkalmazása nélkül végrehajtott zsigerelés hízott kacsák esetében gyakori, ugyanis a kacsamáj kisebb, szerkezete különbözik a libáétól, ráadásul az előállítása jóval nagyobb volumenben történik, ezért a gyors feldolgozás jobban is illeszkedik a technológiához. Melegbontás alkalmazása esetén mechanikai sérülést szenvedhet a hízott máj, azonban ebben az esetben nincs kitéve az előhűtési fázis során, a testben *post mortem* lejátszódó folyamatoknak, amelyek hátrányosan befolyásolhatják a termék minőségét (Szabó et al., 2014).

A hidegbontási technológia alkalmazásakor (+4–6°C-on) a libák teste még nem dermed meg olyan mértékben, hogy az hátrányosan hatna a hatékony munkavégzésre, azonban a zsír olvadása már nem jelent problémát.

Túlhűtés esetén az áru megfagyhat, ami jelentősen megnehezíti a zsigerelést. A máj minőségének szempontjából szintén kerülendő a túlzott mértékű hűtés, ugyanis a máj sejtjeiben található víz fagyása során keletkező jégkristályok a sejtfalakat roncsolják (Zhu et al., 2025). Ha mégis megfagyna a test, akkor szükséges felengedtetni a bontás megkezdése előtt.

A bontás során a terem hőmérséklete nem haladhatja meg a +10°C-ot. A megfelelő üzemi higiénia betartásának különösen nagy figyelmet kell szentelni, ugyanis a mikrobiális eredetű szennyeződések nagymértékben ronthatják nemcsak a hízott máj, hanem valamennyi testrész minőségét (Lichtner et al., 2024).

Bontópályára függesztés

A bontási folyamat első lépése, hogy a megfelelően előhűtött hízott libákat a zsigerelőpálya speciális kialakítású horgaiba függesztik a dolgozók. A testek a szárnyuknál fogva kerülnek függesztésre úgy, hogy test hasi része a dolgozók irányában álljon. Rendkívül fontos a megfelelő rögzítés, ezért a liba nyakát a horog felső részén található függesztékbe kell rögzíteni, hogy a bontás zavartalanul haladjon.

A hasfal felvágása

A konvejor pályára függesztett hízott libákat a dolgozók az egyik kezükkel, a hát irányából megtámasztják, majd a másik kezükkel, egy megfelelően éles késsel, felvágják a libák hasát. A lépés során kiemelt figyelmet kell fordítani a belek és a máj épségére.

A hashártya elválasztása a hashájtól

A hasfal felvágását követő lépés a hashártya és a hasháj kézzel történő szeparálása annak érdekében, hogy béltraktus könnyebben eltávolíthatóvá váljon.

A bélrendszer eltávolítása

A bélrendszer eltávolítása szintén kézi erővel, a végbélnyílás irányából történik.

A hasháj eltávolítása

A gasztrointesztinális traktus kiemelése után kerül sor a hasháj eltávolítására.

A zúza kiemelése

A zúzát, a bélrendszerhez hasonlóan, szintén manuális úton távolítják el a dolgozók a mirigyes gyomorral és nyelőcsővel együtt.

A máj és a szív kivétele

A máj kiemelését megelőzően a májat körülvevő hártya folytonosságát meg kell szakítani, majd a máj és szív kapcsolódási pontját szétválasztva kell kiemelni a testüregből a májat. Ez a művelet nagy odafigyelést és precizitást kíván, hogy a máj sérülését elkerüljék. Az eltávolított májat az epés részével felfelé helyezi alumínium tálcára a feldolgozást végző személy. Ezt követően kerülhet sor a szív kiemelésére és a gégemaradvány eltávolítására.

A tüdő eltávolítása

A mellhártya felszakítása után kézzel távolítják el a hízott liba tüdejét.

Nyaklevágás

A nyakat pneumatikusan működtetett ollóval, a váll magasságának szintjében, kell levágni.

Ellenőrzés

Az ellenőrzés célja, hogy meggyőződjenek arról, hogy a zsigerelés a hatályban lévő gyártási protokollnak megfelelően történt-e. Az esetlegesen visszamaradt zsigermaradványokat el kell távolítani.

A hízott liba bontási termékeinek feldolgozása

A bontási termékek a következők:

- zúza
- szív
- bélháj, hasháj
- máj

A libazúza tisztítása

A tisztítási folyamat során eltávolítják a zúzát körülvevő zsírréteget, majd a mirigyes gyomrot. Ezután késsel bemetszést ejtenek a zúzán, félig átvágják azt és a beltartalmat kimossák, végül pedig eltávolítják a recehártyát is.

A libaszív tisztítása

A szívről a hártyákat lefejtik, a vérrögöket és az egyéb szennyeződéseket ivóvíz minőségi vízzel lemossák.

A bél- és hasháj tisztítása

A háj bélrendszerről történő lefejtése kézi erővel valósul meg, odafigyelve a bél szakadásának megelőzésére. A hasnyálmirigyet külön, az erre a célra rendszeresített edényben kell gyűjteni. A különböző részeket bő vízzel kell megtisztítani.

A feldolgozástechnológia kiemelt lépései, hipotézisem értelmében, összefüggésben állhatnak a hízott libamáj felületén kialakuló zöld színelváltozással. A kábítás, a vágás, valamint a véreztetés egyaránt hatást gyakorolhatnak a májban visszamaradó vér mennyiségére. A nagyobb mennyiségben visszamaradt vér pedig, az üzemi dolgozók megfigyeléseinek értelmében, nagyobb arányban eredményez zöldült májat. Az előhűtés, valamint a hűtéssel összefüggő zsigerelési technológia, a testben *post mortem* lejátszódó folyamatok szempontjából bírhat kiemelt jelentőséggel, ezáltal hatást gyakorolva a hízott máj minőségére.

3.5. A baromfifeldolgozó ágazat legértékesebb terméke: a hízott libamáj

A libamáj egyértelműen a baromfifeldolgozó ágazat legértékesebb terméke. A tömés során valamennyi állat májában létrejön a zsiradékok akkumulációja (Janan et al., 2005), azonban egyik esetben sem olyan mértékű a jelenség, mint a liba májának esetében. Rendkívül nagy előnye a libamájnak, hogy az elkészítés során a zsír jelentős része nem sül ki belőle. Értéke elsősorban kulináris szempontól kiemelkedő, a benne rejlő íz- és zamatanyagok miatt keresett termék (Kozák, 2021).

A kiemelést követően a májat külön helyiségben, a szükséges higiénia feltételeknek megfelelően kell kezelni. Az érett máj nagyon érzékeny, könnyen szakad, törik, ezért nagy odafigyeléssel kell bánni vele, az esetlegesen bekövetkező sérülések rontják az eladhatóságát (Gerzilov et al., 2020). A májat a zsigerelést követően azonnal meg kell tisztítani, a felületén található zsiradékot el kell távolítani, az epehólyagot le kell választani, valamint a véres szennyeződéseket szükséges lemosni, ugyanis azok rövid idő alatt is elszíneződésekhez kialakulásához vezethetnek.

Az epehólyag eltávolítása nagy figyelmet igényel, mert a máj felületére jutó epe a májat szennyezi, elszínezi és keserűvé teszi (Çıraklı & Kuloğlu, 2024). A látható ereket, hibás részeket,

véraláfutásokat egy éles kés segítségével kell eltávolítani. A máj két lebenye között megtapadó zsírdarabkákat szintén szükséges a májról leválasztani, mert akár néhány órán belül a termék nem kívánatos elszíneződéséhez vezethet a jelenlétük.

3.6. Osztályozás

A bontást követően egyből sor kerül az osztályozásra, melynek során csak olyan libamájat szabad minősíteni, amelyet az állatorvosi ellenőrzés alkalmával emberi fogyasztásra alkalmasnak talált hízott libából termeltek ki.

A minősítés szaktudást és nagy gyakorlatot igényel. A hízott májakat egyenként osztályozzák, a lebenyeket ketté nyitják és ellenőrzik, hogy nem következett-e be fülledés, színelváltozás, nem alakult-e ki zsírmáj. Kézzel kitapintják, hogy van-e a májon belső vérzésre utaló nyom, majd ezt követően a termék tömege, érettsége, színe és anyagának minősége alapján minősítik és osztályozzák azt. A zsírtartalmat elsősorban a színből és tapintásból állapítják meg.

A minősítés folyamatát az MSZ 5897 szabvány írja le.

Minőségi osztályok:

- I. osztályú máj: 460 gramm feletti tömegű, egyenletesen sárgás színezetű, puha, enyhén rugalmas tapintású májak kerülhetnek ebbe a kategóriába. A törési felületről zsír nem szivároghat. 5%-ban megengedhető 5 mm-nél nem mélyebb és 5 cm-nél nem hosszabb tok- és állományszakadás.
- II. osztályú máj: 360 gramm feletti tömegű májak kerülhetnek ebbe a minőségi osztályba, melyekre igazak az I. osztályú májakkal szemben támasztott egyéb minőségi követelmények, azzal a kitétellel, hogy a felületen kisebb vérfoltok és szakadások előfordulhatnak.
- III. osztályú máj: 260 gramm feletti tömegű májak sorolhatók ebbe az osztályba, melyeknek állománya tömöttebb, kissé szívós, színük pedig sötétebb árnyalatú, mint a II. osztályú májaknak. A felületen bevérzés vagy kisebb színfoltok jelenléte megengedett.
- IV. osztályú máj (világos máj): Ebbe a minőségi osztályba tartoznak azok az előző három osztályba nem sorolható világos, krémszínű májak.
- V. osztályú máj (sötét máj): Ebbe a kategóriába kell sorolni azokat a májakat, melyek nem felelnek meg az előző négy kategória feltételeinek sem tömegük, sem pedig minőségük alapján. Színük sötétbarna.

A hízott libamáj minőségét a zsíreloszlás is befolyásolja. Legfeljebb III. osztályba sorolható a „zsírmáj”, melynek zsírtartalma és tömege ugyan eléri, bizonyos esetekben akár meg is haladhatja az I. osztályú májét, azonban a zsiradék deponálódása közel sem homogén. Zsírmáj esetében a zsír nem egyenletesen a máj sejtjeiben rakódik le és épül be, hanem a sejtek közötti térben gyülemlik fel, ezért az állomány esetleges sérülése esetén a törési felületről szivárog a zsír. Ezen máj zsírtartalma jelentősen csökken a sütés során és akár harmadára is zsugorodhat az elkészítés végére.

3.7. A máj minőségi hibái

A máj gyakori hibái:

- Sérült máj
- A sérülés származhat a bontási folyamat során nem megfelelően kivitelezett kiemelésből. A minőségi hiba megnyilvánulhat tok- vagy állományszakadás formájában. Előfordulhatnak zúzódások, melyeket még élő állapotában, külső mechanikai behatás eredményeképpen, szenvedett el a liba. Ilyen esetekben a bevérzés is gyakori. Ezek a májak csak alacsonyabb minőségi osztályba sorolhatók.
- Fagyott máj
- A fagyott májra jellemző az élénkebb sárga színezet és rendkívül törékeny. A felengedtetést követően az állománya erősen fellazult, lágy és morzsalékos. Az ilyen máj nem sorolható az I. és II. minőségi kategóriába.
- Elszíneződött máj
- Foltok, szürke vagy zöldes színű elváltozások jelennek meg a máj felületén. Amennyiben a jelenség csak a májszárnyakat alsó falát érinti, akkor az a béltraktussal történő érintkezés eredményeként alakulhatott ki. A két lebeny között tapasztalható nem kívánatos színelváltozásért a feldolgozási folyamat során el nem távolított zsírdarabkák felelősek.

3.8. A hízott libamáj zöldülése

A hízott libamáj felületi zöld színelváltozása régóta ismert jelenség, közel hét évtizeddel ezelőtt is jelent meg tudományos tanulmány a témával kapcsolatban.

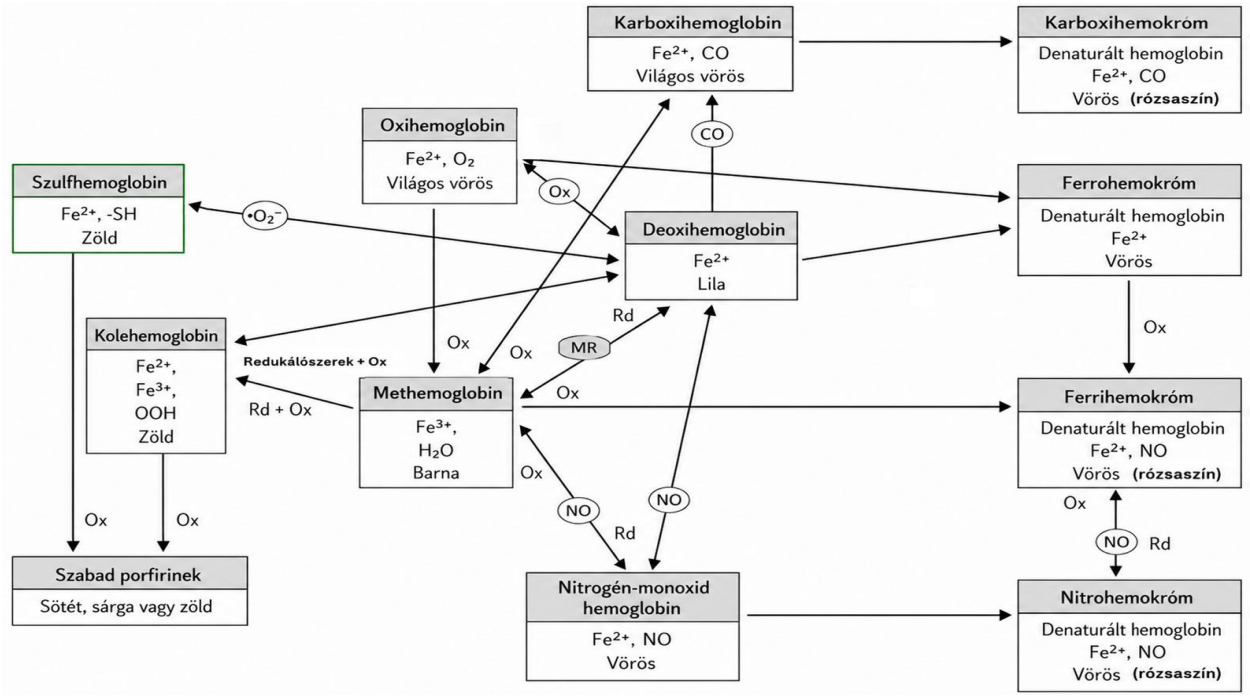
Barnes & Shrimpton (1957) arról számolt be, hogy a hízott libák vágását követően, hosszabb ideig el nem távolított emésztőrendszerből a hidrogén-szulfid a béltraktus érhálózatán keresztül

diffundál és a test számos részébe eljut. Nicol et al. (1970) megállapították, hogy a szulfhemoglobin kialakuláshoz több tényező együttes fennállására van szükség. Ezek közé a faktorok közé tartozik a kénhidrogén, valamint a vörösvértestekben található oxigéntranszportért felelős fehérje, a hemoglobin jelenléte és a környezet alacsony oxigéntenziója.

Derbas et al. (2017) munkásságának értelmében a szulfhemoglobin képződésének első lépése, a hemoglobin hem részegységében központi elemként álló két vegyértékű vas oxidációja (Fe^{2+} → Fe^{3+}). Ezt követi a kéntartalmú csoport hemoglobin molekulához történő kapcsolódása.

Szabó et al. (2012) kifejezetten a hízott libamáj zöldülésével kapcsolatban folytatták kutatásukat. Eredményeik alapján kijelenthető, hogy az emberi egészségre ugyan ártalmatlan, de egyáltalán nemkívánatos színhibát a szulfhemoglobin jelenléte indukálhatja.

A hemoglobinhoz formák közötti átalakulásokat az **3. ábra** mutatja be.



3. ábra: Az interkonverzió fő útjai a hemoglobin különböző formái között (Hui, 2012)

Szabó et al. (2014) a hízott libamájakat vákuumcsomagolt formában lefagyasztották majd 24 órán keresztül –20°C-on tárolták. A tárolási idő elteltével felületi zöldülést tapasztaltak, azonban a termékek defrosztálását és a vákuumtasakok felbontását követően a zöld színelváltozás teljesen megszűnt, tehát a folyamat reverzibilis volt. Publikációjukban arról tettek említést, hogy a jelenség hátterében a hemoglobin szulfatációja állhat, mely hidrogén-szulfid jelenlétében lehetséges. Összesen 35 darab mintát vizsgáltak, és hidrogén-szulfid termelő baktériumtörzseket próbáltak azonosítani, azonban a telepképző egységek száma minden esetben a kimutathatósági határ alatt

maradt. Hipotézisük érelmében a hidegbontás adhat magyarázatot a szulfatációs folyamatra. A zsigerelést megelőző előhűtési fázis alatt az emésztőtraktusból a májba jutó hidrogén-szulfid okozhatja a hemoglobin átalakulását, amennyiben a terméket körülvevő közeg kellőképpen szegény oxigénben.

3.9. Mikrobiológiai eredetű zöldülés

A húskészítmények felületén megjelenő, mikrobiológiai eredetű okokra visszavezethető zöld színelváltozás visszatérő probléma az iparági szereplők számára. A nemkívánatos jelenség hátterében jellemzően a feldolgozás során tapasztalható nem megfelelő higiéniai körülmények állnak, azonban a zöldülés pontos mechanizmusa nem ismert. A probléma általában az anaerob környezetben tárolt, majd az oxigénnek kitett készítmények esetében jelentkezik, ezáltal az esetek többségében a fogyasztók számára, a csomagolás felbontását megelőzően nem észlelhető (Grant et al., 1988).

Piettre (1912) már a 20. század kezdetén megállapította, hogy a zöld rothadás meglehetősen gyakori probléma húsok esetében. Arra a következtetésre jutott, hogy az elváltozás a hemoglobin szerkezetében bekövetkező módosulásnak tudható be. Továbbá leírta, hogy a zöldülés megjelenése bakteriális okokra vezethető vissza, és a hús fehérjéinek bontásakor keletkező kéntartalmú vegyület, a hidrogén-szulfid, is szükséges az elszíneződés megjelenéséhez.

Pennington & Sherwood, (1922a) publikációjukban arról tettek említést, hogy a baromfihús felületén megjelenő, egyértelműen degusztáló hatású, színhiba oka a bakteriális eredetű hidrogén-szulfid termelésben keresendő. A következő évtized végén Nickerson et al.. (1939) arra a következtetésre jutottak, hogy a zöld pigment, amely felelős a nem kívánatos felületi színelváltozásért, a hús színét adó mioglobin szulfatált formája, a szulfmioglobin.

Niven et al. (1954) megállapították, hogy az érlelt hús pigmentjei oxidáció révén alakulnak zölddé, és elsősorban a kataláznegatív, pszichrotróf és halotróf mikroorganizmusok felelősek a folyamat bekövetkezéséért. Szükség van továbbá arra is, hogy az adott mikroba a hidrogén-peroxid akkumulációja mellett legyen képes a húskészítményekben megtalálható szubsztrátumok hasznosítására (Evans & Niven, 1951). Megállapítást nyert az is, miszerint a zöldülésért felelős mikroorganizmusoknak meglehetősen szokatlan tápanyaigényük van (Deibel & Niven, 1955), valamint széles spektrumban mutatnak nagyfokú rezisztenciát a hővel szemben (Niven et al., 1954).

Milbourne (1983) publikációjának értelmében a hőkezelt sonka esetében alkalmazott hagyományos idő-hőmérséklet kombinációjú termikus behatás nem elegendő a *Lactobacillus viridescens* elpusztításához, ugyanis a heterofermentatív baktérium képes alkalmazkodni a feldolgozóiparban uralkodó körülményekhez, rezisztensé válik a hagyományos hőkezelési metódusokkal szemben és túléli a hőközlésen alapuló tartósító eljárást, majd zöldülést idéz elő. Nicol et al., (1970) 1 és 2°C között tárolt marhahússal végeztek kísérleteket. Mind a vákuumcsomagolt, mind a módosított atmoszférás csomagolásban elhelyezett húsok esetében tapasztaltak zöldülést. A pigmentet spektrofotometriás úton szulfmioglobinként azonosították, és a kénhidrogén termelésre képes *Pseudomonas* nemzetség képviselőit (*Pseudomonas mephitica, Pseudomonas aeruginosa, Pseudomonas putrefaciens)* hozták összefüggésbe a jelenség kialakulásával.

Peirson et al., (2003) három, az alkalikus körülményeket jól tűrő tejsavbaktérium fajt izoláltak zöldre elszíneződött vörösáruk felületéről, valamint a terméket előállító üzemből egyaránt. A *Weissella viridescens ATCC 12706,* az *Aerococcus viridans* és a *Carnobacterium viridans* hűtött körülmények között 4 és 9°C-on, vákuumcsomagolásban is tudtak szaporodni. Megállapítást nyert, hogy a vörösáruk összetétele, valamint az egyes mikrobák is különböző mértékben járultak hozzá a színelváltozás kialakulásához.

3.10. Epe eredetű zöldülés

Az epe egy fiziológiás oldat, melyet a májsejtek termelnek és az epevezetékeket bélelő kolangiociták módosítanak. Elsősorban epesavakból, koleszterinből, foszfolipidekből, elektrolitokból, konjugált bilirubinból és vízből áll (Boyer, 2020).

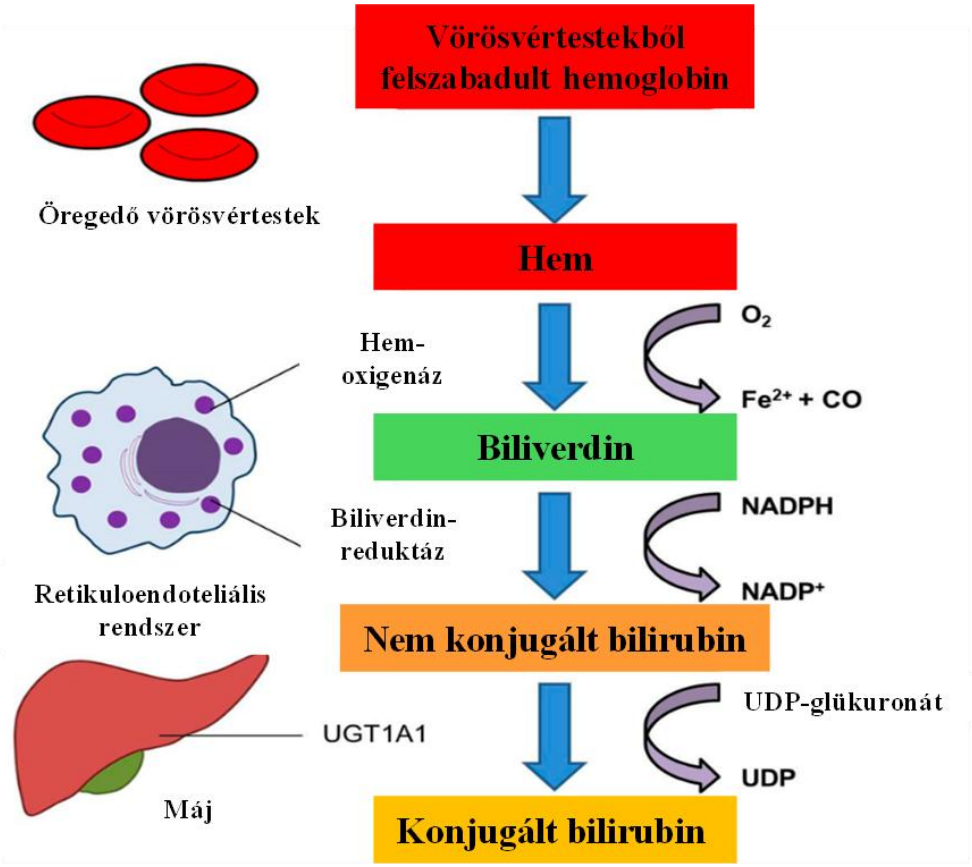
Az epe a májban, az aktív transzportrendszereknek köszönhetően, csatornákon keresztül áramlik, végül pedig a közös epevezetéken keresztül hagyja el szervet. Ezt követően az epehólyagba irányába halad, ahol feldúsul és tárolódik. Az epe epehólyagból történő ürítése hormonális irányítás alatt (Hagey et al., 2010). A kolecisztokinin (CCK) által kiváltott stimulus hatására a hólyag összehúzódik, ezáltal az epe a cisztás vezetéken keresztül a közös epevezetékbe tolódik. Ezzel egy időben az Oddi-záróizom elernyed, így lehetővé válik az epe bejutása a nyombél belsejébe.

A folyamat során fontos szerepet tölt be a szekretin is, azáltal hogy az epe- és hasnyálmirigy-duktuláris sejteket serkenti a bikarbonát és a víz szekréciójára, hatékonyan megnöveli a nyombélbe áramló epe volumenét (Jones et al., 2025; Hild et al., 2021). Az epesavak a vékonybél érve segítik

a lipidek emésztését és abszorpcióját. Ezeknek az epesavaknak megközelítőleg mindössze 5%-a ürül ki végül, ugyanis a döntő hányada hatékonyan visszaszívódik a vékonybélből, kiválasztásra kerül a portális vénás keringésbe, és enterohepatikus recirkuláció révén visszaáramlik a májba (Baiocchi et al., 2021; Browning et al., 2019). A napi székletürítés során fellépő epesavvesztés nem haladja meg a teljes készlet 20%-át.

Az epesavak a fokozott vízoldhatóság ellenére összességében amfipatikus molekulák. Ez a tulajdonság teszi lehetővé, hogy effektíven emulgeálják a lipideket és micellákat formáljanak a lipid metabolizmus termékeivel (Hofmann et al., 2008).

A hemoglobin bomlási folyamatát a **4. ábra** mutatja be.



4. ábra: A hemoglobin bomlási folyamata
(Tsai et al., 2018)

A bilirubin a hem bomlásterméke. Minden egyes nap megközelítőleg 4 mg/testtömeg kg bilirubin képződik, melynek közel 80%-a a hemoglobin katabolizmusból származik az öregedő vörösvértestekben és a csontvelő idő előtt elpusztult eritroid sejtjeiben (Vitek & Ostrow, 2009). A fennmaradó rész a hemoproteinek, úgymint a mioglobin és a citokrómok, bomlásának eredményeként keletkezik. A bilirubin metabolizmus kezdeti lépései a retikuloendoteliális

sejtekben, elsősorban a lépben zajlanak. A hem a mikroszomális hem-oxigenáz enzim működésének következményeként biliverdinné alakul. A biliverdint ezután a sejtnedvben található biliverdin-reduktáz alakítja bilirubinná (Pratt, 2010).

A retikuloendoteliális sejtekben keletkező bilirubin apoláris és vízben gyakorlatilag oldhatatlan, tehát ezt a nem konjugált bilirubint fel kell oldani annak érdekében, hogy vérkeringésben áramolni tudjon. A folyamatot az albuminhoz reverzibilis módon történő, nem kovalens kötődés indítja el, amely nagy és kis affinitású kötőhelyekkel egyaránt rendelkezik. Ezt követően a nem konjugált bilirubin-albumin komplex könnyedén átjut a máj sinusoidjait bélelő endotélium résein a Disse-térbe, ahol sor kerül a bilirubin albuminról történő disszociációjára (Meuwissen & Heirwegh, 1982). Ezután a hepatociták egy fehérjék által közvetített folyamaton keresztül veszik fel a már disszociált formában álló bilirubint. A hepatocitákba való belépést követően a nem konjugált bilirubin a citoszolban fehérjékhez kapcsolódik, beleértve a glutation S-transzferáz enzim fehérjéit is (Strange et al., 2001). Ezek a fehérjék gátolják a bilirubin szérumba történő visszajutását, valamint előkészítik a konjugációt. Az endoplazmatikus retikulumban található uridin-5′-difoszfát (UDP) glükuronil-transzferáz enzim glükuronsavhoz konjugálva oldja a bilirubint, így bilirubin-monoglükuronidot és bilirubin-diglukuronidot termel. Az immáron hidrofil tulajdonságokkal rendelkező bilirubin a csatornamembránhoz diffundál, hogy az epevezetékekbe választódjon ki. Az epébe érkezve a konjugált bilirubin zavartalanul halad, ameddig el nem éri a disztális ileumot és a vastagbelet, ahol a β-glükuronidáz enzimeket termelő baktériumok a konjugált bilirubint nem konjugált bilirubinná hidrolizálják. Ezt követően pedig a nem konjugált bilirubin tovább redukálódik színtelen urobilinogénné.

Madarak esetében a zöld színű húgysav sók kiválasztása májbetegségre utal (Galvin et al., 1980; Lumeij et al., 1988; Stevenson et al., 1987). Az elszíneződést a biliverdin váltja ki, amely a madarak legfontosabb epefestéke (biliverdinuria). A hiperbilirubinémia által okozott sárgaság ritkán fordul elő madaraknál, mely a biliverdin-reduktáz enzim hiányával magyarázható. Felmerült, hogy szárnyasok esetében a biliverdint baktériumok vagy nem specifikus redukáló enzimek alakíthatják bilirubinná (Wang et al., 2006).

Az epehólyagban, valamint a levegő oxigénjének történő kitettség hatására a bilirubin biliverdinné oxidálódhat (Jansen & Daiber, 2012). Ez az oxidációs folyamat az epe pigmentjét sárgáról mélyzöld színűre változtatja.

3.11. Zsír eredetű zöldülés, zsírok oxidációja

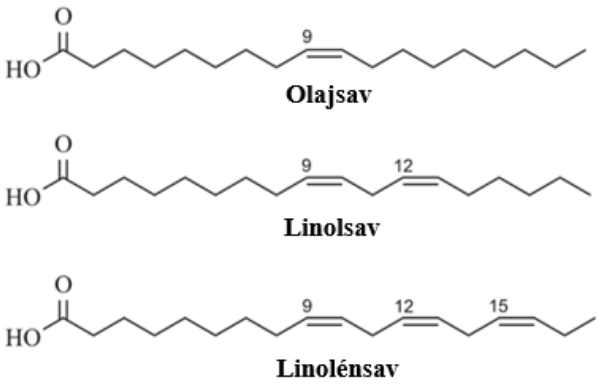
Az élelmiszeriparban felhasznált nyersanyagok lipidtartalma a feldolgozás és a tárolás során fellépő hatások következtében sok változáson mehet keresztül (Barden & Decker, 2016). Ezek a hatások lehetnek fizikai (pl.: a hőmérséklet szerepe), kémiai (pl.: a közeg kémhatása) és biológiai (pl.: az alapanyag felületén megtalálható mikroorganizmusok metabolizmusának hatása) természetűek, valamint ezek kombinációi is felléphetnek. A folyamatra a megemelkedett hőmérséklet és fém-ionok jelenléte is katalizátorként hat (Repetto et al., 2010).

A lipidtartalmat befolyásoló változások lényegében kémiai és biokémiai reakciók sorozataként értelmezhetjük, melynek eredményeként az adott élelmiszer molekuláris szerkezetében változás következik be (Akoh et al., 2008). A változásokat kétféleképpen csoportosíthatjuk, hidrolitikus és oxidációs bomlásokról beszélhetünk. Mindkét módosulás esetében enzimes és nem enzimes fajtát is megkülönböztetünk. Enzim indukálta átalakulások nem csak az alapanyag saját enzim készlete révén mehetnek végbe, hanem a jelenlévő mikroflóra által termelt enzimek is közrejátszanak a változásokban.

Élelmiszeripari nyersanyagok esetében a lízist előidéző hatások számottevő kárt nem okoznak. Az egyszerű lipidek nem hidrolizálhatók, az összetett lipidekre a lipázok és a foszfolipázok jelentenek veszélyt, azonban ezen enzimek aktivitása a tárolási kondíciók között nagyon csekély (Ding et al., 2023). A nem enzimes hidrolízis csak rendkívül lúgos közegben idézhet elő jelentős károsodást.

A minőség szempontjából hátrányos változásokat elsősorban az oxidációs folyamatok képesek előidézni az alapanyagokban és a késztermékekben. Elsősorban a levegő oxigénjével történő érintkezés áll az előnytelen átalakulás hátterében és főleg a trigliceridek többszörösen telítetlen zsírsav összetevői vannak kitéve az oxigén támadásának, mely a két cisz elrendezésű, telítetlen szén-szén kötés közötti metiléncsoporton következik be.

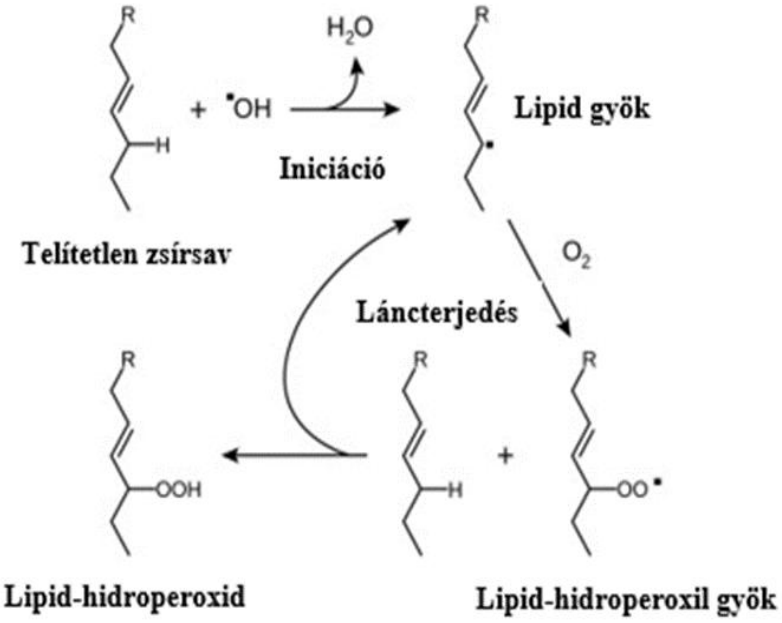
Telítetlen zsírsavak képletei a **5. ábrán** láthatók.



5. ábra: Telítetlen zsírsavak képletei
(forrás: Internet 4)

Az oxidációs folyamatok lefolyása, az enzim közreműködésével (lipoxigenáz enzim) lejátszódó reakciók és a biokatalizátor nélkül (autooxidáxió) végbemenő átalakulások esetében nem mutat jelentősen eltérést. Fontos megemlíteni, hogy a két mechanizmus együttesen is jelentkezhet, ezáltal fokozva az ártalom nagyságát. Az oxigén támadása beindítja a lipid-peroxidációnak nevezett folyamatot, melynek első lépéseként lipid-hidroperoxidok keletkeznek (Dragoev, 2024). Egyes értekezések értelmében a növények által termelt olajok egyik feladata az, hogy egy esetleges stresszállapot vagy sérülés esetén a megnövekedettt oxigén koncentrációt a lipid-peroxidáció révén csökkentse.

A lipid-hidroperoxidok keletkezésének folyamatát a **6. ábra** mutatja be.



6. ábra: Lipid-hidroperoxidok keletkezésének folyamata
(forrás: Kardeh et al., 2014)

A lipid-hidroperoxidok általában rendkívül instabilak, éppen ezért kisebb molekulatömegű másodlagos oxidációs termékekké képesek tovább bomlani (Porter, 2013; Pratt, 2010). További oxidáció során diperoxidokká, majd polimerekké alakulnak. Oxidatív láncszakadással aldehidek, hidroxi-vegyületek, majd karbonsavak keletkeznek. Az avas zsiradék jellegzetes kellemetlen szaga ezen rövid szénláncú aldehidek és karbonsavak jelenlétének tudható be (Shahidi et al., 2022).

A lipid-peroxidáció során dialdehidek, elsősorban malon-dialdehid (OHC–CH_2–CHO) is keletkezik, ezek mennyisége tiobarbitursav (TBA) reagens segítségével állapítható meg. A dialdehidek a tiobarbitursav –CH_2– molekularészletével lépnek reakcióba, ezáltal egy fotometriásan vizsgálható fluoreszcens vegyület keletkezik. Három vagy több kettős kötéssel rendelkező telítetlen zsírsavak esetében, a hidroperoxilok képesek ciklikus peroxid, azaz endoperoxid kialakítására is (Schneider, 2009).

Az oxidációs folyamat során nagy mennyiségben keletkeznek szabad gyökök, melyek az emberi szervezetben felettébb kártékony hatást fejthetnek ki és számos betegség kialakulásához járulhatnak hozzá (Niki, 2009), vagyis az avasodás nem csak a minőségromlással hozható összefüggésbe, hanem egészségkárosító tényező is. A lipid oxidáció során keletkező vegyületek képesek roncsolni a sejtfalakat, inaktiválhatnak fontos enzimeket és károsíthatják a fehérjéket (Gutteridge, 1995), és mint intermedierek, részt vehetnek különböző bioszintézis folyamatokban (Pratt, 2010).

Shahidi & Zhong (2010) arra a következtetésre jutott, hogy a lipid oxidáció során képződött termékek bizonyos fiziko-kémiai tulajdonságai, úgymint a polaritás, a molekulák közötti interakciók, a felületaktivitás, az illékonyság és a hőstabilitás hatást gyakorolnak a tápérték mutatókra és toxikus termékek keletkezéséhez vezethetnek, tehát az ilyen élelmiszerek végső soron fogyasztói elutasításban részesülnek.

Liu et al. (2019) a hőmérséklet szerepét vizsgálták a lipid oxidációs folyamatok során. Kísérletük során a földimogyoró képezte a kutatás tárgyát, ugyanis ezen élelmiszer nagy olaj- és magas telítetlen zsírsavtartalommal rendelkezik, tehát különösen fogékony az avasodásra. A mintákat 15, 25 és 35°C-on tárolták 320 napig, és 80 naponta végeztek méréseket. Végső eredményeik azt mutatták, hogy mindhárom hőmérsékleten jelentős változás következett be a mogyoró zsírsav összetételben. Kimutatták továbbá, hogy a nagyobb tárolási hőmérséklet nagyobb mértékű lipid oxidációt idézett elő, valamint nagyobb tápérték csökkenést indukált.

3.12. Vér eredetű zöldülés

A vér a másodlagos testüreggel rendelkező gerinctelen és gerinces élőlények keringési rendszerében található testnedv, folyékony sejtközötti állománnyal rendelkező szövet, melynek fő feladata az oxigén, a szén-dioxid, a tápanyagok, a víz, valamint az oldott metabolikus termékek szállítása (Cherian, 2022). Ezen kívül fontos szerepet játszik az immunreakciók esetében (Pober & Tellides, 2012), a hormonok transzportjában (Kolka & Bergman, 2012) és a testhőmérséklet szabályozásában. A vér az erekben folyik, a szív felől a test különböző részeinek irányába artériákban (verőerek), míg a szív felé vénákban (gyűjtőerek) áramlik.

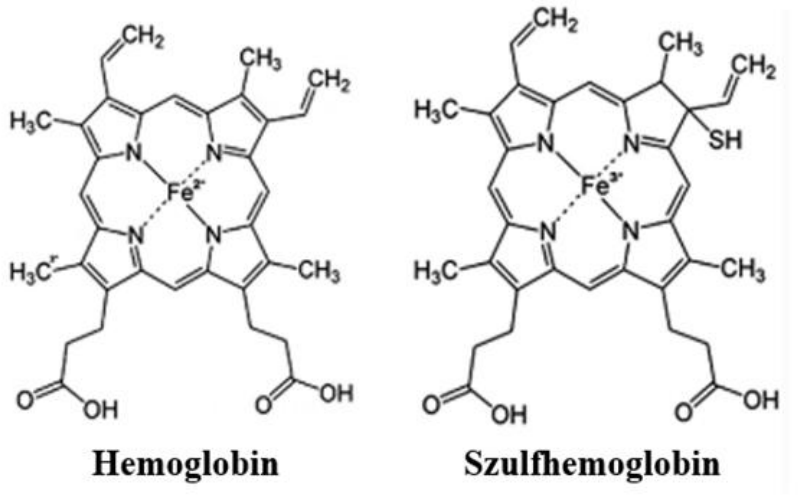
A vér fő részei:

- Sejtes elemek:
  - vörösvértestek (erytrocita)
  - fehérvérsejtek (leukocyta)
    - neutrofil, eozinofil és bazofil granulociták
    - monociták
    - limfociták
  - vérlemezkék (trombocyta)
- Vérplazma

A vér eredetű nemkívánatos zöld színelváltozás szempontjából a vörösvértesteknek van kiemelt jelentősége, melyek a vörös csontvelőben képződnek. A vörösvértestek elsődlegesen transzport feladatokat látnak el, oxigént szállítanak, ugyanakkor szerepük van a szén-dioxid továbbításában is. Érésük alatt hemoglobin molekulák szintetizálódnak bennük, melyek a vörösvértestek szárazanyag tartalmának 90%-át adják (Nemkov et al., 2018). A hemoglobin egy metalloprotein, vastartalmánál fogva képes az oxigénmolekula szállítására. A hemoglobin molekula négy alegységből áll. Mindegyiket egy globuláris fehérjerész építi fel, mely szorosan kapcsolódik egy nem-fehérje jellegű hem csoporttal. A hem makromulekulát négy heterociklusos pirrolgyűrű építi fel, melyek nitrogénatomjai két vegyértékű vasionokkal (Fe^{2+}) alkotnak komplexet. A két vegyértékű vas felelős az oxigén reverzibilis módon történő megkötéséért (Ahmed et al., 2020). A vas a globuláris fehérjerésszel is szoros kapcsolatot hoz létre, az abban található egyik hisztidin oldalláncában található imidazolgyűrű egyik nitrogénatomján keresztül.

Vér eredetű zöldülés esetében a hemoglobin szulfatációja következik be, amely folyamat szulfhemoglobin molekula képződését eredményezi. A szulfhemoglobin zöld színezettel rendelkező vegyület, amely egy kénatom oxidatív stressz által kiváltott beépüléséből származik a hemoglobin porfirin gyűrűjébe (Bonkovsky et al., 2013). A methemoglobinhoz hasonlóan a

szulfhemoglobin sem képes az oxigén transzportra. A hemoglobin és a szulfhemoglobin szerkezete az **7. ábrán** látható.



7. ábra: A hemoglobin és a szulfhemoglobin szerkezete
(Rangan et al., 2021)

Derbas et al. (2017) publikációjának értelmében a szulfhemoglobin egy ritkán előforduló hemoglobin variáns, melyet az oxigénmolekula iránti csökkent affinitás jellemez. A szulfhemoglobin képződésének első lépése a hem makromolekulában található két vegyértékű vas három vegyértékűvé történő oxidációja ($Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$), ezt követően kerül csak sor a kéntartalmú csoport megkötésére. A szulfhemoglobin keletkezésének további feltétele a reduktív környezet, tehát az alacsony oxigéntenzió (Nicol et al., 1970).

3.13. Fülledés

A vágást követően a vágóállatokból kitermelt húsrészek izomsejtjeiben és a belsőségekben lezajlódó enzimatikus aktivitása nem szűnik meg, természetesen módon folytatódik, és ez a jelenség a romlási folyamatok egyik vezető oka.

Az enzimek képesek kötődni más szerves vegyületekhez, és katalizátorként működnek a kémiai reakciók során (Chen & Arnold, 2020). Az autolízis folyamatában a szövetek komplex vegyületei (szénhidrátok, fehérjék és zsírok) kevésbé összetett alkotóelemeikre bomlanak, ami a húsrészek tenderizálódásában és zöldes elszíneződésében nyilvánul meg. Ezek az autolitikus változások magukban foglalják a proteolízist és a zsírok hidrolízisét egyaránt. A polipeptidek posztmortem lebomlása a szöveti proteázok aktivitásának eredménye, és felelős a hús ízéért, illatáért – fülledés esetén kén-hidrogén (H_2S), hétköznapi nevén záptojás szag érezhető –, valamint az állományban bekövetkező változásokért (Toldrá et al., 2000).

A kalpainok, katepszinek és aminopeptidáz enzimek felelősek a hús posztmortem autolíziséért a szarkomer egységek határlemezét jelentő Z-vonal fehérjéinek emésztése révén (O'Halloran et al., 1997). Ezen enzimek közül a kalpainokat a hús proteolitikus puhítási folyamatának elsődleges szereplőjeként tartják számon (Bhat et al., 2018).

A proteolitikus enzimek aktivitása a húsipari termékek megfelelő módon történő tárolásával és hűtési paraméterek pontos betartásával redukálható. Fülledt húsipari termékek esetében, az enzimes hidrolízis következtében keletkező szabad aminovasak dekarboxileződése is megtörténhet, ezáltal pedig felmerül a biogén aminok képződésének kockázata (Osako et al., 2003). Amennyiben nagyobb mennyiségű biogén amin jut az emberi szervezetbe, vagy a katabolikus folyamatokat nem tudnak természetes módon végbe menni (enzimhiány, felszívódási zavar, bizonyos gyógyszerek, fájdalomcsillapítók, antibiotikumok alkalmazása esetén), akkor egyéni érzékenység függvényében különféle pszeudoallergiás reakciókat válthatnak ki. Ezek a szimptómák lehetnek bőrtünetek (csalánkiütés, bőrpír, viszkető bőr), emésztőrendszeri tünetek (görcsös hasfájás, hányinger, hányás), csökkenő vérnyomás, migrénes fejfájás, szédülés, heves szívdobogás érzés, ödéma, asztmás tünetek, nehézlégzés, súlyosabb esetben pedig eszméletvesztés és anafilaxiás sokk is bekövetkezhet (Dala-Paula et al., 2023).

4. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

Kutatásom során nemcsak laboratóriumi körülmények között hajtottam végre méréseket, hanem hazánk egyik legnagyobb feldolgozó üzemében is végeztem kísérleteket. A Pannon Fine Food Kft. (Orosháza, Magyarország) által üzemeltetett vágóhídon összesen három vágási próbára került sor, melyek során lehetőségem nyílt tanulmányozni a hízott liba feldolgozás valamennyi lépését. Az üzemlátogatások alkalmával többek között a **kábítás**, a **vágás előtti itatás**, valamint a **bontási technológia** hízott libamáj minőségére gyakorolt hatását vizsgáltam.

A folyamat során eltávolított, hízlalásos technológia alkalmazásával – tömés – előállított libamájakat vákuumcsomagolt formában, hűtött körülmények között – 0 és 3°C közötti hőmérsékleten –, minden esetben még aznap, 55 literes EPS hungarocell hűtődobozban jégágyra fektetve érkeztek a mérések helyszínére a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Budai Campusának D épületébe, az Állatitermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék laboratóriumába (Budapest, Magyarország). A beérkező hízott libamájakkal kapcsolatos kísérleteimet minden esetben a májak beérkezés napján elkezdtem. Mindhárom kísérlet során fagyasztott körülmények között (–18 °C) történő tárolási próbának vetettem alá a mintákat, mely minden esetben 5 hétig, azaz 35 napig tartott. Ezen időszak alatt, a nulladik napi mérést követően hetente végeztem vizsgálatokat a májakon, azaz összesen hat mérésre kerítettem sort mindhárom kísérlet alkalmával. A kísérletek során alkalmazott ütemtervet az **2. táblázat** mutatja be.

2. táblázat: Mérési ütemterv

Mérési alkalmak	Mérési időpontok
1. mérés	0. nap
2. mérés	7. nap
3. mérés	14. nap
4. mérés	21. nap
5. mérés	28. nap
6. mérés	35. nap

Valamennyi kísérlet során szürke landesi libával (*Anser anser*) dolgoztam. A libákat a Pannon Fine Food Kft. (Orosháza, Magyarország) Újkígyóson található tenyésztőtelepén keltették ki a tojásból, és ott is került sor a felnevelésükre. A kikelt libákat, az első naptól kezdve, mindvégig zárt istállókban tartották – elkerülendő az esetlegesen madárinfluenza vírussal fertőzött

vadmadarakkal történő érintkezés lehetőségét –, a hőmérséklet értékét, valamint az egyes rekeszekben tartózkodó egyedek számát az életkori igényeknek megfelelően változtatták (**1. táblázat**), az oxigénellátottságról pedig periodikus szellőztetés – 6 perc minden második órában – formájában gondoskodtak. A szükséges fényt mesterséges megvilágítás formájában biztosították (16 óra/nap, 20 lux), a relatív páratartalmat pedig 65–70 RH%-on tartották.

A libák helyszükségletét a **3. táblázat** mutatja be.

3. táblázat: A libák helyigénye az életkor függvényében

Életkor (nap)	Sűrűség (db/m^2)
1–14	12–15
15–21	10–12
22–24	6–8
35–	3–4

A nevelési időszak első felében (1–35. nap) a madarak *ad libitum* módon – tetszés szerint – táplálkoztak a pelletált formában kihelyezett takarmányból. A takarmány a következő összetevőkből állt: darált kukorica 55%, búzaliszt 43%, növényi eredetű zsírpor 1,8%, só 0,2%, energia: 12,57 MJ ME/kg (Cargill Hungary Kft., Magyarország).

A nevelési időszak második szakaszában (36–56. nap) továbbra is *ad libitum* formában jutottak táplálékhoz a libák, mely az alábbi komponensekből tevődött össze: darált kukorica 58%, búzaliszt 39,5%, növényi eredetű zsírpor 2,3%, só 0,2%, energia: 13,0 MJ ME/kg (Nitak Kft., Magyarország). Az itatás végig ad libitum módon történt.

A tömés során (57–70. nap) a nevelési időszak második szakasza alatt alkalmazott takarmánnyal tömték a libákat, melyet 40%-ban nem gőzölt szemes kukoricával egészítettek ki. A libák minden hetedik órában tömték. A tömést 160 g-os adaggal kezdték, majd hét napon keresztül egyenletesen növelték az adagok tömegét, végül pedig elérték a 440 g-os adagot. A 64. naptól kezdve a tömési időszak lezárását jelentő 70. napig, a libákat állandó 440 g-os takarmány adagokkal etették. Az itatás a tömési időszak teljes időtartamában *ad libitum* formában történt.

A libák semmilyen oltást nem kaptak, valamint gyógyszeres kezelés alatt sem álltak. A tömési időszak alatt probiotikumat és vitaminokat tartalmazó komplexet kevertek az ivóvízükbe (0,1 m/m%, Gastroferm M+C és LI termékek), melyek emésztést elősegítő tulajdonsággal rendelkeztek, így megelőzhető volt a bélelzáródás, valamint a diaré kialakulása is. Továbbá ezek

a komponensek hatékonyak voltak a nyelőcső gombás elfertőződésének és a bélgyulladások előfordulásának megelőzésében is.

A tömés végén valamennyi liba tömegét egyesével megmérték, az értékek 6400 és 7100 g között mozogtak. Ezután a libákat műanyag ketrecekbe helyezték (3 liba/ketrec), és egy megfelelően szellőztetett teherautóval a vágóhídra (Pannon Fine Food Kft., Orosháza) szállították, mely 33 km-re található a tenyésztőteleptől.

4.1. Első kísérlet - A vágást megelőző itatás és a különböző zsigerelési technológiák hatásának vizsgálata

Hipotézisem értelmében a vágást megelőző körülmények, valamint a nyaki erek átvágást követően alkalmazott technológiai lépések számottevő hatást gyakorolhatnak a hízott libamáj minőségére. Ezen okból kifolyólag, az első kísérlet célja az volt, hogy megvizsgáljam, hogyan befolyásolja a vágást megelőző itatás, valamint a különböző zsigerelési metódusok – hidegbontás, melegbontás – a hízott libamáj minőségét.

A vágóhídon 72 madarat választottam ki véletlenszerűen, majd a szelektált libákat négy csoportba osztottam (18 madár/csoport), és a lábukat különböző színű műanyag gyűrűkkel jelöltem meg az itatási és zsigerelési módszernek megfelelően. A kísérleti csoportokat a **4. táblázat** mutatja be.

4. táblázat: Az első vágási kísérlet során kialakított kísérleti csoportok

	Libák száma	Vágást megelőző itatás	Zsigerelési metódus
1. csoport	18	nem	hidegbontás
2. csoport	18	nem	melegbontás
3. csoport	18	igen	hidegbontás
4. csoport	18	igen	melegbontás

Az itatást egy 5 mm átmérőjű szilikoncső segítségével és 50 ml-es fecskendőkkel hajtottam végre. A 200 ml ivóvíz minőségű csapvizet a madarak nyelőcsövén keresztül injektáltam a begyükbe. Az itatás után valamennyi madarat két órán keresztül pihentettem, majd a lábuknál fogva sor került a függesztésre. A vágást megelőzően nem került sor kábításra, mert szakirodalmi források értelmében a kivérzés hatékonysága jelentős mértékben növelhető kábítás kiiktatása esetén (Aghwan et al., 2016; Nakyinsige et al., 2013; Riaz et al., 2021).

A libákat függőleges helyzetben függesztettem fel, és sor került a nyaki vénák átvágására. Az elvéreztetés során minden liba esetében összegyűjtöttem a testből eltávozó vért. A véreztetés utáni következő lépés a forrázás volt (66°C), majd megtörtént a kopasztás. A libák esetében, a ki nem fejlődött tokok, pihék és apró tollak eltávolításának céljából alkalmazott paraffinozást (53°C) vízzel történő hűtés követte (16°C), végezetül pedig a paraffin eltávolítás volt soron, majd eltávolították a lábakat. A hidegbontásra szánt testeket (1. csoport, 3. csoport) 8 órára –2°C-os hűtőkamrába helyeztem. A hűtési fázis végére a maghőmérséklet 6°C-ra csökkent. Lehűlés után a testeket kizsigerelték, a májakat eltávolították és egyenként lemértem azok tömegét (Steinberg-Systems SBS-LW-10000A digitális mérleg, pontosság: 0,1 g, Steinberg-Systems expondo GmBh, Németország).

A melegen bontott testek esetében (2. csoport, 4. csoport), a vízzel történő hűtést követően (16°C) került sor a lábak eltávolítására, a zsigerelésre, valamint a hízott máj kiemelésére. Az így kinyert libamájakat 8 órán át jégágyon tároltam.

Az egyenként történő vákuumcsomagolást megelőzően valamennyi kísérleti csoport esetében mértem a hízott libamájak hemoglobin-tartalmát (minden csoport esetében 3 darab máj csak ezen méréshez lett elkülönítve) és pH értékét, valamint a csomagolást követően (polietilén (PE) vákuumcsomagolás), de a fagyasztást megelőzően sor került a májminták felületi színének mérésére is. A fagyasztás után heti gyakorisággal mértem a minták színét, a tárolási próba végén pedig elvégeztem a mikrobiológiai vizsgálatot. A 35 napig tartó fagyasztott körülmények között történő (–18°C) tárolási próba során elvégzett mérések a **5. táblázatban** láthatók.

5. táblázat: A 35 napig tartó tárolási próba során elvégzett mérések – első kísérlet

0. nap	**7. nap**	**14. nap**	**21. nap**	**28. nap**	**35. nap**
Színmérés	Színmérés	Színmérés	Színmérés	Színmérés	Színmérés
pH mérés	–	–	–	–	–
Hemoglobin-tartalom meghatározás	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	Mikrobiológiai vizsgálat

A fagyasztott tárolást elsősorban az ipari gyakorlatnak történő megfelelés indokolta, ugyanis az előállítók a minőségmegőrzési idő meghosszabbításának érdekében, a vákuumcsomagolást követően, fagyasztva tárolják a hízott májakat.

4.1.1. A véreztetés során eltávozó vér mennyiségének mérése

A véreztetés során elfolyó vért, minden hízott liba esetében, műanyag edénybe gyűjtöttem, melyet 0,1 g pontosságú digitális mérlegre helyeztem. A véreztetés három percig tartott, és az eltávozó vér mennyiségét 15 másodpercenként rögzítettem. Ez az időintervallum kellőképpen gyakori volt a vérzési kinetika pontos leírásához, valamint elegendő idő állt rendelkezésemre a mért értékek leolvasásához és rögzítéséhez. A libák fejét kézzel tartottam a műanyag edény felett, hogy megakadályozzam az agónia során fellépő mozgások miatt bekövetkező vérveszteséget.

4.1.2. Hemoglobin-tartalom mérés

A májak hemoglobin (Hgb) tartalmát Drabkin-reagenssel (D5941, Sigma-Aldrich) határoztam meg. A reagens összetevői között megtalálható a nátrium-hidrogén-karbonát, a kálium-ferricianid és a kálium-cianid. A reagensből készült oldat a hemoglobin valamennyi frakciójával reakcióba lép, kivéve a szulfhemoglobint. A módszer a hemoglobin és származékainak methemoglobinná történő oxidációján alapul a lúgos kémhatású kálium-ferricianid jelenlétében. A methemoglobin kálium-cianiddal reagálva ciánmethemoglobint képez, melynek abszorpciós maximuma az 540 nm-es hullámhossznál található (Balasubramaniam & Malathi, 1992). Az 540 nm-es hullámhosszon mért színintenzitás arányos a teljes hemoglobin (Hgb) koncentrációval.

A zsigerelést követően a lehűtött májakat (3 db/csoport) egyenként homogenizáltam GRT-BC06 ipari kutter használatával, majd mindegyikből 4 g mintát vettem. A mintákat 40 ml vízzel, IKA T 25 ULTRA-TURRAX homogenizátor segítségével 10.000 fordulat/perc sebességgel, 1 percig homogenizáltam. Az egyneműsített mintákat 5.000 fordulat/perc sebességgel, 4°C-on 10 percig centrifugáltam (Digicen 22 laborcentrifuga, Ortoalresa-Alvarez Redondo, S.A, Madrid, Spanyolország), majd redős szűrőpapíron leszűrtem. A szűrést követően 20 µl szűrletet 5 ml Drabkin-oldattal kevertem össze, majd szobahőmérsékleten (23°C) 15 percig tároltam az így elkészített mintákat. Végezetül spektrofotometriás meghatározást végeztem (Hitachi U-2900, Hitachi Corp., Japán) (**8. ábra**) 540 nm hullámhosszon, 10 mm-es üveg küvettában, tiszta Drabkin-oldat vakminta ellenében.



8. ábra: Hitachi U-2900 kétsugármentes spektrofotométer
(forrás: Internet 5)

Az abszorbancia értékeket feljegyeztem, és a teljes hemoglobin (Hgb) koncentrációt (mg Hgb/g máj) kalibrációs görbe segítségével és a kezdeti hígítási lépés figyelembevételével számítottam ki.

Valamennyi kísérleti csoport esetében 3, a hemoglobin-tartalom meghatározásának céljából elkülönített májat vizsgáltam. Minden májon 3 párhuzamos mérést hajtottam végre.

4.1.3. Színmérés

A színt Minolta CR 400 (Konica Minolta Inc., Japán) hordozható kromaméterrel mértem, D65-ös fényforrás és 10 mm-es apertúra használatával, a máj felszínével bezárt 90°-os szögben. Az adatokat CIELab színtérben értékeltem, ahol az L* a világossági tényező, az a* a vörös-zöld színezetet, a b* pedig a sárga-kék színezetet jelöli. A színméréseket vákuumcsomagolt, a 0. napi mérés kivételével, fagyasztott májakon végeztem a nagy lebeny ventrális oldalán (felső, középső és alsó rész). A színmérő kalibrálását közvetlenül a mérések előtt hajtottam végre. A kalibráció során, a hízott májak csomagolásához használt PE fóliával vontam be a kalibrációs csempét, majd kalibráltam az eszközt.

Minden mérési időpontban valamennyi – a hemoglobin-tartalom meghatározáshoz elkülönített minták kivételével – hízott libamáj felületi színét megmértem. Májanként 3 x 3 párhuzamos mérést hajtottam végre.

A különböző kísérleti csoportokból származó májak közötti színinger különbséget (ΔE*) az **1. egyenlet** segítségével számítottam ki:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2}$$

1. egyenlet: Színinger különbség (ΔE*) számítása

Az emberi szem által érzékelhető, két pont közötti színbeli különbséget Mokrzycki és Tatol (2011), valamint Wright (1981) írták le (**6. táblázat**).

6. táblázat: Az emberi szem által érzékelhető színkülönbségek (Mokrzycki & Tatol, 2011; Wright, 1981)

ΔE^*	Érzékelt különbség
$0 < \Delta E^* < 1$	nem vehető észre
$1 < \Delta E^* < 2$	alig vehető észre
$2 < \Delta E^* < 3,5$	észrevehető
$3,5 < \Delta E^* < 5,0$	jól látható
$5 < \Delta E^*$	nagy

4.1.4. pH mérés

A pH értéket a zsigerelést és hűtést követően, a máj nagy lebenyének ventrális oldalán (felső, középső és alsó rész) mértem Testo 206 pH2 típusú digitális pH mérő készülékkel (Testo GmBh, Ausztria). A műszert előzőleg pH 4,01 és pH 7,01 pufferoldatokkal kalibráltam.

A mérés során valamennyi hízott libamájminta pH értékét megmértem. Minden májon 3 párhuzamos mérést hajtottam végre.

4.1.5. Mikrobiológiai vizsgálat

A hízott libamájakat baromfikra és baromfikból származó alapanyagokból előállított termékekre jellemző mikroorganizmusokra vizsgáltam. A mérés során egyaránt vizsgáltam hidegbontásból származó – zöldült –, valamint melegbontásból származó – nem zöldült – májakat. Azt vizsgáltam, hogy található-e a hízott libamájak felületén olyan mikroba, ami összefüggésbe hozható a nemkívánatos felületi színelváltozás kialakulásával.

A mintavételt Cruma II A2 osztályú mikrobiológiai biztonsági fülke (Cruma – Diantech Solutions S.L., Spanyolország) alatt végeztem, előzetesen sterilizált eszközök használatával. Minden máj felületéről 10 g-os mintát kapartam le, és steril műanyag zacskókba helyeztem azokat.

Ezután decimális hígítást alkalmaztam 1% (m/m) peptont és 8,5% (m/m) NaCl-t tartalmazó steril desztillált vizes oldattal. A mintákat 2 percig homogenizáltam Interscience BagMixer 400 SW (Interscience Co. Ltd., Franciaország) homogenizátorral. A homogenizált mintákból további decimális hígítást hajtottam végre 20 ml térfogatú kémcsövekbe. Ezután a kétszeresen hígított mintákat iSwix Vortex keverővel (iSwix LLC, Egyesült Államok) 1 percig 2500 fordulat/perc sebességgel homogenizáltam. Ezt a lépést még egyszer megismételtem, így minden májból ezred nagyságú hígítást kaptam. Végül minden máj hígított oldatából - tizedes, százados, ezredes - 0,1 ml inokulumot oszlattam el cefalotin-nátrium-fuzidát-cetrimid agar táptalaj felületén steril üvegbot használatával. Ezt követően a mintákat 25°C-on 44 órán át inkubáltam. Az inkubáció során kialakult izolált telepeket Bruker Microflex LT (Bruker Corporation, Egyesült Államok) mátrix-asszisztált lézer deszorpciós, ionizációs, repülési idő mérésén alapuló tömegspektrometria módszerrel (MALDI-TOF MS) (**9. ábra**) azonosítottam, hangyasavas szuszpenziókészítési protokoll alapján (Horváth et al., 2020). A mérést megelőzően belső kalibrációt hajtottam végre (Gobom et al., 2002). Az egyes mikroorganizmusok identifikálása a törzsre jellemző fehérje-tömegspektrum alapján történt.

Valamennyi kísérleti csoport esetében 5 hízott libamáját vizsgáltam. Minden májon 3 párhuzamos mérést hajtottam végre.



9. ábra: Bruker Microlex MALDI-TOF
(forrás: Internet 6)

4.1.6. Statisztikai elemzés

A kapott adatokat statisztikai szoftverrel (IBM Corp. 2019. IBM SPSS Statistics for Windows, 26.0 verzió. Armonk, NY: IBM Corp) értékeltem.

A pH és a hemoglobin esetében kéttényezős varianciaanalízist (two-way ANOVA) futtattam. ANOVA tesztet alkalmaztam a többváltozós varianciaanalízis (MANOVA) helyett, mivel a függő változók (hemoglobin, pH) a Pearson-féle korrelációs teszt alapján függetlenek voltak egymástól. A véreztetés során kapott adatok esetében egytényezős varianciaanalízist (one-way ANOVA) végeztem. A színmérés eredményeit kéttényezős többváltozós varianciaanalízissel (two-way MANOVA) értékeltem. A MANOVA tesztet Bonferroni-korrekcióval végeztem az ismételt méréses varianciaanalízis (RMANOVA) helyett, mivel a szfericitás feltétel sérült.

A reziduumok normalitását Shapiro-Wilk teszttel, a szóráshomogenitást pedig Levene teszttel igazoltam. A szignifikancia szintet minden esetben $P \leq 0{,}05$-nek választottam. Mivel a független változóknak kevesebb mint három csoportjuk volt, post-hoc tesztet nem alkalmaztam.

4.2. Második kísérlet - A különböző zsigerelési technológiák hatásának célzott vizsgálata

Az első kísérlet során a vágást megelőző körülmények, valamint a vágást követően, a feldolgozás során alkalmazott technológiai lépések hatását vizsgáltam a hízott libamáj minőségére vonatkozóan. Azonban a második kísérlet során, az első kísérlet konzekvenciáira alapozva, célzottan a felületi zöldülés jelensége állt a vizsgálatok középpontjában. Mindezek értelmében a második kísérlet célja az volt, hogy megvizsgáljam a fagyasztott körülmények között tárolt, vákuumcsomagolt hízott libamáj felületén megjelenő nem kívánatos zöld színelváltozás lehetséges kiváltó okait – különös tekintettel a hemoglobin szulfatációja során képződő szulfhemoglobin, valamint az epe zöldülésben betöltött szerepére vonatkozóan.

A második kísérlet alkalmával, a hízott libák feldolgozó üzem területére történő beszállítását követően, véletlenszerűen 60 libát választottam ki. A kísérleti csoportok kialakítása a **7. táblázatban** látható.

7. táblázat: A második kísérlet során kialakított kísérleti csoportok

	Libák száma	**Zsigerelési metódus**
1. csoport	30	hidegbontás
2. csoport	30	melegbontás

A libák megjelölését követően sor került a függesztésre és a függőleges helyzetben, kábítás nélkül végrehajtott vágásra. A véreztetést az ipari gyakorlat során alkalmazott feldolgozási lépések követték: forrázás, kopasztás, paraffinozás, hidegvizes hűtés, majd paraffin eltávolítás következett, végül pedig megtörtént a lábvágás.

A levágott állatok 50%-át, 30 hízott libát (2. csoport), melegbontási technológia alkalmazásával azonnal kizsigerelték az üzem dolgozói. Az eltávolított hízott májak tömegét megmértem, majd a májakat 8 órán át jégágyon tároltam, végezetül pedig egyenként polietilén (PE) vákuumcsomagolásba helyeztem azokat.

A hidegbontásra szánt testeket (1. csoport) 8 órára –2°C-os hűtőkamrába helyeztem, majd a 6°C-os maghőmérséklet elérését követően került sor a májak kiemelésére és tömegük meghatározására (Steinberg-Systems SBS-LW-10000A digitális mérleg, pontosság: 0,1 g, Steinberg-Systems expondo GmBh, Németország), végezetül pedig megtörtént a hízott libamájak PE tasakba helyezése és a vákuumzárás.

A fagyasztást megelőzően megmértem a májminták felületi színét, utolsó lépésként pedig valamennyi májat lefagyasztottam, és –18°C-on öt hétig tároltam azokat. A tárolási próba során heti gyakorisággal mértem a minták színét, a tárolási próba végén lipidoxidációs vizsgálatot (TBA szám meghatározás), kvalitatív epetartalom meghatározást és elemanalitikai vizsgálatot végeztem, aminosavprofilt és fülledést vizsgáltam. A 35 napig tartó fagyasztott körülmények között történő (–18°C) tárolási próba során elvégzett mérések a **8. táblázatban** láthatók.

8. táblázat: A 35 napig tartó tárolási próba során elvégzett mérések – második kísérlet

0. nap	7. nap	14. nap	21. nap	28. nap	35. nap
Színmérés	Színmérés	Színmérés	Színmérés	Színmérés	Színmérés
–	–	–	–	–	TBA szám meghatározás
–	–	–	–	–	Epetartalom meghatározás
–	–	–	–	–	Elemanalitika
–	–	–	–	–	Aminosavprofil meghatározás
–	–	–	–	–	Fülledésvizsgálat

4.2.1. Színmérés

A CIElab színtér összetevőinek (L*, a*, b*) meghatározása folyamán a 4.1.3. alfejezetben leírt lépések szerint jártam el, mind az eszköz (Minolta CR 400 kromaméter), mind pedig az alkalmazott paraméterek és mérési metódus tekintetében. A kísérleti csoportok közötti színkülönbséget (ΔE*) az 1. egyenlet alapján számítottam ki.

Minden mérési időpontban valamennyi hízott libamáj felületi színét megmértem. Májanként 3 x 3 párhuzamos mérést hajtottam végre.

4.2.2. TBA szám meghatározás

A lipid oxidáció előrehaladását jól jellemző malon-aldehid (MDA) koncentráció mérésére a legelterjedtebb a tiobarbitursav-szám (TBA) meghatározása. A tiobarbitursav (TBA) ugyanis savas közegben kondenzációs reakcióba lép a malon-dialdehiddel. A kondenzációs termék tautomer átalakulást szenved és vörös színű vegyületté alakul, amelynek abszorpciós maximuma λ_{max} = 532 nm. Ezt a reakciót nem csak a malon-dialdehid, hanem minden alifás dialdehid adja

(Omotayo et al., 2019). Mivel azonban a vizsgált elegyekben a többi dialdehid is a lipid-peroxidáció során keletkezik, ezért – bár a reakció nem szelektív – mértéke mégis jellemzőnek tekinthető a lipid-peroxidációra. Azokat a vegyületeket, amelyek a malon-dialdehid mellett reakcióba lépnek a tiobarbitursavval TBA reaktív vegyületeknek (TBARS = ThioBarbituric Acid Reactive Substances) nevezik. A TBA számot leggyakrabban mg/kg termék mértékegységben fejezik ki.

A TBA tesztek során a TBA reaktív vegyületeket (TBARS) legegyszerűbben egy úgynevezett extrakciós módszerrel választhatók el az élelmiszer mátrixtól. Ez a módszer a minta triklór ecetsavval (TCA) történő vizes-savas extrakcióját és szűrését tartalmazza.

Mivel a malon-aldehid (MDA) meglehetősen instabil vegyület, ezért a kalibrációs görbéhez 1,1,3,3-tera-etoxi-propánt (TEP) használnak, mivel a TEP savas hidrolízise során (savas extrakció alatt) malon-dialdehid keletkezik.

Szükséges oldatok:

- 25%-os triklór-ecetsav =TCA (50 g+ 150 g DV)
- 0,6%-os tiobarbitursav (TBA) (0,6 g 100 ml-re felhigítva mérőlombikban)
- a kalibrációs görbéhez 10 ml/l koncentrációjú tetra-etoxi-propán (TEP) törzsoldat (desztillált vízben)

Módszer:

4 g mintát mértem – a májak felületéről – MSE homogenizátor edénybe, amelyhez 20 ml desztillált vizet adtam, és pontosan 5 percig homogenizáltam. A keverékhez 5 ml 25%-os TCA oldatot adtam (mérőhengerrel mérve) és 4°C-on 30 percig ráztam, majd átöntöttem zárható centrifuga csövekbe, és ugyancsak 4°C-on 10 percig centrifugáltam 5000 1/perc fordulatszámon (Digicen 22 laborcentrifuga, Ortoalresa-Alvarez Redondo, S.A, Madrid, Spanyolország). Ezt követően a felülúszót 50 ml-es Erlenmeyer lombikba szűrtem, kis tölcsér és redős szűrőpapír használatával. A folyamat következő lépéseként, automata pipetta segítségével 3,5 ml mintát mértem zárható kémcsövekbe, majd 1,5 ml 0,6%-os TBA oldatot adtam adagoltam hozzájuk, és lezárt kémcsőben 30 percig 100°C-on melegítettem. Az elszíneződött keveréket lehűtöttem és azonnal fotometráltam 532 nm-es hullámhosszon.

A kalibrációs görbéhez 1, 5 és 10 ml/l koncentrációjú TEP oldatot használtam: 4 ml megfelelő koncentrációjú TEP oldathoz 20 ml desztillált vizet adtam és homogenizáltam. A továbbiakban ugyanúgy jártam el, mint a fent leírtaknál. A vak oldathoz TEP helyett desztillált vizet használtam, és az imént ismertetett eljárást alkalmaztam.

Számítás:

A mért abszorbancia értékek alapján (0, 1, 5, 10 ml/l TEP oldatok) kalibrációs görbét készítettem, a szalonna minták mért abszorbanciájából a kalibrációs görbe segítségével pedig meghatároztam a malon-dialdehid koncentrációt.

Mindkét kísérleti csoport esetében 5 májat vizsgáltam. Májanként 3 párhuzamos mérést végeztem.

4.2.3. Kvalitatív epetartalom meghatározás

A zöldüléssel érintett hízott libamájmintákban az epe jelenlétének kimutatására Gmelin-tesztet alkalmaztam. Ez egy kémiai teszt, amely az epefestékek, elsősorban a bilirubin (sárga) jelenlétének kimutatására szolgál.

A kísérlet előtt az eredeti PE vákuumcsomagolást eltávolítottam, azonban a májakat felolvasztás nélkül vizsgáltam. Valamennyi májból 5 g mintát vettem, majd 50 ml-es műanyag kémcsövekbe helyeztem azokat. Ezután a mintákat 20 ml desztillált vízzel homogenizáltam IKA T 25 ULTRA-TURRAX (IKA-Werke Gmbh and Co. KG, Németország) homogenizátor segítségével 10 000 fordulat/perc sebességgel 2 percig. Az így kapott mintákat 5 000 fordulat/perc sebességgel centrifugáltam 4°C-on 10 percig (Digicen 22 laborcentrifuga, Ortoalresa-Alvarez Redondo, S.A, Madrid, Spanyolország), majd leszűrtem (Roth AP40.1 Type 13A szűrőpapír). Szűrés után 5 ml extraktumot adtam 5 ml 70%-os salétromsavhoz (225711, Sigma-Aldrich) 30 ml-es üveg kémcsőben. A mérés során a salétromsav oxidálószerként viselkedik. A mintában található bilirubin először biliverdinné (zöld), majd bilicianinná (kék) és biliprazinná (vörös), végül koletelinné (sárga) oxidálódik.

Ha a mintában bilirubin van jelen, akkor a pozitív reakció eredményeként kék, zöld vagy lila gyűrű látható a két folyadék réteg között.

Mindkét kísérleti csoport esetében 5 májat vizsgáltam, mintánként 3 párhuzamos mérést hajtottam végre.

4.2.4. Elemanalitika

Az elemanalízis során a hízott máj zöldülés által érintett és zöldülés által nem érintett részeit hasonlítottam össze. A mérés elvégzéséhez 0,5 g mintára volt szükség. Minden májból 4 x 3 mintát (három párhuzamos) vettem, 9 zöldült mintát és 3 kontrollt, melyeken nem volt látható színelváltozás. A mintákat mindig a máj ugyanazon részeiből vettem. A bordák felőli

nagylebenyből (**10. ábra**), az alsó részből a belső szervek felől (**11. ábra**), az epehólyag feletti részből (**12. ábra**), a kontrollmintát pedig mindig a máj belsejéből (**13. ábra**).



10. ábra: Elemanalitikai vizsgálat mintavételéhez előkészített fagyasztott hízott libamáj (forrás: Saját felvétel)



11. ábra: Elemanalitikai vizsgálat mintavételéhez előkészített fagyasztott hízott libamáj (forrás: Saját felvétel)



12. ábra: Elemanalitikai vizsgálat mintavételéhez előkészített fagyasztott hízott libamáj (forrás: Saját felvétel)



13. ábra: Elemanalitikai vizsgálat mintavételéhez előkészített fagyasztott hízott libamáj (forrás: Saját felvétel)

A mintavételt követően Mettler Toledo MX104/M (Mettler Toledo Inc., Delaware, USA) analitikai mérleggel mértem ki a mérés elvégzéséhez szükséges 0,5 g-nyi mintamennyiséget. A mintákat az MSZ EN 13805:2015 szabvány szerint készítettem elő, majd az EPA 6010C:2007 módszeren alapuló ICP-OES technikával mértem.

A mintavételt követően a hízott libamájmintákat az MSZ EN 13805:2015 szabvány szerint mikrohullámú roncsolásnak vetettem alá oxidáló savkeverék jelenlétében. A protokoll szerint 0,5 g mintához 5 ml tömény salétromsavat adtam, majd egy éjszakán át állni hagytam. Másnap 3 ml 30%-os hidrogén-peroxidot (H_2O_2) adtam a mintákhoz, majd mikrohullámú roncsolóban (CEM MARS 5, CEM Corporation, Matthews, Egyesült Államok) (**14. ábra**) roncsoltam őket.



14. ábra: CEM MARS 5 mikrohullámú roncsolóberendezés
(forrás: Internet 7)

A roncsolási program a következő volt: 20 perc alatt épült fel a 250 psi nyomás, ezt követően 15 perc nyomáson tartásra került sor, végezetül pedig 20 percre volt szükség a visszahűtéshez. Lehűlés után minden mintát 25 ml végtérfogatra hígítottam.

Az ICP-OES meghatározás során külső kalibrációs eljárással kvantifikáltam. A kalibráció során multielemes standard oldatokat használtam. A vak oldat 10% salétromsavat tartalmazó ioncserélt víz volt.

1. standard oldat: 1 ppm Mo, Cu, Cr, As, B, Cd, Co, Ni, Pb. 10 ppm Al, Fe és Zn. 5 ppm Mn. 100 ppm P.
2. standard oldat: 100 ppm Na, K, Ca, Mg. 10 ppm Ba és Sr.

A feltárt minták ICP-OES mérését Perkin Elmer Optima 8000 (Perkin Elmer Inc., USA) (**15. ábra**) műszerrel végeztem.



15. ábra: Perkin Elmer Optima 8000 ICP-OES készülék
(forrás: Internet 8)

A vizsgált elemek a következők voltak: As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Zn, Ba, Na, K, Ca, Mg és Sr.

A spektrométer CCD (Charge-Coupled Device) detektorral működik, amely 160 nm és 900 nm között mér. A készülék működési paramétereit a **9.** és **10. táblázat** tartalmazza.

9. táblázat: ICP-OES működési paraméterek

Paraméter	Érték
Porlasztó típusa	Meinhard
Mintaáram	1,50 mL/min
Plazma gáz áram	15 L/min
Auxiliary gáz áram	0,3 L/min
Porlasztó gáz áram	0,6 L/min
RF teljesítmény	1300 W
Megfigyelési magasság	15 m

10. táblázat: Elemző hullámhosszak és plazmakonfiguráció

Elem	Hullámhossz	Plazma konfiguráció
Fe	259,939	radiális
Mn	257,610	attn. radiális
Zn	213,857	radiális
Mo	202,031	axiális
Cu	324,752	radiális
P	214,914	radiális
Na	589,592	attn. radiális
K	766,490	attn. radiális
Ca	315,887	attn. radiális
Mg	279,077	radiális
B	249,772	axiális
Cd	214,440	axiális
Co	228,616	axiális
Cr	267,716	axiális
Ni	231,604	axiális
Pb	220,353	axiális
Ba	455,403	radiális
Sr	421,552	axiális

Azon mintaoldatokat, melyek koncentrációja bármely mért elem esetében nagyobb volt, mint legfelső kalibrációs pont koncentrációja (nem esett bele a kalibráció koncentráció tartományába), azokat tovább hígítottam, és újra lemértem.

Az alsó méréshatár:

- Ba, B, Cd, Co, Fe, Mn, Mo, Zn, Cu, Cr, Ni, Sr elemekre: 500 µg/kg, szárazanyagban.
- Na, K, Ca és P elemekre: 5000 µg/kg, szárazanyagban.
- Mg, As és Pb elemekre: 1000 µg /kg, szárazanyagban.

A mérési szekvencia elindítása során a készülék először a kalibrációs standard oldatokat mérte le, majd megállapította a kalibrációs összefüggést. Ezt követően két kalibrációs pontot mintaként visszamértem kontroll minta gyanánt (quality control (QC) mintaként). Amennyiben az oldat koncentrációját ± 3%-ban helyesen visszakaptam, a szekvencia folytatódhatott a minták mérésével. Amennyiben a QC minták koncentrációja a kritériumként megszabott koncentráció tartományból bármelyik irányban kiesett, a mérési program újrakalibrálás parancsot adott, és a szekvencia elölről indult.

A QC minták visszamérését bizonyos számú minta lemérése után periodikusan is elvégeztem. Amennyiben a visszamért koncentráció a ± 3%-os tartományon kívül volt, a minták mérésének folytatása előtt újrakalibrált a készülék.

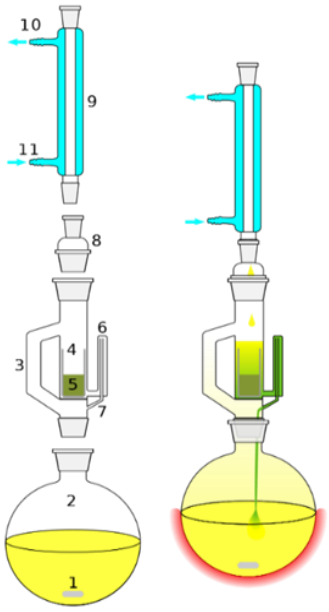
Mindkét kísérleti csoport esetében 5 májat vizsgáltam, mintánként 4 x 3 párhuzamos mérést hajtottam végre.

4.2.5. Aminosavprofil meghatározás

Hipotézisem értelmében a májban maradt vér hemoglobinjának szulfatációja összefüggésben áll a felületi zöld elszíneződéssel. A szulfatációs folyamathoz kén szükséges, azonban az elem eredete nem tisztázott, azonban feltételezésem szerint kéntartalmú aminosavakból (metionin, cisztein) is származhat.

A mérés során összesen 10 májat (5 – zöldült, 5 – nem zöldült) használtam fel. A mintákat SIRMAN C4 (SIRMAN SPA, Olaszország) ipari kutter használatával homogenizáltam 2500 fordulat/perc sebességgel 5 percig. A minták zsírmentesítését Soxhlet-extrakcióval, ISO 1444:2000 szabvány szerint végeztem.

A Soxhlet-extraktor sematikus vázlata a **16. ábrán** látható.



16. ábra: Soxhlet-extraktor sematikus vázlata
1: keverőrúd; **2:** csatlakozó csiszolat; **3:** oldalcső; **4:** hüvely; **5:** szilárd (extrahálandó) anyag; **6:** szifontető; **7** szifon kifolyó; **8:** csiszolatváltó; **9:** hűtő; **10:** hűtővíz bemenet; **11:** hűtővíz kimenet
(forrás: Internet 9)

A zsírtalanított mintákból származó fehérjéket hidrolizáltam. Minden májból 40 mg-ot mértem ki 12 cm^3-es hidrolizáló csövekbe és 10 cm^3 sósavat (molaritás: 6 M) adtam hozzájuk. A hidrolízist TDB-120 száraz blokk termosztátban (BIOSAN Inc., Lettország) végeztem 110°C-on 24 órán át. A minták pH értékét nátrium-hidroxid oldat (molaritás: 4 M) alkalmazásával állítottam be semlegesre. Ezt követően a mintákat 25 cm^3-es lombikokba öntöttem át, és desztillált vízzel jelre töltöttem a lombikokat. A szűrést két lépésben végeztem. Az első körben Whatman redős szűrőpapírt (átmérő: 110 mm) (Whatman plc, Little Chalfont, Egyesült Királyság) használtam, majd fecskendőszűrőt (pórusméret: 0,2 µm). Végül a mintákat lítium-citrát pufferoldattal (pH 2,2) hígítottam. Az aminosavprofil meghatározást INGOS AAA 400 (INGOS s.r.o., Csehország) (**17. ábra**) aminosav analizátorral végeztem. Lítium-citrát pufferoldatot (pH 2,2) használtam, az áramlási sebesség 0,3 cm^3/perc volt. OSTION LG ANB oszlopot alkalmaztam (200x3,7 mm), a hőmérséklet 45 és 65°C közötti értékeket vett fel. A reaktor hőmérséklete 121°C volt, a post-column derivatizáció ninhidrin reagenssel történt. A detektor kétcsatornás fotométer (440-570 nm) volt. A kimutatási határ 0,5 µmol/dm^3 volt.

Mindkét kísérleti csoport esetében 5 májat vizsgáltam, mintánként 3 párhuzamos mérést hajtottam végre.



17. ábra: Ingos AAA 400 automatikus aminosav analizátor
(forrás: Internet 10)

4.2.6. Fülledésvizsgálat

A szulfhemoglobin képződéshez hidrogén-szulfidra (H_2S), hemoglobinra és alacsony oxigéntenzióra van szükség. A hidrogén-szulfid származhat hidrogén-szulfidot termelő mikroorganizmusok metabolikus folyamataiból, vagy diffúzióval is terjedhet a testben a béltraktusból indulva, a zsigerelést megelőző előhűtési fázis során. A hízott libamájak fülledésének megállapítására ólom-nitrát tesztet végeztem (McBride & Edwards, 1914; Bethea, 1973). Ez a módszer csak a fülledés tényének megállapítására alkalmas, kvantitatív meghatározásra azonban nem. Hipotézisem szerint a hízott máj fülledése és a véreztetést követően a májban visszamaradt vér együttesen járulhat hozzá a zöld színanyag képződéséhez.

Valamennyi, zöldülés által érintett és a nemkívánatos elszíneződés által nem érintett májból 30 g mintát vettem. Ezután a mintákat 5 mm x 5 mm x 2 mm-es darabokra vágtam, és 250 ml-es Erlenmeyer-lombikokba helyeztem azokat, majd 50 ml 5%-os kénsavoldatot (144–62-7, Warchem) öntöttem a felaprított májdarabokra. Ezután 10%-os ólom(II)-nitrát oldatot készítettem. Ezt követően redős szűrőpapírokat (Roth AP40.1 Type 13A) itattam át az elkészített ólom(II)-nitrát oldattal. A beáztatott szűrőpapírokat a kénsavas aprított májminták fölé helyeztem 2 mm magasságban. Végül az Erlenmeyer-lombikokat üvegdugóval zártam le. 15 perc elteltével szemrevételezéssel vizsgáltam az elkészített mintákat. Ha a mintában hidrogén-szulfidot található, barnás elszíneződés látható az ólom(II)-nitrát oldatba áztatott szűrőpapíron.

Mind a zöldült, mind a nem zöldült minták esetében 5 májat vizsgáltam, mintánként 3 párhuzamos mérést hajtottam végre.

4.2.9. Statisztikai elemzés

A mérések során nyert eredmények statisztikai elemzését a 4.1.6. alfejezetben ismertetett statisztikai szoftver használatával végeztem.

A színmérés, a TBA szám meghatározás, az elemanalitika, valamint az aminosavprofil meghatározás esetében is páros t-próbát (Paired-Sample T Test) alkalmaztam.

A 4.1.6. alfejezetben foglaltakkal megegyező módon, a reziduumok normalitását Shapiro-Wilk teszttel, a szóráshomogenitást pedig Levene teszttel igazoltam. A szignifikancia szintet minden esetben $P \leq 0{,}05$-nek választottam.

4.3. Harmadik kísérlet – A kábítás hatásának vizsgálata

Az első és második kísérlet alkalmával a nyaki erek átvágását megelőzően nem történt kábítás. A többek között az állatjólét biztosítása érdekében alkalmazott technológiai lépés célja, hogy az akaratlagos mozgásképességet megszüntesse. A kábítást követően az állat nyugodtan függ a függesztőhorogban, még a véreztetés alatt sem csapkod. A kábítás lehetővé teszi az elvéreztetés gyors megindítását, a mozgató idegközpont bénítása révén pedig, egyes szakirodalmi források értelmében, javíthatja annak hatékonyságát (Gregory, 2005; Osborne et al., 2024).

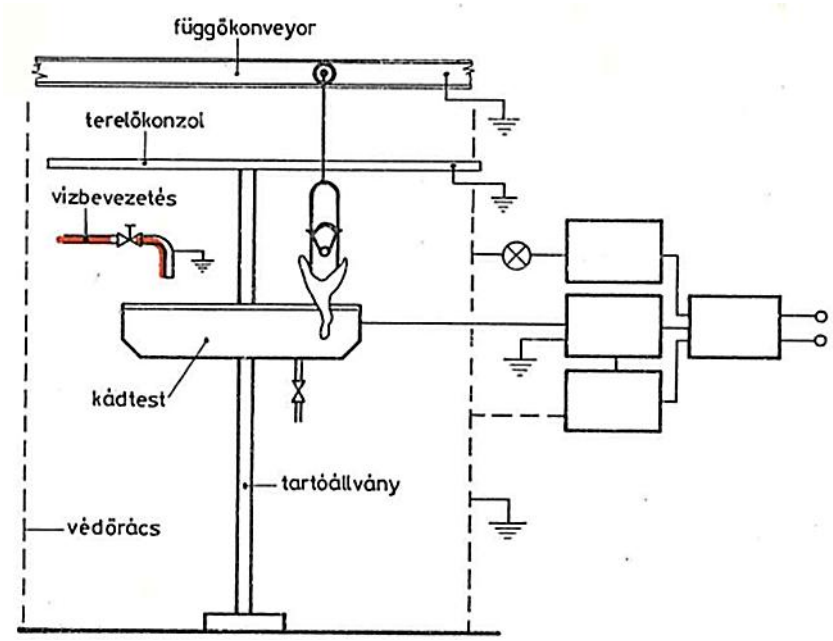
A véreztetés során megközelítőleg a testben található vérmennyiség fele távolítható el (Chiroque et al., 2010). Hipotézisem értelmében, a belsőségekben, különös tekintettel a hízott májban, a véreztetés után visszamaradó vér mennyisége hatással van a felületi zöld elszíneződés megjelenésére. Ezen okból kifolyólag szükségesnek tartottam megvizsgálni, hogy a kábítás hatással van-e a májból eltávolítható vér mennyiségére, ezáltal pedig a tárolás során bekövetkező, a hízott libamáj felületén megjelenő zöld színelváltozásra.

A feldolgozó üzem területére történő beszállítást követően, a kísérleti tervnek megfelelően, véletlenszerűen ismét 60 hízott libát választottam ki. A kísérleti csoportok kialakítása a **11. táblázatban** látható.

11. táblázat: A harmadik kísérlet során kialakított kísérleti csoportok

	Libák száma	Kábítás
1. csoport	30	Vágást megelőzően kábított
2. csoport	30	Vágást megelőzően nem kábított

Az egyedek megjelölését követően sor került a függesztésre, majd az 1. csoportba sorolt hízott libák kábítása volt a következő technológiai lépés, melynek során folyadékos elektromos kábítóberendezést alkalmaztam. A berendezés sematikus vázlata a **18. ábrán** látható.



18. ábra: Univerzális folyadékos elektromos baromfikábító berendezés sematikus vázlata (Kiss, 1990)

A berendezésnek része egy nyakvezető sín, amely a baromfik fejét a folyadékkal feltöltött, feszültség alatt lévő kádba vezette. A vízfürdő és a függesztőhorog által közvetített jó villamos érintkezés, valamint a folyamatosan szabályozható kábítófeszültség lehetővé tette a szárnyasok tökéletes kábítását.

A kísérlet során 110 V feszültséget alkalmaztam. Az elektromos kábítást követően a 4.1. alfejezetben ismertetett technológiai lépések következtek. A kézzel történő vágás után megtörtént a véreztetés, majd a forrázás, a kopasztás, a paraffinozás, a hidegvizes hűtés, majd paraffin eltávolítás következett végül pedig megtörtént a lábvágás.

A kábítás nélkül levágott hízott libák (2. csoport) esetében az első és második kísérlet során alkalmazott kábítást nem tartalmazó műveletsort követtem. A fekete övezetben végrehajtott utolsó fázist, azaz a lábvágást követően, a baromfitesteket (1. és 2. csoport) 8 órára –2°C-os hűtőkamrába helyeztem, majd a 6 °C-os maghőmérséklet elérését követően került sor a májak kiemelésére és tömegük meghatározására (Steinberg-Systems SBS-LW-10000A digitális mérleg, pontosság: 0,1 g, Steinberg-Systems expondo GmBh, Németország). Az egyenként történő vákuumcsomagolást megelőzően mindkét kísérleti csoport (kábított-nem kábított) esetében mértem a hízott libamájak hemoglobin-tartalmát.

A csomagolást követően (polietilén (PE) vákuumcsomagolás), de a fagyasztást megelőzően sor került a májminták felületi színének mérésére is. A fagyasztás után heti gyakorisággal mértem a minták színét, a tárolási próba végén pedig vizsgáltam a zöldült libamájrészek oldhatóságát,

valamint a csomagolás (oxidatív, reduktív közeg) zöldülésre gyakorolt hatását is. A 35 napig tartó fagyasztott körülmények között történő (–18°C) tárolási próba során elvégzett mérések a **12. táblázatban** láthatók.

12. táblázat: A 35 napig tartó tárolási próba során elvégzett mérések – harmadik kísérlet

0. nap	7. nap	14. nap	21. nap	28. nap	35. nap
Színmérés	Színmérés	Színmérés	Színmérés	Színmérés	Színmérés
Hemoglobin-tartalom meghatározás	–	–	–	–	–
–	–	–	–	–	Oldhatósági vizsgálat
–	–	–	–	–	Csomagolás vizsgálata

4.3.1. Színmérés

Az egyes kísérleti csoportokba tartozó májminták színmérését és a színinger különbség számítását (ΔE*) a 4.1.3. alfejezetben leírtak szerint végeztem.

Minden mérési időpontban valamennyi hízott libamáj felületi színét megmértem. Májanként 3 x 3 párhuzamos mérést hajtottam végre.

4.3.2. Hemoglobin-tartalom mérés

Az egyes kísérleti csoportokba tartozó májminták hemoglobintartalmának meghatározását a 4.1.2. alfejezetben leírtak szerint végeztem.

Mindkét kísérleti csoport esetében 3 májat vizsgáltam. Minden májon 3 párhuzamos mérést hajtottam végre.

4.3.3. Zöldült libamájrész oldhatóságának vizsgálata

Alapvetően kevés információ áll rendelkezésre a felületi színelváltozást kiváltó pigmentanyag természetéről, ezért fontosnak tartottam annak megállapítását, hogy poláros vagy apoláros vegyületről van szó. Tekintettel arra, hogy a pigment látványosan zöld, ezért fotometriás módszert alkalmaztam, ehhez azonban először oldatba kellett vinnem a zöld színanyagot.

A zöldülés által érintett és a nem zöldült területekről is összesen 5 g mintát vettem. A minták egyik felét 50 ml acetonnal (Sigma-Aldrich, CAS 67-64-1), a másik felét 50 ml desztillált vízzel,

IKA T 25 ULTRA-TURRAX homogenizátor segítségével 10.000 fordulat/perc sebességgel, 1 percig homogenizáltam. Az egyneműsített mintákat 5.000 fordulat/perc sebességgel, 4°C-on 10 percig centrifugáltam (Digicen 22 laborcentrifuga, Ortoalresa-Alvarez Redondo, S.A, Madrid, Spanyolország), majd redős szűrőpapíron leszűrtem. A spektrofotometriás meghatározás során a spektrumokat a 325-800 nm-es hullámhossz tartományban vettem fel, minden esetben releváns vakkal szemben, 10 mm-es optikai úthosszal rendelkező Standard O makroküvettában (Mettler Toledo Inc., Delaware, USA), Hitachi U-2900 (Hitachi Corp., Japán) spektrofotométert használva.

A kísérlet során összesen 10 májat (5 zöldült, 5 nem zöldült) vizsgáltam. Májanként 3 párhuzamos mérést végeztem.

4.3.4. Csomagolás (oxidatív, reduktív közeg hatásának) vizsgálata

A szulfhemoglobin képződés indukálta zöldülés hipotézis értelmében nemcsak kénhidrogénre (H_2S) és a vérből származó hemoglobinra van szükség a nem kívánatos színelváltozás megjelenéséhez, hanem oxigénszegény környezetre is, éppen ezért szándékomban állt az oxigén szerepének zöld színelváltozásban betöltött szerepének vizsgálata.

A mintákat szobahőmérsékleten (23°C) engedtettem fel, majd eltávolítottam az eredeti vákuumcsomagolást. Ezután a májakat egyenként módosított atmoszférás csomagolásba (Modified Air Packaging – MAP) helyeztem. A gázösszetétel a következő volt: 80% szén-dioxid (CO_2) és 20% oxigén (O_2). A tasak lezárását követően, a 4.1.3. alfejezetben leírtak szerint, óránként objektív színmérést hajtottam végre a kezdetben felületi zöld színelváltozást mutató májmintákon.

A kísérlet során összesen 5 zöldült májat vizsgáltam.

4.3.5. Statisztikai elemzés

A mérések során nyert eredmények statisztikai elemzését a 4.1.6. alfejezetben ismertetett statisztikai szoftver használatával végeztem.

Mind a színmérés, mind a hemoglobin-tartalom meghatározás esetében páros t-próbát (Paired-Sample T Test) alkalmaztam.

A 4.1.6. alfejezetben foglaltakkal megegyező módon, a reziduumok normalitását Shapiro-Wilk teszttel igazoltam. A szignifikancia szintet minden esetben $P \leq 0{,}05$-nek választottam.

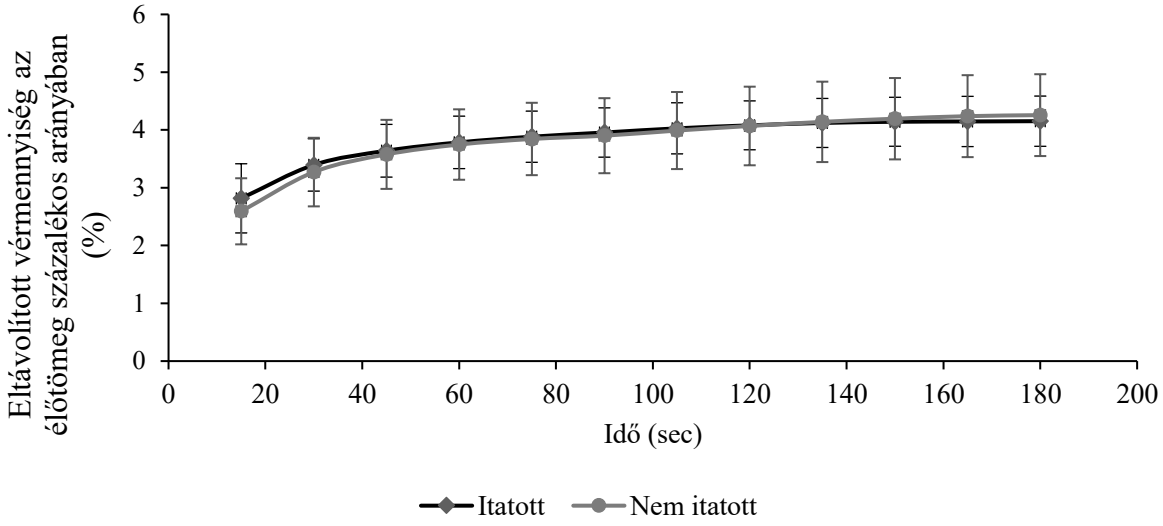
5. EREDMÉNYEK

5.1. Az első kísérlet eredményei - A vágást megelőző itatás és a különböző zsigerelési technológiák hatásának vizsgálata

Az első kísérlet célja az volt, hogy megvizsgáljam, hogyan befolyásolja a vágást megelőző itatás, valamint a különböző zsigerelési metódusok – hidegbontás, melegbontás – a hízott libamáj minőségét.

5.1.1. A véreztetés során eltávozó vér mennyiségének mérése

Az itatás vérzési kinetikára és az eltávolított vér mennyiségére gyakorolt hatását a **19. ábra** mutatja be. A vérzési kinetikát tekintve nem látható számottevő különbség az itatott és a nem itatott csoportok egyedei között. Az eltávolított vér mennyiségének tekintetében nem volt szignifikáns különbség a csoportok között (P = 0,765).



19. ábra: A vágást megelőző itatás hatása a vérzési kinetikára és az eltávolított vér mennyiségére (n=18 hízott liba/kísérleti csoport)

Megállapítottam, hogy a véreztetés során eltávolítható vér 90%-a a nyakvágást követő 60 másodpercen belül távozik a testből. Kelly & Alworth (2013) publikációjának értelmében a baromfik vérmennyiségének testtömegre vetített százalékos aránya megközelítőleg 6–7,5%. Kísérletem során a hízott libák testében található vér több, mint 50%-a távozott el a véreztetés során, a 180. másodperc végére az érték átlagosan 4,2% volt az élőtömegre vonatkozóan. Warriss (1984) eredményei alapján a testben található teljes vérmennyiség 40–60%-a távolítható el

véreztetés során, azonban ez az arány csökkenhet a vér esetleges besűrűsödése, valamint véralvadás esetén. A hízott májban visszamaradó vér nemkívánatos elváltozásokhoz vezethet és csökkentheti a termék eltarthatóságát.

A kísérlet során gyűjtött adatok alapján megállapítást nyert, hogy a vágást megelőző itatás nem befolyásolta szignifikáns mértékben sem a kivérzés sebességét (P = 0,426), sem az eltávolítható vér mennyiségét (P = 0,765).

5.1.2. Hemoglobin-tartalom mérés

Az itatás és a zsigerelés hatását a májak hemoglobin-tartalmára a **13. táblázat** mutatja be. A kísérlet során kapott eredmények értelmében az itatás szignifikáns mértékben csökkentette a hízott libamájak hemoglobin-tartalmát (P < 0,001). Ezzel szemben a zsigerelés hatása nem volt szignifikáns (P = 0,656).

13. táblázat: Az itatás és a zsigerelés hatása a májak hemoglobin-tartalmára. A kisbetűk (a,b) a statisztikai analízis eredményét mutatják ($P \leq 0,05$) (n=3 hízott máj/kísérleti csoport)

Itatás	Zsigerelési metódus	Hemoglobin-tartalom (mg/g máj)
Itatott	Hidegbontás	9,68[a]
	Melegbontás	9,74[a]
Nem itatott	Hidegbontás	10,54[b]
	Melegbontás	10,46[b]

A hemoglobin a vörösvértestekben található fehérje (Ford, 2013), értéke alapján következtetni lehet a vér mennyiségére.

Az itatott libák májának hemoglobin-, ezáltal vértartalma szignifikánsan kisebb volt (P < 0,001), mint a nem itatott példányoké. A legvalószínűbb magyarázat a jelenségre az, hogy az itatás során a libák szervezetébe jutatott víz a testben található vért hígította, így az kevésbé volt viszkózus, mint a nem itatott példányok vére. Az erek nem szűkültek be, ezáltal a keringés fokozódott.

Megállapítást nyert, hogy az itatásnak köszönhetően nagyobb mennyiségű vért lehetett eltávolítani a hízott libamájakból, azonban a mért értékek szerint majdnem ugyanannyi vér távozott el a libák testéből az itatott és nem itatott csoportok egyedeinek esetében (5.1.1. alfejezet). Ez azt jelenti, hogy a vágást megelőzően itatott csoportba tartozó madarak májának vértartalma

nagyobb mértékben csökkent, de a vér egy része a testben maradt. Ennek a jelenségnek az egyik lehetséges magyarázata az, hogy a nyaki vénáknál található vágásban véralvadás következett be, és a vér testből történő kiáramlásának útja elzáródott. Sabow et al. (2016) szerint a véreztetéskor el nem távozó vér nagyrészt a zsigerekben gyülemlik fel, nem pedig az izomszövetben.

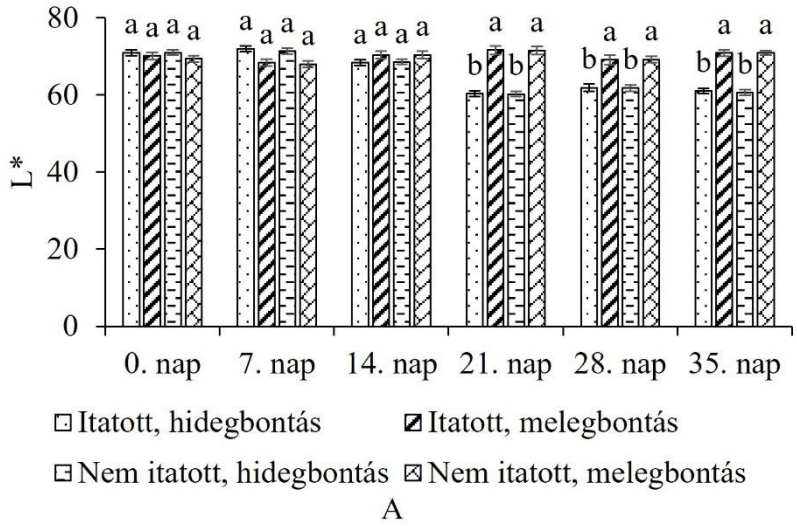
Meg kell említeni továbbá, hogy a hemoglobin-tartalom mérés esetében a máj tömegére vonatkozóan történt a meghatározás, azonban a véreztetés során eltávozó vér mennyiségének mérésekor a hízott libák teljes testtömegére vonatkoztattam, ezáltal a nagyságrendnyi tömegkülönbség is magyarázatul szolgálhat arra, hogy a hemoglobin-tartalom esetében az itatott és nem itatott csoportok között kimutatott szignifikáns különbség miért nem mutatkozott meg a véreztetés vizsgálatakor. Nem mehetek el amellett sem, hogy a hemoglobin-tartalom meghatározás egy sokkal szenzitívebb mérési módszer, mint a vágóhídon történt kivérzési kinetika determinációját célzó mérés, ezért az utóbbi esetében esetlegesen bekövetkező mérési hiba torzítást eredményezhetett a számított adatok tekintetében.

A hidegen és a melegen történő zsigerelési technikák között nem mutatkozott szignifikáns különbség ($P = 0{,}656$) a hemoglobin-tartalom tekintetében.

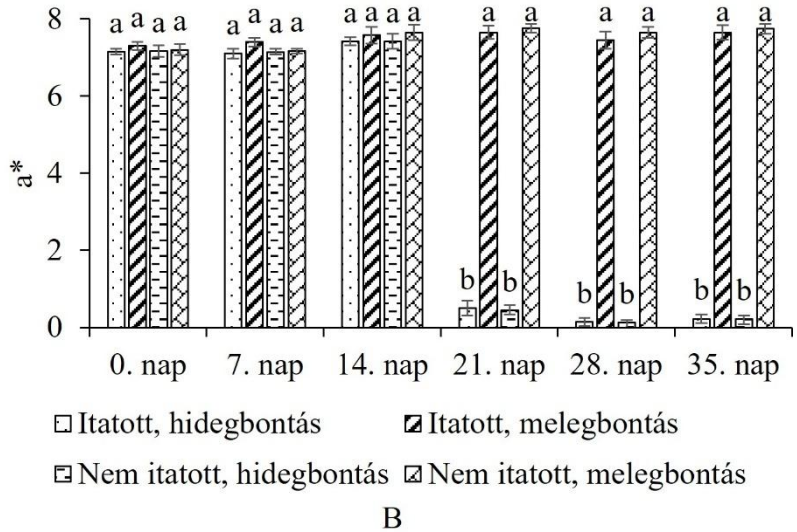
5.1.3. Színmérés

Az itatás és a zsigerelés hatását a fagyasztva tárolt hízott libamájak világossági tényező (L*), vörös / zöld színkoordináta (a*) és sárga / kék színkoordináta (b*) értékének alakulására vonatkozóan a **20. (A)**, **20. (B)** és **20. (C).** ábrák mutatják be. A statisztikai elemzés során megállapítást nyert, hogy az itatásnak nem volt szignifikáns hatása a májak világosságára ($P = 0{,}715$). A hűtést követően végrehajtott zsigerelés azonban szignifikáns hatást gyakorolt ugyanezen színtényezőre ($P < 0{,}001$). A hidegbontással eltávolított hízott libamájak sötétebbek lettek, miközben a melegbontási technológiával zsigerelt májak megőrizték kiindulási világosságukat. A statisztikai elemzés eredményeként kapott szignifikáns különbséget először a 21. napon detektáltam, de a kialakulása a 14. és 21. nap közé tehető. A jelenség a kísérlet végéig kitartott.

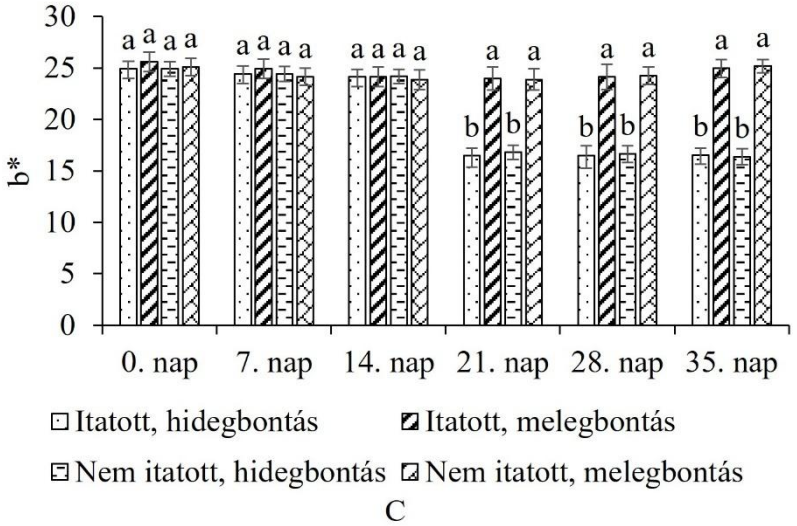
A statisztikai elemzés során megerősítést nyert, hogy az itatásnak nem volt szignifikáns hatása a májak vörös/zöld színtényezőjére ($P = 0{,}979$). A hidegen történő zsigerelésnek azonban szignifikáns hatása volt a májak ugyanezen paraméterére ($P < 0{,}001$), ugyanis a hidegbontott májak elkezdték elveszíteni vöröses jellegüket, színük a zöldes irányba tolódott el. A szignifikáns különbséget, hasonlóan a világossági tényezőhöz, először a 21. napon detektáltam.



A



B



C

20. ábra: Az itatás és a zsigerelés hatása a fagyasztva tárolt hízott libamájak világossági tényezőjének (L*) (A), vörös / zöld színtényezőjének (a*) (B) és sárga / kék színtényezőjének (b*) (C) értékére (n = 15 hízott máj/kísérleti csoport)
Az oszlopok feletti kisbetűk (a,b) a statisztikai analízis eredményét mutatják ($P \leq 0,05$)

A kísérlet eredményei azt mutatták, hogy az itatásnak nem volt szignifikáns hatása a májak sárga/kék színtényezőjére (P = 0,964). A hidegbontás azonban szignifikáns hatást gyakorolt a májak ugyanezen paraméterére (P < 0,001),), ugyanis a hidegbontott májak elkezdték elveszíteni sárgás jellegüket, színük a kékes irányba tolódott el. A szignifikáns különbséget a tárolási próba 21. napján mutattam ki először, és az a kísérlet végéig kitartott.

A **14. táblázat** a különböző kísérleti csoportokból származó hízott libamáj minták közötti, az egyes mérési időpontokban számított színbeli különbséget (ΔE*) mutatja be. A statisztikai elemzés értelmében szignifikáns különbség (P<0,001) volt kimutatható a 21. napon a hidegen és melegen zsigerelt csoportok között. A jelenség a kísérlet végéig megfigyelhető volt. Az 5<ΔE* értékek az emberi szem által jól érzékelhető, nagy színkülönbséget jelölték.

A fagyasztva tárolás első 14 napjában a színkoordináták egyikénél sem volt kimutatható szignifikáns különbség a kísérleti csoportok között (P = 0,368). A számított színkülönbség (ΔE*) értéke 1 és 2 között változott, ami azt jelentette, hogy csak a tapasztalt megfigyelők észlelhettek kismértékű színbeli eltérést a vizsgált csoportok között. A 21. napon a hidegen zsigerelt csoportok esetében jelentős csökkenés volt megfigyelhető a világossági tényező (L*), valamint a vörös/zöld színkoordináta (a*) és a sárga/kék színkoordináta (b*) tekintetében egyaránt. A legnagyobb csökkenés az a* értékében volt látható, azonban a különbség a másik két színparaméter esetében is szignifikáns mértékű volt a hidegen és melegen zsigerelt csoportok között (P < 0,001 és P < 0,001). Ez a jelenség egészen a kísérlet végéig kimutatható volt. A vörös/zöld színtényező (a*) értékének csökkenése a hűtést követően zsigerelt májak esetében azt jelentette, hogy a minták elkezdték elveszíteni vöröses jellegüket, és színük a zöld irányába változott.

A hemoglobint vagy mioglobint tartalmazó, hőkezeléssel nem tartósított állati eredetű termékek felületi elszíneződése régóta ismert. Az első, a témával foglalkozó publikáció több mint egy évszázaddal ezelőtt látott napvilágot (Pennington & Sherwood, 1922). A szerzők megállapításának értelmében a zöldülést a hemoglobin szulfatációja okozhatja. A termékek minőségét hátrányosan befolyásoló folyamat létrejöttéhez hidrogén-szulfid (H_2S), az elégtelen kivérzés következtében visszamaradó vér, ezáltal hemoglobin, valamint alacsony oxigéntenzió szükséges (Ziessman, 2006; Nicol et al., 1970). Szabó et al. (2014) szerint a hidegbontási technikával eltávolított, vákuumcsomagolt és fagyasztva tárolt hízott libamáj felületi zöldes elszíneződését a szulfhemoglobin képződése okozhatja.

Megállapítható, hogy az itatásnak nem volt statisztikai elemzés útján igazolható hatása az egyes színparaméterekre vonatkozóan. A vágást megelőző itatás ugyan csökkenteni tudta a hízott

libamájak hemoglobin-tartalmát, azonban a vegyület továbbra is jelen volt a májakban, így minden feltétel biztosított volt a szulfhemoglobin képződéséhez.

14. táblázat: A különböző kísérleti csoportokból származó hízott libamájak közötti színbeli különbség (ΔE*), az egyes mérési időpontokban számítva (n = 15 hízott máj/kísérleti csoport) A sorokon belül látható kisbetűk (a,b) a statisztikai analízis eredményét mutatják ($P \leq 0,05$)

0. nap				
ΔE*	Itatott, hidegbontás	Itatott, melegbontás	Nem itatott, hidegbontás	Nem itatott, melegbontás
Itatott, hidegbontás	-	1,06[a]	1,11[a]	1,61[a]
Itatott, melegbontás	-	-	1,06[a]	1,01[a]
Nem itatott, hidegbontás	-	-	-	1,61[a]
Nem itatott, melegbontás	-	-	-	-
7. nap				
ΔE*	Itatott, hidegbontás	Itatott, melegbontás	Nem itatott, hidegbontás	Nem itatott, melegbontás
Itatott, hidegbontás	-	1,65[a]	1,71[a]	1,59[a]
Itatott, melegbontás	-	-	1,21[a]	1,34[a]
Nem itatott, hidegbontás	-	-	-	1,53[a]
Nem itatott, melegbontás	-	-	-	-
14. nap				
ΔE*	Itatott, hidegbontás	Itatott, melegbontás	Nem itatott, hidegbontás	Nem itatott, melegbontás
Itatott, hidegbontás	-	2,05[a]	1,32[a]	2,18[a]
Itatott, melegbontás	-	-	1,84[a]	0,74[a]
Nem itatott, hidegbontás	-	-	-	1,96[a]
Nem itatott, melegbontás	-	-	-	-
21. nap				
ΔE*	Itatott, hidegbontás	Itatott, melegbontás	Nem itatott, hidegbontás	Nem itatott, melegbontás
Itatott, hidegbontás	-	15,51[b]	1,42[a]	15,41[b]
Itatott, melegbontás	-	-	15,59[b]	0,42[a]
Nem itatott, hidegbontás	-	-	-	15,34[b]
Nem itatott, melegbontás	-	-	-	-
28. nap				
ΔE*	Itatott, hidegbontás	Itatott, melegbontás	Nem itatott, hidegbontás	Nem itatott, melegbontás
Itatott, hidegbontás	-	13,04[b]	1,28[a]	13,28[b]
Itatott, melegbontás	-	-	13,00[b]	0,25[a]
Nem itatott, hidegbontás	-	-	-	13,24[b]
Nem itatott, melegbontás	-	-	-	-
35. nap				
ΔE*	Itatott, hidegbontás	Itatott, melegbontás	Nem itatott, hidegbontás	Nem itatott, melegbontás
Itatott, hidegbontás	-	15,25[b]	1,55[a]	15,49[b]
Itatott, melegbontás	-	-	15,62[b]	0,22[a]
Nem itatott, hidegbontás	-	-	-	15,77[b]
Nem itatott, melegbontás	-	-	-	-

5.1.4. pH mérés

Az itatás és a zsigerelés hatását a májak pH-értékére vonatkozóan a **15. táblázat** mutatja. Az eredmények azt mutatták, hogy sem az itatásnak (P = 0,225), sem pedig a különböző zsigerelési metódusoknak (P = 0,606) nem volt szignifikáns hatása a hízott libamájak pH értékének alakulására. A vágást megelőző itatás elsődleges célja a vágóállatok megnyugtatása. A szállítás okozta stressz következtében fellépő fokozott glikogénbontás (Carrasco-García et al., 2020), majd a vágást követő anaerob körülmények között lezajló glikolízis (Pösö & Puolane, 2005) eredményeként nagyobb mennyiségű tejsav képződik, amely a pH-t a savas irányba tolja el, tehát az értéket számottevő mértékben csökkenti.

Kísérletem során az itatás nyugtató hatását egyáltalán nem sikerült igazolni, ugyanis az itatott és nem itatott egyedek májának pH értéke nem különbözött szignifikáns mértékben. Feltételezésem szerint, az itatás nyugtató hatása *ad libitum* kivitelezés esetén lett volna kimutatható.

15. táblázat: Az itatás és a zsigerelés hatása a májak pH értékére. A kisbetűk (a,b) a statisztikai analízis eredményét mutatják ($P \leq 0,05$) (n = 15 hízott máj/kísérleti csoport)

Itatás	Zsigerelési metódus	pH
Itatott	Hidegbontás	6,91[a]
	Melegbontás	6,95[a]
Nem itatott	Hidegbontás	6,89[a]
	Melegbontás	6,94[a]

A pH érték tekintetében sem az itatás, sem pedig a különböző technikával végrehajtott zsigerelés nem eredményezett szignifikáns különbséget (P = 0,225 és P = 0,606) a kísérleti csoportok között. Ezek az eredmények összhangban vannak a kísérlet megtervezésekor felvetett hipotézisekkel.

A májat erek szövik át. A többek között az anyagcsere folyamatok szabályozásáért, fehérjeszintézisért és méregtelenítésért felelős szerv minden egyes pillanatban a szervezetben található teljes vérmennyiség megközelítőleg 13%-át tartalmazza (Ziessman, 2006). A véreztetés során a teljes vérmennyiség mintegy 50%-a távolítható el, tehát jelentős mennyiségű, hemoglobint tartalmazó folyékony kötőszövet marad a testben.

A vér pH-ja normál körülmények között – sem az acidózis, sem pedig az alkalózis nem befolyásolja az értéket – 7,3 és 7,5 között mozog (Zhou et al., 2008). A tiszta víz pH értéke, melyet

a hízott libák a vágást megelőző itatás során kaptak, 7,0. Kijelenthető, hogy a vér nagymértékben befolyásolja a hízott libamáj pH-ját, és már a mérések megkezdése előtt prognosztizálható volt, hogy az itatás során a baromfik szervezetébe jutatott 200 ml víz nem okoz majd jelentős változást.

A zsigereléssel kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy jelenlegi ismereteim szerint hidegbontás esetén nem képződnek savas vagy lúgos karakterű vegyületek a hűtési fázis alatt, következésképp kijelenthető, hogy a hízott libamáj pH értékét nem befolyásolja a zsigerelés módja.

5.1.5. Mikrobiológiai vizsgálat

A baromfikhoz köthető baktériumnemzetségeket a **16. táblázat** mutatja be. Az MALDI-TOF vizsgálat eredményeinek értelmében, a májmintákban *Escherichia coli, Brochothrix thermosphacta, Carnobacterium maltaromaticum* és *Aeromonas bestiarum* mikrobák jelenléte volt kimutatható. Az *Escherichia coli* faj képviselői csak a hűtés nélkül, melegbontási technikával zsigerelt májakban voltak detektálhatók, azonban a *Brochothrix thermosphacta*, a *Carnobacterium maltaromaticum* és az *Aeromonas bestiarum* fajok megjelenése független volt a zsigerelés módjától, mind a meleg, mind a hideg eljárás során eltávolított májakban megtalálhatók voltak.

16. táblázat: A baromfikhoz köthető baktériumnemzetségek, és a MALDI-TOF vizsgálat során, hízott libamájak felületén kimutatott mikrobák (n = 5 hízott máj/kísérleti csoport)

Nemzetség	Kimutatható	Nemzetség	Kimutatható
Pseudomonas	Nem	***Brochothrix***	**Igen**
Alcaligenes	Nem	***Carnobacterium***	**Igen**
Achromobacter	Nem	***Aeromonas***	**Igen**
Escherichia	**Igen**	*Corynebacterium*	Nem
Aerobacter	Nem	*Flavobacterium*	Nem
Salmonella	Nem	*Streptomyces*	Nem
Aeromonas	Nem	*Brevibacterium*	Nem
Micrococcus	Nem	*Streptococcus*	Nem
Staphylococcus	Nem	*Arthrobacter*	Nem
Campylobacter	Nem	*Actinomyces*	Nem
Enterococcus	Nem	*Lactobacillus*	Nem
Listeria	Nem	*Sarcina*	Nem

A hízott libamájak felületén megjelenő nemkívánatos zöld elszíneződést vélhetőleg a hemoglobin szulfatációja során keletkező szulfhemoglobin képződése okozza. A hemoglobin a

véreztetés során el nem távolított vérből származik (Billett, 1990), a hidrogén-szulfid (H_2S) pedig bakteriális anyagcsere folyamatok révén termelődhet (Murros, 2022). Hűtött húsok és húskészítmények esetében gyakori szennyezők a *Pseudomonas* fajok (Elbehiry et al., 2022), melyeknek számos képviselője képes hidrogén-szulfid (H_2S) termelésre, úgymint a *Pseudomonas aeruginosa* (Caruso et al., 2024), a *Pseudomonas mephitica* (Nicol et al., 1970) és a *Pseudomonas putrefaciens* (Serio et al., 2014). Mivel a meghatározás során alkalmazott nátrium-cefalotin-cetrimid agar táptalaj nem kizárólagosan szelektív *Pseudomonas* fajokra, más mikrobák jelenlétének vizsgálatára is lehetőség nyílt. Tekintettel arra, hogy *Pseudomonas* fajok nem voltak detektálhatók egyetlen zöldült májminta felületén sem, kijelenthető, hogy a színelváltozás egyik kritériumaként definiált hidrogén-szulfid (H_2S) nem utólagos mikrobiális szennyeződés eredménye.

Valószínűsíthető, hogy a tömés útján táplált madarak nem képesek tökéletesen megemészteni a szervezetükbe juttatott, a testtömegükhöz képest igen jelentős mennyiségű takarmányt. A tápanyagok egy része nem szívódik fel megfelelően a vékonybélben, és a kóros emésztési folyamatok következményeként hidrogén-szulfid (H_2S) keletkezhet. Barnes & Shrimpton (1957) munkásságának értelmében, hidegbontás esetén a hidrogén-szulfid (H_2S), keresztüldiffundál a beleken, és a test számos pontjába eljut. A jelenség az *intestinum* megnövekedett permeabilitásával magyarázható. A háromlépéses bélgát – a mikrobiom, a bélnyálkahártya, valamint a bélhez kapcsolódó immunrendszer – a vágást követően megsérülhet, és az emésztés során képződő vegyületek transzlokációja következhet be. Melegbontás alkalmazása esetén ez a kiáramlás, a máj azonnali eltávolításával, megakadályozható. Baxter et al. (2019) szerint a takarmány összetétele és minősége is befolyásolja a belek áteresztőképességét.

Az *Escherichia coli* a coliform csoport tagja, patogénnek számít, jelenléte fekáliás eredetű szennyeződésre utal (Holcomb et al., 2020), mely a kézi erővel, késsel végrehajtott zsigerelés során a végbél megsértésére vezethető vissza.

A *Carnobacterium maltaromaticum* gyakran előfordul állati eredetű termékekben, valamint az állatokhoz és az állattartáshoz kapcsolódó környezetben (Cailliez-Grimal et al., 2014). Patogénként tartják számon.

Az *Aeromonas bestiarum* elsősorban a vízi élővilághoz köthető, és különböző betegségek kialakulását okozhatja emlősök, halak, valamint madarak vonatkozásában (Kumru et al., 2018).

A *Brochothrix thermosphacta* romlást okozó baktérium, azonban nem patogén. Jelenléte gyakorta detektálható aerob körülmények között tárolt vagy módosított atmoszférás

csomagolásban elhelyezett, tartósító eljáráson át nem esett húsokban, azonban vákuumcsomagolt, hűtve tárolt húsok esetében is képes élettevékenységet folytatni, metabolikus termékeket előállítani (Feiner, 2006).

Jelenlegi ismereteim alapján a felsorolt fajok egyike sem hozható összefüggésbe a zöld elszíneződéssel.

5.1.6. Az első kísérlet eredményeinek összefoglalása

A kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy a vágást megelőző itatás szignifikáns mértékben csökkenti a hízott libamáj hemoglobin-tartalmát, tehát a májban visszamaradó vér mennyiségét. Megállapítható, hogy az alkalmazott bontási technológia jelentős mértékben befolyásolja a hízott libamáj színét, ugyanis a melegbontás útján eltávolított májak felületén nem jelent meg zöld színelváltozás. Megállapítható, hogy sem a vágást megelőző itatás, sem pedig a különböző bontási technikák nem gyakorolnak szignifikáns hatást a hízott libamáj pH értékére. Továbbá megállapítható, hogy a hidegbontással eltávolított, felületi zöld elszíneződést mutató májakon nem detektálható kénhidrogén termelő baktériumtörzs jelenléte.

5.2. A második kísérlet eredményei - A különböző zsigerelési technológiák hatásának célzott vizsgálata

A második kísérlet célja az volt, hogy megvizsgáljam a fagyasztott körülmények között tárolt, vákuumcsomagolt hízott libamáj felületén megjelenő nemkívánatos zöld színelváltozás lehetséges kiváltó okait – különös tekintettel a hemoglobin szulfatációja során képződő szulfhemoglobin, valamint az epe zöldülésben betöltött szerepére vonatkozóan.

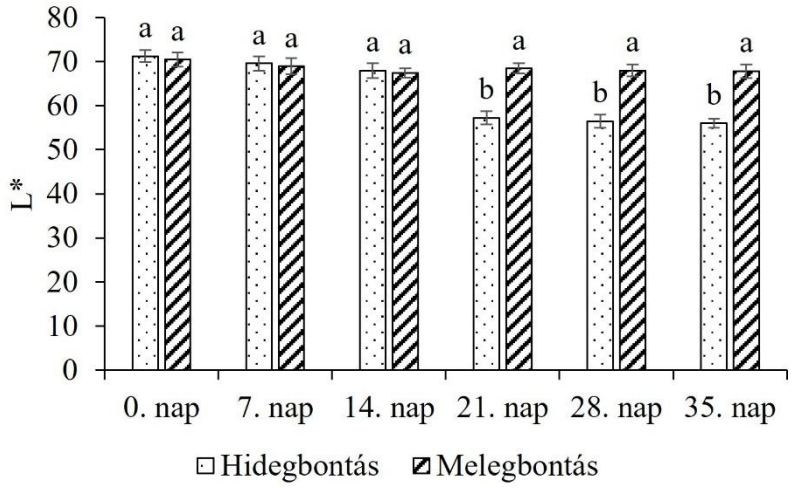
5.2.1. Színmérés

A zsigerelés és a tárolási idő hatását hízott libamájak világossági tényező (L*), vörös / zöld színkoordináta (a*), sárga / kék színkoordináta (b*) értékének alakulására vonatkozóan a **21. (A)**, **21. (B)** és **21. (C). ábrák** mutatják be. A hidegbontás és a 35 napos fagyasztott körülmények között történő tárolás kombinációja szignifikáns hatást ($P \leq 0,05$) gyakorolt az L*-ra, a hidegbontott libamájak felülete sötétebb lett. A tárolási próba végére zöldes elszíneződés jelent meg a hidegbontás útján eltávolított hízott libamájak felületén, míg a melegbontási technikával zsigerelt egyedek májának esetében nem volt statisztikailag igazolható különbség a kezdeti értékhez képest.

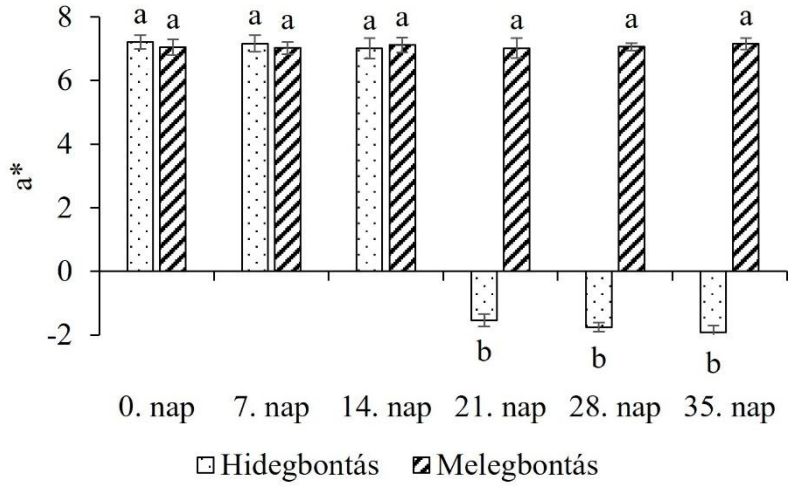
A világossági tényező (L*) esetében tapasztaltakhoz hasonlóan, az a* értékek vizsgálatakor is szignifikáns különbség ($P<0,001$) mutatkozott a két hatás – hidegbontás és fagyasztva tárolás – együttes alkalmazása esetén. A tárolási próba végére zöldes elszíneződés jelent meg a hidegbontás útján eltávolított hízott libamájak felületén, míg a melegbontási technikával zsigerelt egyedek májának esetében nem volt statisztikailag igazolható különbség a kezdeti értékhez képest.

A vörös/zöld színtényező (a*) átlagértéke, a hidegbontással eltávolított hízott libamájak esetében, a kiindulási 7,91-ről -3,81-re csökkent a 35 nap alatt. Az első kísérlet során, a tárolási próba végére, a vörös színezet (a*) értékek szignifikáns mértékben csökkentek a hidegbontással eltávolított májak esetében a kezdeti értékekhez képest, azonban mindvégig a pozitív tartományban maradtak. A második kísérlet során ugyanezen színösszetevő értéke a tárolási próba végére, negatív értéket vett fel. A jelenségre a véreztetés adhat magyarázatot. A kivérzés kevésbé lehetett hatékony a második kísérlet során, ezáltal több vér maradhatott a libák májában. A nagyobb mennyiségű vér értelemszerűen nagyobb hemoglobin koncentrációt eredményezett, így a szulfhemoglobin képződés egyik fő kritériuma, a hemoglobin jelenléte, biztosított volt.

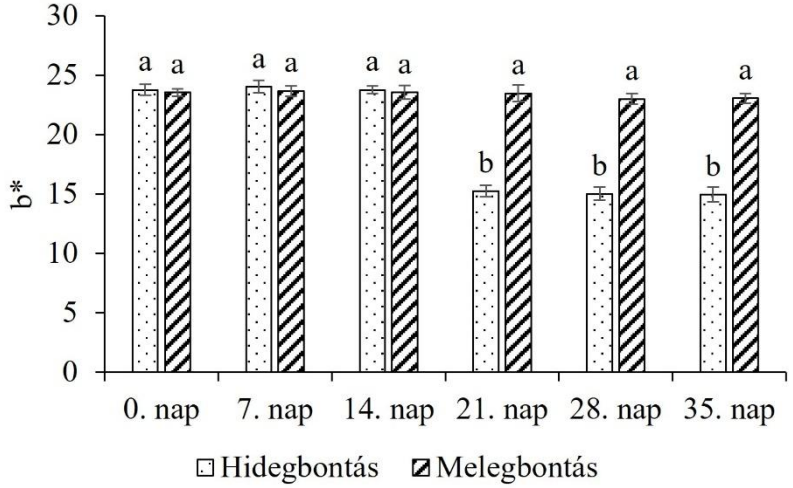
A statisztikai elemzés eredményeinek értelmében szignifikáns különbség ($P \leq 0,05$) mutatkozott a vizsgált csoportok között, a b* tekintetében is. A hidegbontással eltávolított májak veszítettek sárgás jellegükből és színezetük a kékes irányba tolódott el.



A



B



C

21. ábra: A zsigerelés és a tárolási idő hatása a hízott libamájak világossági tényezőjének (L*) (A), vörös / zöld színtényezőjének (a*) (B) és sárga / kék színtényezőjének (b*) (C) értékére (n = 30 hízott liba/kísérleti csoport)
Az oszlopok feletti kisbetűk (a,b) a statisztikai analízis eredményét mutatják ($P \leq 0,05$).

A **17. táblázat** a különböző kísérleti csoportokból származó hízott libamáj minták közötti színbeli különbséget (ΔE*) mutatja be. Azon összevetések esetében, ahol az érzékelt színkülönbség (ΔE*) értékei nem haladták meg a 2-t, csak a tapasztalattal rendelkező megfigyelők észlelhettek különbséget az egyes kísérleti csoportokba tartozó hízott libamájak között, azonban az 5 feletti értékek azt jelentették, hogy az érzékszervi bírálók két különböző színt észleltek. A hűtést követően végrehajtott zsigerelés és a fagyasztva tárolás együttes hatása szignifikánsnak ($P < 0,001$) bizonyult a ΔE* érték vonatkozásában.

17. táblázat: A különböző kísérleti csoportokból származó hízott libamájak közötti színbeli különbség (ΔE*) (n = 30 hízott máj/kísérleti csoport)
A sorokon belül látható kisbetűk (a,b) a statisztikai analízis eredményét mutatják (P ≤ 0,05)

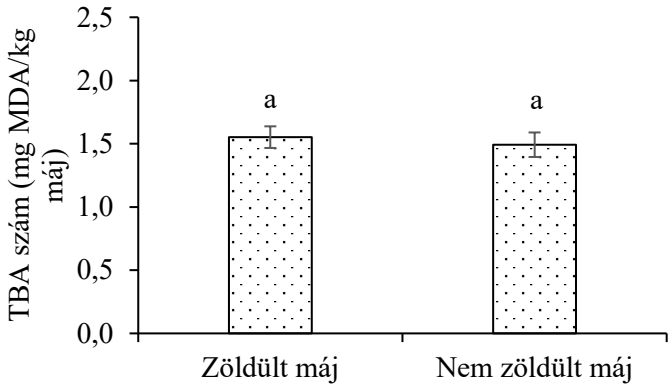
Mérési időpont	ΔE*
0. nap	1,48[a]
7. nap	1,54[a]
14. nap	1,61[a]
21. nap	15,29[b]
28. nap	16,02[b]
35. nap	16,12[b]

A második kísérlet során egyértelműen bizonyítást nyert, hogy a zsigerelés módja egyértelműen hatással van a hízott libamáj felszínén megjelenő zöld színelváltozásra, azonban az effektus nem azonnali, a színbeli változás bekövetkezéséhez időre van szükség.

A 35 napos fagyasztott körülmények között történő tárolás végére különböző kiterjedésű és árnyalatú zöld foltok jelentek meg a hidegbontási technikával eltávolított májak felszínén, azonban a hűtés nélkül, közvetlenül a vágást követően zsigerelt példányok májának felszínén nem volt kimutatható a zöldülés jelensége sem objektív, sem pedig szubjektív vizsgálati úton. A statisztikai próba szignifikáns különbséget mutatott a világossági tényező (L*) ($P \leq 0,05$), a vörös/zöld színkoordináta (a*) ($P < 0,001$), valamint a sárga/kék színkoordináta (b*) ($P \leq 0,05$) esetében egyaránt az egyes kísérleti csoportok között.

5.2.2. TBA szám meghatározás

A fagyasztott tárolási próba végén mért, lipid oxidációt jellemző TBA szám értékeket a zöldült, valamint a nem zöldült májak esetében a **22. ábra** mutatja be.



22. ábra: A fagyasztott tárolási próba végén mért, lipid oxidációt jellemző TBA szám értékek a zöldült, valamint a nem zöldült májak esetében (n = 5 hízott máj/csoport)
Az oszlopok feletti kisbetű (a) a statisztikai analízis eredményét mutatja ($P \leq 0,05$)

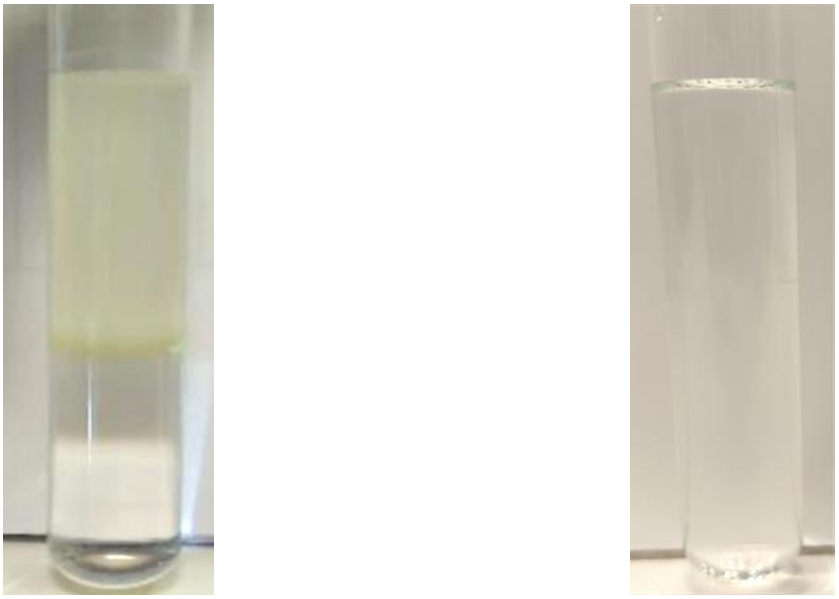
Az eredmények statisztikai elemzése során nem mutatkozott szignifikáns mértékű különbség, a zöldült és nem zöldült májak között a lipid oxidációt jellemző TBA szám értékek tekintetében ($P = 0,326$). A zöldült libamájminták átlagos TBA szám értéke 1,552 mg MDA/kg máj volt, a nem zöldült mintáké pedig 1,492 mg MDA/kg máj. Ez alapján kijelenthető, hogy a zöld színelváltozás hátterében valószínűsíthetően nem lipid oxidációs folyamatok állnak.

5.2.3. Kvalitatív epetartalom meghatározás

A hízott libamáj felületén megjelenő zöld színelváltozással kapcsolatban megfogalmazott hipotéziseim egyike, hogy a jelenség hátterében a máj által előállított emulgeáló hatású váladék, azaz az epe termelődése is állhat.

A Gmelin-féle gyűrűpróba pozitív reakciót produkált a kontrollminta – hízott liba epéjéből készített extraktum – esetében, azonban a májmintákból készített kivonatok vizsgálatakor nem képződött színes gyűrű a két folyadék határfelületén, tehát a próba eredménye valamennyi esetben negatívnak bizonyult. Ez alapján az a következtetés vonható le, hogy az epe színét adó festékanyagok – bilirubin, biliverdin – nem voltak jelen a vizsgált, zöldülés által érintett májmintákban, ami azt jelenti, hogy a zöld színelváltozás oka, nagy valószínűség szerint nem a zöldessárga árnyalatú epe.

A Gmelin-féle gyűrűpróba eredménye a **23. (A) és 23. (B)** ábrákon látható.



A B

23. ábra: A Gmelin-féle gyűrűpróba eredménye hízott liba epéből készített extraktum (A), valamint a zöldülés által érintett májmintákból készült kivonat (B) esetében
(forrás: Saját felvétel)

5.2.4. Elemanalitika

Az elemanalitikai vizsgálat során arra a kérdésre kerestem választ, hogy található-e olyan elem a májban, ami összefüggésbe hozható a zöldüléssel, valamint, hogy mutatkozik-e különbség a makro- és mikroelemek vonatkozásában a hízott libamáj egyes részei között.

Az ICP-OES műszeres analitikai mérés eredményeit a **18. táblázat** tartalmazza. Az elemanalízis eredményeinek értelmében a zöldült és nem zöldült májminták között mindössze három kémiai elem tekintetében mutatkozott szignifikáns különbség. A mérés a kálium (K), a vas (Fe) és a mangán (Mn) esetében jelzett statisztikailag kimutatható eltérést ($P \leq 0{,}05$).

A felsorolt három elem közül a vas játszhat szerepet a hízott libamáj zöld elszíneződésében, azonban, a kísérleti csoportok közötti, az egyes mintavételi helyek esetében kimutatott szignifikáns különbség ellenére, nem volt olyan mértékű koncentráció különbség a vas vonatkozásában, ami magyarázatul szolgálhatna a zöld szín megjelenésére. A kálium és a mangán esetében tapasztalt különbségek indokolhatnák a felületi zöld színelváltozás megjelenését, azonban jelenlegi ismereteim szerint ezen ásványi anyagok nem állnak összefüggésben a jelenség kialakulásával.

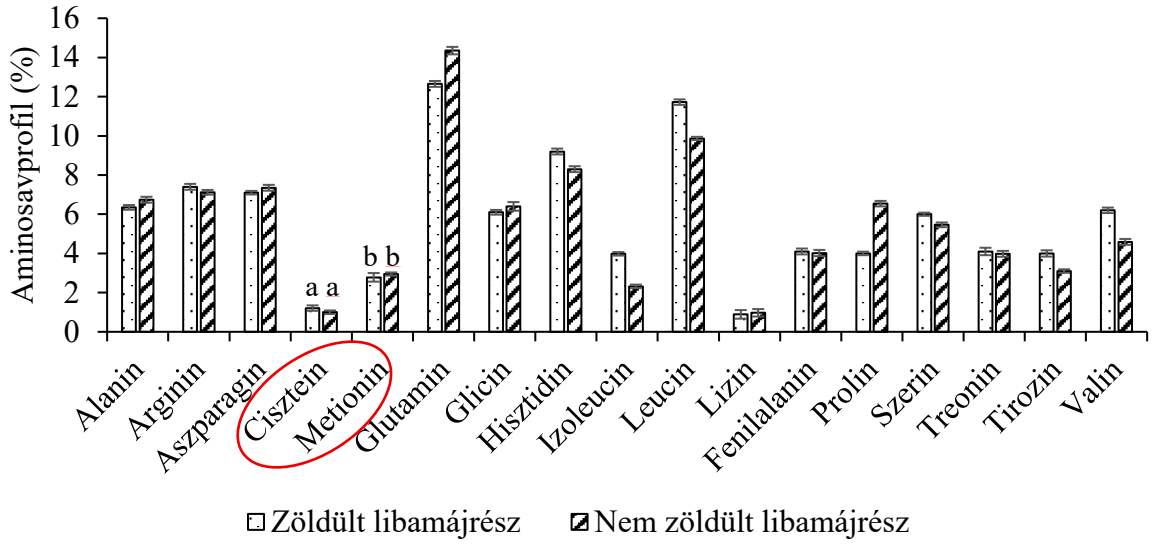
18. táblázat: Hízott libamáj elemanalitikai vizsgálatának eredménye (n=5 hízott máj/kísérleti csoport). A táblázat bal oldalán látható számok (1-4) a mintavétel helyét jelölik: 1: A bordák felőli részből, a nagy lebenyből; 2: A máj alsó, belső szervek felőli részéből; 3: Az epehólyag felőli részből; 4: A máj belsejéből (kontroll minta)

	As	**B**	**Ba**	**Ca**	**Cd**	**Co**	**Mo**
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	<2,5	<0,5	<0,5	32	<0,5	<0,5	<0,5
2	<2,5	<0,5	<0,5	35	<0,5	<0,5	<0,5
3	<2,5	<0,5	0,6	41	<0,5	<0,5	<0,5
4	<2,5	<0,5	<0,5	39	<0,5	<0,5	<0,5
	Cr	**Cu**	**Fe**	**K**	**Mg**	**Mn**	**Na**
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	<0,5	47	55	2100	140	2,9	630
2	<0,5	46	51	2200	140	2,6	670
3	<0,5	49	61	2400	140	2,2	690
4	<0,5	50	49	1800	130	0,7	620
		Ni	**P**	**Pb**	**Sr**	**Zn**	
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
1		<0,5	2300	<0,5	<0,5	12	
2		<0,5	2300	<0,5	<0,5	13	
3		<0,5	2400	<0,5	<0,5	14	
4		<0,5	2200	<0,5	<0,5	13	

5.2.5. Aminosavprofil meghatározás

Az aminosavprofil meghatározás során arra a kérdésre kerestem a választ, hogy van-e különbség a zöld elszíneződés által érintett és a nem zöldült hízott libamájak aminosav-összetételében, különös tekintettel a kéntartalmú aminosavak (cisztein, metionin) arányára vonatkozóan.

A zöldült és nem zöldült májminták százalékos aminosavprofilját a **24. ábra** mutatja be.



24. ábra: Zöldült és nem zöldült libamájminták százalékos aminosavprofilja (n=5 hízott máj/kísérleti csoport)

A vizsgálat nem vezetett szignifikáns mértékű különbséghez a kéntartalmú aminosavak tekintetében. A felületi zöldülés által érintett májmintákban a metionin aránya 2,78% volt, a nem zöldült májminták esetében 2,95% volt (P = 0,274). a ciszteiné 1,21%. A zöldült hízott libamájakban a cisztein aránya 1,21% volt, a nem zöldült hízott libamájminták esetében 1,00% (P = 0,187).

A mérés során kapott eredményeket vizsgálva nem volt tapasztalható olyan mértékű különbség a kéntartalmú aminosavak vonatkozásában, amely magyarázattal szolgálna a nemkívánatos elszíneződés kialakulására. Érdemes azonban megemlíteni, hogy bár számottevő eltérés mutatkozott a zöldült és nem zöldült májminták között bizonyos aminosavak tekintetében – példának okáért: prolin, 3,95% a zöldült mintákban, 7,21% a nem zöldült mintákban –, de ezen fehérje építőelemek, jelenlegi ismereteim szerint, nem köthetők a szulfhemoglobin képződéshez, ezáltal pedig a felületi zöld elszíneződés kialakulásához.

Az aminosavprofil meghatározás eredményeit alapul véve megállapítható, hogy a hemoglobin szulfatációjához szükséges kéntartalmú csoport vélhetően nem aminosav eredetű.

5.2.6. Fülledésvizsgálat

A fülledésvizsgálat célja annak meghatározása volt, hogy található-e a zöldülés által érintett hízott libamájrészekben a szulfhemoglobin keletkezéséhez hozzájáruló hidrogén-szulfid (H_2S).

A kísérlet végeredménye a **25. ábrán** látható.



25. ábra: Hízott libamájminták fülledés-vizsgálatának eredménye
Az ábra bal oldalán elhelyezkedő Erlenmeyer-lombikban nem zöldült libamájminta, míg az ábra jobb oldalán látható Erlenmeyer-lombikban zöldült libamájminta található
(forrás: Saját felvétel)

A zöldült libamáj minták fölé helyezett szűrőpapírokon barnás színelváltozás jelent meg, azonban a nem zöldült májminták fölé függesztett szűrőpapírok színe a próba végéig változatlan maradt a kezdeti árnyalathoz képest. Kijelenthető tehát, hogy a zöldült hízott libamájakban a hidrogén-szulfid – a kéntartalma révén a szulfhemoglobin képződéshez szükséges egyik fő tényező – jelenléte a fülledési teszt során megerősítésre került, azonban az elszíneződéstől mentes hízott májdarabok nem mutattak pozitív színreakciót, azaz nem tartalmaztak kénhidrogént.

Bonnefont et al. (2019b) szerint a hízott kacsamáj enyhe fülledése szerepet játszik a zöldülés folyamatában.

5.2.9. A második kísérlet eredményeinek összefoglalása

A kísérleti eredményei alapján megállapítható, hogy a hagyományos vágástechnológia – hidegbontás alkalmazása – részét képező, a hízott máj megóvásának érdekében beiktatott bontás előtti hűtési fázis hozzájárult a máj felületi zöld elszíneződés kialakulásához. Megállapítható, hogy a nemkívánatos zöldülés megjelenése nem az epetermelésre volt visszavezethető. Az elemanalitikai vizsgálat eredményeinek értelmében megállapítható, hogy a zöldült és nem zöldült májak ásványianyag-tartalmában csak a vas, a kálium és a mangán tekintetében volt szignifikáns eltérés, azonban a vas vonatkozásában kimutatott koncentráció különbség nem volt olyan mértékű, ami indokolná a zöldülés megjelenését, a kálium és a mangán pedig feltehetően nem játszik

szerepet a nemkívánatos színváltozás kialakulásában, tehát a felületi színelváltozás jelensége nem magyarázható az egyes makro-, mikro- és nyomelemek koncentrációjának különbségével. Megállapítható, hogy a zöldült hízott libamáj és nem a nem zöldült hízott libamáj között nincs statisztikailag igazolható eltérés a ként tartalmazó aminosavak vonatkozásában, azaz az elszíneződés nem magyarázható a cisztein és metionin jelenlétével. Megállapítható, hogy a zöldülés által érintett májakban kimutatható volt a hidrogén-szulfid jelenléte, ami a szulfhemoglobin képződésének egyik feltétele.

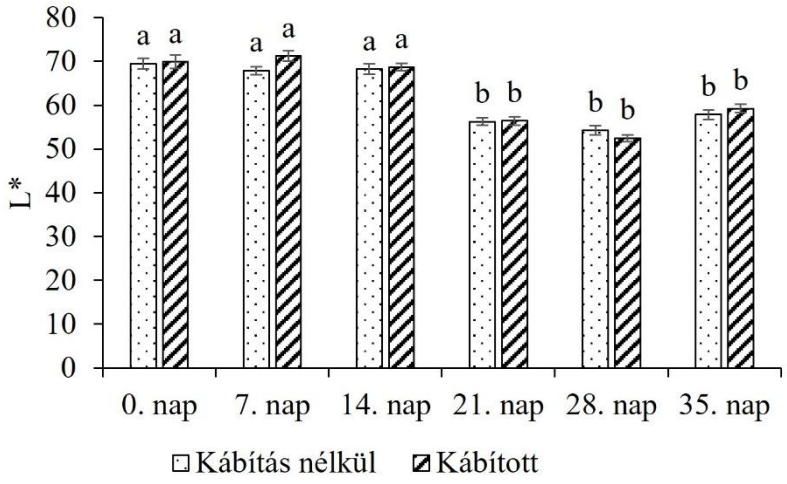
5.3. A harmadik kísérlet eredményei

A harmadik kísérlet célja az volt, hogy megvizsgáljam, a kábítás hatással van-e a májból eltávolítható vér mennyiségére, ezáltal pedig a tárolás során bekövetkező, a hízott libamáj felületén megjelenő zöld színelváltozásra.

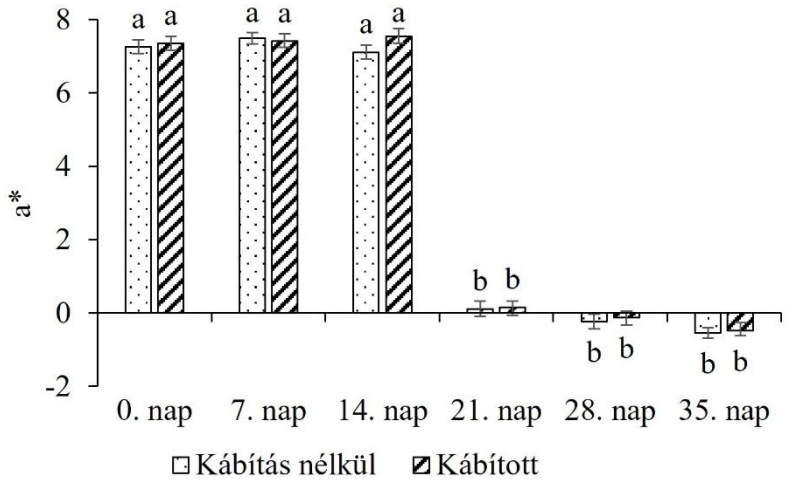
5.3.1. Színmérés

A vágást megelőző kábítás hatását a hízott libamáj világossági tényező (L*), vörös / zöld színkoordináta (a*), valamint a sárga / kék színkoordináta (b*) értékének alakulására vonatkozóan a **26. (A), 26. (B), 26. (C) ábrák** mutatják be.

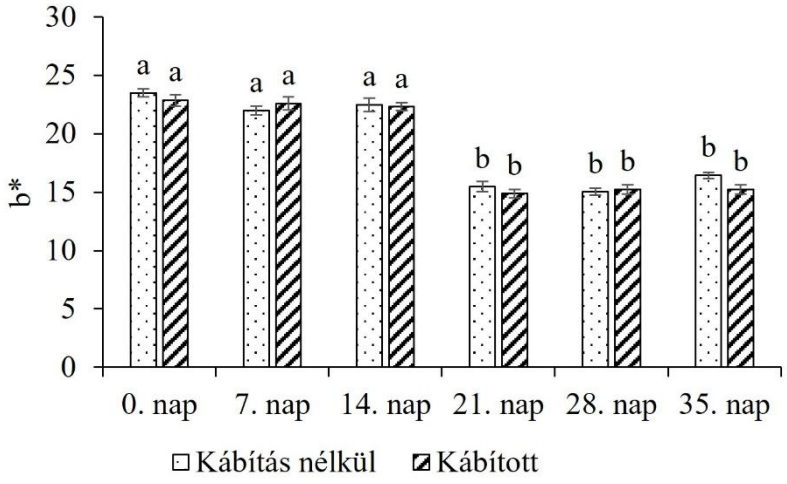
A statisztikai elemzés során megállapítást nyert, hogy a kábításnak nem volt szignifikáns hatása a májak világosságára ($P = 0{,}347$). A világossági tényező esetében tapasztalható csökkenést először a 21. napon detektáltam, kialakulása azonban a 14. és 21. nap közé volt tehető. Az L* érték csökkenése mind a kábítás nélkül, mind a kábítást követően vágott hízott libák májainak vizsgálatakor megfigyelhető volt. Kijelenthető tehát, hogy a színösszetevő értékének csökkenése a kábítás alkalmazásától függetlenül következett be.



A



B



C

26. ábra: A kábítás hatása a fagyasztva tárolt hízott libamájak világossági tényezőjének (L*) (A), vörös / zöld színtényezőjének (a*) (B) és sárga / kék színtényezőjének (b*) (C) értékére (n = 27 hízott máj/kísérleti csoport)
Az oszlopok feletti kisbetűk (a,b) a statisztikai analízis eredményét mutatják ($P \leq 0,05$)

A statisztikai elemzés során megerősítést nyert, hogy a kábításnak nem volt szignifikáns hatása a májak vörös színezetére (P = 0,421). A világossági tényező (L*) esetében tapasztaltakhoz hasonlóan, a vörös / zöld színösszetevő (a*) adatainak elemzésekor is látható volt a negyedik mérés alkalmával, a 21. napon detektált számottevő mértékű csökkenés. Mind a kábítás nélkül leölt, mind a kábítást követően vágott hízott libák májának felszínén zöld színelváltozás jelent meg.

Az eredmények értelmében, a világossági tényezőhöz (L*) és a vörös színezethez (a *) hasonlóan, a kábítás alkalmazása nem vezetett szignifikáns különbséghez (P = 0,324) a sárga színezet (b*) esetében sem. A fagyasztott körülmények között történő tárolási próba 21. napján megfigyelt csökkenés mindkét kísérleti csoport esetében kimutatható volt, tehát a jelenség magyarázata nem, a többek között állatjóléti szempontok miatt alkalmazott kábításban keresendő.

A **19. táblázat** a különböző kísérleti csoportokból – kábítás nélkül, kábított – származó hízott libamájminták közötti, az egyes mérési időpontokban számított színbeli különbséget (ΔE*) mutatja be. A statisztikai elemzés eredményei alapján a kísérleti csoportok között szignifikáns különbség nem volt kimutatható (P = 0,325) egyetlen mérési időpontban sem az öt héten át tartó fagyasztva tárolás folyamán, a színinger különbség tekintetében. A $1 < \Delta E^* < 2$ értékek az emberi szem által alig érzékelhető színeltérést jelölték.

19. táblázat: A különböző kísérleti csoportokba tartozó hízott libamájminták közötti színbeli különbség (ΔE*) (n = 27 hízott máj/kísérleti csoport)
A sorokon belül látható kisbetű (a) a statisztikai analízis eredményét mutatja ($P \leq 0,05$)

Mérési időpont	ΔE*
0. nap	1,26[a]
7. nap	1,86[a]
14. nap	1,16[a]
21. nap	1,09[a]
28. nap	1,67[a]
35. nap	1,57[a]

5.3.2. Hemoglobin-tartalom mérés

A harmadik kísérleti vágásból származó hízott libamájak átlagos hemoglobin-tartalma a **20. táblázatban** látható. Az eredmények értelmében a nyaki erek átvágását megelőzően alkalmazott

kábításnak nem volt szignifikáns hatása (P = 0,426) a májminták hemoglobin-, ezáltal vértartalmára.

20. táblázat: Az itatás és a zsigerelés hatása a májak hemoglobin-tartalmára (n = 3 hízott máj/kísérleti csoport)
A kisbetű (a) a statisztikai analízis eredményét mutatja ($P \leq 0,05$)

Kábítás	Hemoglobin-tartalom (mg/g máj)
Kábítás nélkül	10,78[a]
Kábított	10,61[a]

Osborne et al. (2024) publikációja alapján a megfelelően kivitelezett kábítás nemcsak megkönnyíti a forrázást követő kopasztás kivitelezését (McNeal et al., 2003), hanem tökéletesebb elvérzést is tesz lehetővé (Abdalla & Mahgoub, 2011), azonban a kísérlet alkalmával nem volt tapasztalható a vágástechnológiai lépés kivérzésre gyakorolt hatékonyságnövelő effektusa.

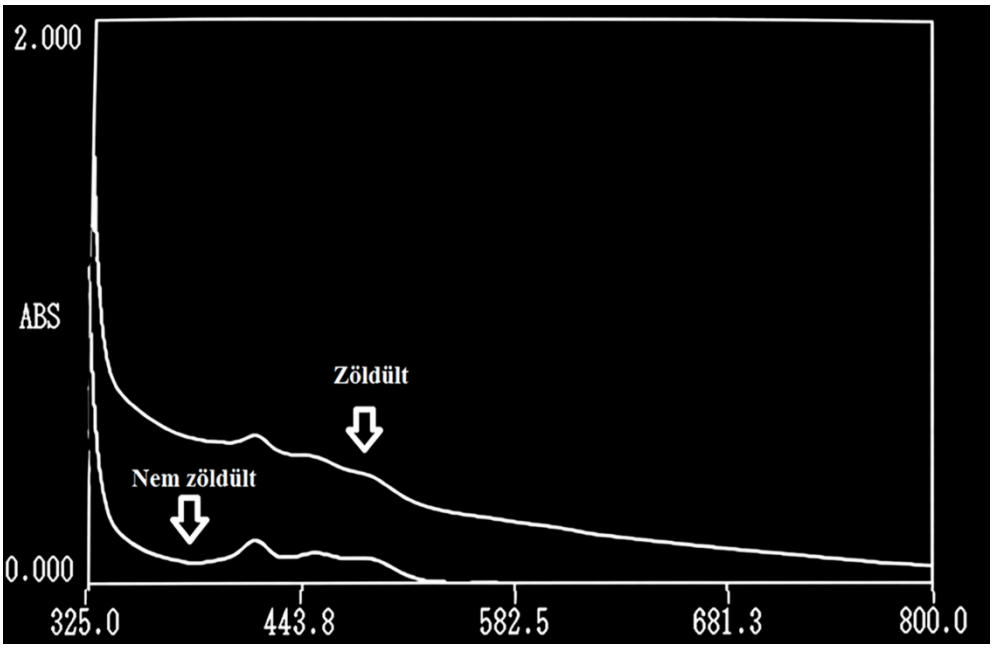
Az elektromos kábítás nélkül, valamint a kábítást követően vágott egyedek májának hemoglobin-tartalma közel megegyezőnek bizonyult, azaz tulajdonképpen azonos mennyiségű vért sikerült eltávolítani a tömés következtében elzsírosodó belső szervből a különböző kísérleti csoportokba tartozó hízott libák esetében. Ennek hátterében a vágóhídra történő szállítás körülményei, valamint az időjárás állhatnak. A megnövekedett tranzitidő és a nagyobb hőmérséklet egyaránt okozhatták a libák dehidratációját, a vér besűrűsödését, ezzel rontva a kivérzés hatékonyságát. Továbbá, a sűrű vér gyorsabban megalvadhatott a nyaki erek átvágásának helyén (Nader et al., 2019), ezzel gátat képezve a nagyobb mennyiségű folyékony testszövet kiáramlásának.

5.3.3. Zöldült libamájrész oldhatóságának vizsgálata

Az oldhatósági vizsgálat során arra a kérdésre kerestem választ, hogy a vákuumcsomagolt és fagyasztva tárolt hízott libamájak felületén megjelenő zöld színelváltozást zsírban vagy vízben oldódó színanyag okozza-e.

A spektrumok felvétele során azt tapasztaltam, hogy a zöldült és a nem zöld májminták ugyanazon hullámhosszok esetében eredményeztek abszorpciós csúcsokat, azonban az elnyelési maximum értékek, ha nem is számottevő mértékben, de eltértek a két esetben.

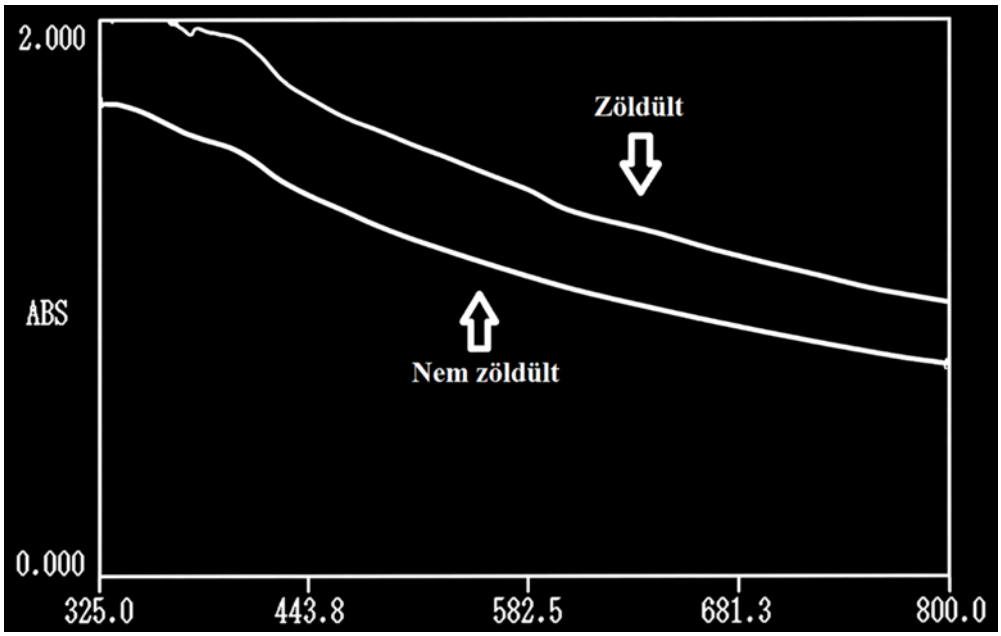
Az acetonnal történő extrakció során kapott spektrumok a **27. ábrán** látható.



27. ábra: Az acetonos extrakció során kapott spektrumok zöldült és nem zöldült hízott libamájminták esetében (n=5 hízott máj/csoport)
(forrás: Saját felvétel)

Egyértelműen megállapítható, hogy a mintáktól függetlenül, azaz a zöldült és nem zöldült májminták esetében egyaránt, azonos hullámhosszon eredményezett abszorpciós maximumokat a spektrofotometriás vizsgálat. Az így kapott elnyelési csúcsokhoz tartozó színanyagokat szakirodalmi források felhasználásával azonosítottam. A rendelkezésre álló tudományos publikációk alapján kijelenthető, hogy az abszorpciós csúcsokat eredményező tartományban a növényi festékanyagok jellegzetes képviselői találhatók. A 450 és 475 nm-es hullámhosszok esetében kapszantin (Kennedy et al., 2021), 427 nm-en pedig auroxantin csúcsokat tapasztaltam (Rodriguez-Amaya, 2016). Ezen komponensek esetében arra a következtetésre jutottam, hogy a mintáktól független megjelenésű növényi, egészen pontosan takarmányeredetű összetevőkről van szó, és valószínűsíthetően nem állnak összefüggésben a nem kívánatos zöld elszíneződés megjelenésével.

A vízzel történő extrakció során kapott spektrumok a **28. ábrán** láthatók.



28. ábra: A vizes extrakció során kapott spektrumok zöldült és nem zöldült hízott libamájminták esetében (n=5 hízott máj/csoport)
(forrás: Saját felvétel)

Az acetonnal történő kivonással megegyező módon, desztillált víz alkalmazása esetén is szinte azonos lefutású spektrumokhoz vezetett az optikai vizsgálat, ugyanakkor két különbség is mutatkozott az apoláros és poláros oldószer felhasználásával végrehajtott extrakciók esetében. Egyrészt az abszorbancia értékek tekintetében volt látható eltérés az aceton használatával végrehajtott kivonáshoz képest, valamint a mérés egyáltalán nem eredményezett elnyelési csúcsértéket.

Szabó et al. (2012) a hízott libamájon megjelenő színhibával kapcsolatban hajtottak végre méréseket. A vizes extrakció során 578 nm-es hullámhosszon találtak abszorpciós maximumot, mely az oxihemoglobinhoz tartozik (Żebrowska et al., 2021), jelenléte pedig vérmaradványra utal (Mohamed & Mohamed, 2012).

5.3.4. Csomagolás (oxidatív, reduktív közeg hatásának) vizsgálata

A vákuumcsomagolt hízott libamáj felületén megjelenő, a fagyasztva tárolás ideje alatt kialakuló zöld színelváltozás okozójának tartott szulfhemoglobin több tényező együttes fennállása esetén képződik. A jelenség megmutatkozásához egyaránt szükségeltetik kénhidrogén, vér-eredetű hemoglobin, valamint az oxigénszegény környezet. A rendelkezésre álló igencsak korlátozott mennyiségű szakirodalmi forrás értelmében a zöldülés mechanizmusa visszafordítható, azaz reverzibilis folyamatnak számít.

A kísérlet során célom volt megvizsgálni, hogy az oxidatív közeg helyreállítását követően visszaáll-e a felületi zöld elváltozást mutató hízott libamáj eredeti színe.

A kísérlet kezdetekor tapasztalt zöld színelváltozás a **29. (A), 29. (B), 29. (C). ábrákon** figyelhető meg.



A B C

29. ábra: A mérés megkezdésekor még zöld színelváltozást mutató hízott libamáj (A), a már felengedtetett, de még az eredeti vákuumcsomagolásban található hízott libamáj (B) és a gázkeverékkel (80% CO_2, 20% O_2) feltöltött, MAP csomagolásban elhelyezett hízott libamáj (C) (forrás: Saját felvétel)

Az emberi szem által is jól érzékelhető, hogy a felengedtetést követően, a máj felületén korábban még egyértelműen észlelhető zöldülés jelentősen mérséklődött, tehát valószínűsíthető, hogy a fagyasztásnak köze van a zöld színelváltozáshoz.

Az oxigénnel történő érintkezés hatására a zöldülés tovább mérséklődött, a libamájminták folyamatosan nyerték vissza eredeti színüket.

A módosított atmoszférás csomagolásban elhelyezett hízott libamáj egy órával (**30. (A) ábra**), két órával (**30. (B) ábra**), három órával (**30. (C) ábra**), a MAP csomagolás kialakítását követően.



A B C

30. ábra: Gázkeverékkel (80% CO_2, 20% O_2) feltöltött, MAP csomagolásban elhelyezett hízott libamáj egy órával (A), két órával (B) és három órával (C) a módosított atmoszférás csomagolás kialakítását követően
(forrás: Saját felvétel)

A módosított atmoszférás csomagolásban elhelyezett hízott libamáj, a kísérlet végén, négy órával a MAP csomagolás kialakítását követően a **31. ábrán** látható.



31. ábra: Gázkeverékkel (80% CO_2, 20% O_2) feltöltött, MAP csomagolásban elhelyezett hízott libamáj a kísérlet végén, négy órával a módosított atmoszférás csomagolás kialakítását követően
(forrás: Saját felvétel)

A kísérlet végére, négy óra leteltét követően, a kezdetben tapasztalható zöld színelváltozás teljesen eltűnt a hízott libamájak felületéről, kijelenthető tehát, hogy az oxigén jelenléte gátló hatást fejt ki a nemkívánatos elszíneződésre, azonban minden kétséget kizáróan nem jelenthető ki,

hogy a zöldülés mechanizmusa reverzibilis folyamat, ugyanis ezen kísérlet alapján nem állapítható meg teljes bizonyossággal, hogy a felengedtetés és oxigén hozzáadás hatására visszafelé játszódott-e le a szulfatációs folyamat, vagy oxidáció révén tűnt-e el a zöld szín. Az eredmények alapján azonban kijelenthető, hogy az alacsony oxigéntenzió, valamint a fagyasztás közrejátszanak a zöldülés kialakulásában.

4.3.5. A harmadik kísérlet eredményeinek összefoglalása

A harmadik kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy a vágást megelőző kábítás nincs szignifikáns hatással a hízott libamáj színére. A kábítás nélkül és a kábítást követően vágott egyedek esetében ugyanolyan arányban jelent meg májak felszínén a nemkívánatos zöld színelváltozás. Megállapítható, hogy a kábítás alkalmazása nem befolyásolta szignifikáns mértékben a hízott máj hemoglobin-tartalmát, vagyis a májban visszamaradó vér mennyiségét. Megállapítható, hogy a hízott libamáj zöld elszíneződéséért felelős pigment nem apoláros vegyület. Továbbá megállapítható, hogy az oxigén jelenléte gátló hatást fejt a zöld színelváltozásra.

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az első kísérlet eredményei alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a vágást megelőző itatás alkalmazása a máj vértartalmának csökkentése szempontjából ugyan előnyös, azonban az ipari léptékben történő kivitelezés nehezen megvalósítható, és a vélelmezett nyugtató hatása egyáltalán nem érvényesült. A különböző bontási technológiákkal eltávolított libamájakon végzett mérések eredményei alapján azt a következtetést tudtam levonni, hogy a hidegbontás alkalmazása ugyan megóvja a májat a mechanikai sérülésektől, azonban hozzájárul a felületi zöld színelváltozás kialakulásához. A mikrobiológiai vizsgálat eredményeinek értelmében azt állapítottam meg, hogy a zöldülés elsődleges okozójaként számontartott szulfhemoglobin képződéséhez szükséges kénhidrogén jelenléte nem utólagos mikrobiológiai kontamináció eredménye.

A második kísérleti során tapasztaltak – a felületi színelváltozás vonatkozásában – megerősítették az első kísérlet eredményeinek értelmében levont következtetést. A hidegbontás alkalmazása hozzájárul a zöldülés létrejöttéhez. A Gmelin-teszt során nem mutattam ki bilirubint a zöldült hízott libamájakból vett mintákban, ez alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a nemkívánatos felületi elszíneződés nem az epetermelésre vezethető vissza, hanem vér-eredetű lehet. Az elemanalitikai vizsgálat során nyert eredmények arra engedtek következtetni, hogy a zöldülés hátterében nem az egyes makro-, mikro- és nyomelemek állnak. Az aminosavprofil meghatározás értelmében a kéntartalmú aminosavak – cisztein és metionin – nem funkcionának kéndonorként, ezáltal pedig nem vesznek részt a hemoglobin szulfatációjának folyamatában. A fülledésvizsgálat elvégzését követően megállapítottam, hogy a zöldülés megjelenésének hátterében elsősorban a szulfhemoglobin képződése állhat, ugyanis a zöldült májmintákban kénhidrogén jelenlétét detektáltam, ami a szulfhemoglobin indukálta zöldülés egyik feltétele.

A harmadik kísérlet eredményei alapján arra a konzekvenciára jutottam, hogy a vágást megelőző kábítás alkalmazására elsősorban az állatok védelme és kímélete okán van szükség, nem pedig a véreztetés hatékonyságának növelése miatt, ugyanis a kábított és kábítás nélkül leölt libák májának hemoglobin-tartalma nem mutatott statisztikailag igazolható különbséget. Továbbá megállapítottam, hogy a kábítás alkalmazása nincs hatással a felületi zöldülés megjelenésére, mert az elszíneződés mindkét kísérleti csoport esetében azonos arányban jelentkezett. Az oxidatív-reduktív közeg hatásának vizsgálata során azt a következtetést tudtam levonni, hogy az oxigén jelenléte gátló hatást fejt ki a hízott libamáj felületén kialakuló zöldülésre.

A PhD képzés keretein belül megvalósuló vágási kísérletek során szerzett tudásanyag és tapasztalatok alapján megállapítottam, hogy van lehetőség a nemkívánatos felületi zöld színelváltozás megelőzésére, azonban ehhez a gyakorlatban alkalmazott feldolgozástechnológia egyes lépéseinek módosítására van szükség, valamint a csomagolási metódust is meg kell változtatni. A hidegbontás alkalmazása ugyan kíméletes a hízott libamájhoz, azonban az előhűtés alatt nemcsak a hőmérséklet csökkenése következik be, hanem a libák béltraktusában termelődő kéntartalmú vegyületeket testszerte történő diffúziója is megtörténhet. Ezen ként tartalmazó komponensek pedig, a kutatásom eredményeinek értelmében, hozzájárulhatnak a hízott libamájak felületi zöldülésének bekövetkezéséhez.

Mindezek alapján arra a következtetésre jutottam, hogy az alkalmazott hidegbontási technológia helyett, hűtés nélkül, úgynevezett melegbontás útján lenne célszerű kiemelni a tömés következtében elzsírosodó, a szervezet méregtelenítéséért felelős belső szervet, ezzel megelőzve a kóros emésztés során fejlődő, kéndonorként viselkedő vegyületek testben történő szétáramlását.

A mindennapi gyakorlat során alkalmazott feldolgozástechnológia módosításán túl, a csomagolással kapcsolatban is érdemes lenne változtatást eszközölni a feldolgozóknak annak érdekében, hogy megelőzzék a zöld színelváltozás létrejöttét. Ugyanis a kísérletsorozat eredményeit értékelve, valamint a rendelkezésre álló szakirodalmi forrásokat tanulmányozva arra a következtetésre jutottam, hogy a zöldülés jelensége egyértelműen összefügg a terméket körülvevő környezet oxigéntenziójával.

Javaslatom szerint, a hízott libamájakat érdemes lenne oxigént is tartalmazó módosított atmoszférás, úgynevezett MAP (modified air packaging) csomagolásban elhelyezni, ezáltal lehetőség nyílna a hízott libamáj minőségét hátrányosan érintő színelváltozás megelőzésére. Az oxigén jelenlétének következtében minden bizonnyal csökkenne ugyan a hízott libamájak eltarthatósági ideje, valamint megnőne a jelentős mennyiségben lipideket tartalmazó termék oxidáció, hétköznapi nevén avasodás, iránti affinitása, azonban a zöldülés megelőzésének révén hatalmas előnyre tennének szert az iparág képviselői, és a színelváltozás elkerülése nagymértékben csökkentené a termékkel kapcsolatos fogyasztói kifogások számát.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megállapítottam, hogy a nyaki erek átvágását megelőzően két órával kivitelezett itatás – csőrön át adagolt 200 ml csapvíz – nem befolyásolta szignifikáns mértékben sem a véreztetés sebességét, sem pedig a véreztetés során a testből eltávolítható vér mennyiségét, ugyanakkor szignifikáns mértékben csökkentette a hízott szürke landesi libák májának hemoglobin-tartalmát és a pH értékét. Továbbá megállapítottam, hogy a vágóhídi feldolgozás során alkalmazott zsigerelési technológia – hideg- és melegbontás – sem befolyásolta szignifikáns mértékben a hízott szürke landesi libák májának pH értékét.
2. Megállapítottam, hogy az ipari gyakorlatban alkalmazott, előhűtést követő zsigerelés – hidegbontás – alkalmazása a polietilén (PE) vákuumcsomagolásba elhelyezett, 35 napig, -18 °C-on tárolt hízott libamájminták esetében felületi zöld színelváltozást eredményezett, ugyanakkor az előhűtés nélkül zsigerelt – melegen bontott – hízott libamájak esetében szignifikáns mértékű színelváltozás nem volt kimutatható a kiindulási paraméterekhez képest.
3. Megállapítottam továbbá, hogy a felületi zöld színelváltozás megjelenése nem azonnali, hanem a tárolás során később jelentkezik, a vizsgálataim alapján a tárolási próbák 14. és 21. napja között alakult ki.
4. Megállapítottam, hogy a nyaki erek átvágását megelőzően alkalmazott folyadékos-elektromos kábítás (kábító feszültség: 110 V) nem befolyásolta szignifikáns mértékben a hízott szürke landesi libák májának hemoglobin-tartalmát.
5. Megállapítottam, hogy az előhűtést követően zsigerelt – hidegen bontott –, polietilén (PE) vákuumcsomagolásba elhelyezett, 35 napig, -18 °C-on történő tárolási próba végére felületi zöldülést mutató hízott libamájak színelváltozásának oka nem lipid oxidációs mechanizmusra vezethető vissza, ugyanis a lipid oxidáció mértékét jellemző TBA szám érték vonatkozásában nem volt kimutatható szignifikáns eltérés a zöldült és nem zöldült – melegen bontott – májak között.
6. Megállapítottam, hogy az előhűtést követően zsigerelt – hidegen bontott –, polietilén (PE) vákuumcsomagolásba elhelyezett, 35 napig, -18 °C-on történő tárolási próba végére felületi zöld elszíneződést mutató hízott libamájak, a felengedtetést és a 80% CO_2 – 20% O_2 gázelegyet tartalmazó MAP csomagolás kialakítását követően, 4 óra alatt visszanyerték eredeti színüket.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A hízott libamáj termelés több ezeréves múltra tekint vissza, már az ókori Egyiptomban is alkalmazták a kényszertáplálás technikáját. Hazánkban az 1200-as évekre tehető a hízott libából kinyert termékek fogyasztásának kezdete. A tömés következtében elzsírosodó máj mindig is prémium terméknek számított, és nemcsak kulináris szempontból rendelkezik kiemelkedő jelentőséggel, hanem számos európai ország számára jelent export cikket is. Ugyan a technológiai fejlődés a hízott libamáj előállító ipart sem kerülte el, azonban a libák nevelése és feldolgozása továbbra is jelentős emberi erőfeszítést és kézimunkát igényel. A dolgozók bérének kitermelése nagy terhet ró a szektorban érvényesülni kívánó vállalkozókra, valamint a megfelelő minőségű takarmány beszerzése is számottevő anyagi ellenszolgáltatást von maga után. Az aszály sújtotta nyarak és az elmúlt évek eseményei súlyos gazdasági következményekkel jártak, a termelés költségeinek további emelkedéséhez vezettek, így nem meglepő a kiskereskedelmi árakban jelentkező emelkedő tendencia. A fogyasztók értékmaximalizálásra törekszenek, tehát a drágább termékekkel és szolgáltatásokkal szemben nagyobb elvárásokat támasztanak. Ezen okból kifolyólag szükséges valamennyi olyan tényező vizsgálata, amik befolyásolhatják a hízott máj minőségét.

A PhD képzés keretében megvalósuló kutatásom során szándékomban állt megismerni minden olyan faktort, melyek hatást gyakorolnak a hízott libamáj minőségére. Meg akartam ismerni és érteni a termék minőség romlásának hátterében meghúzódó ok-okozati viszonyokat, és megoldást kívántam nyújtani a nem kívánatos elváltozások megelőzésére.

Tudományos munkám során három vágási kísérletben vettem részt. Az első alkalommal a vágást megelőző itatás, valamint a hízott libák bontás-technológiájának – hidegbontás, melegbontás – májminőségre gyakorolt hatását vizsgáltam. A kísérlet során a különböző csoportokba tartozó libák májának színét, pH-ját és hemoglobin-tartalmát is megmértem, valamint a kivérzési kinetikát és az elzsírosodott máj mikrobiológiai állapotát is tanulmányoztam. A második kísérlet alkalmával, az első kísérlet konzekvenciáira alapozva, a hízott libák bontástechnológiája kapott kardinális szerepet, valamint a tárolás körülményeinek hatását is megfigyeltem. A kutatás ezen szakaszában színt mértem, lipid oxidációt vizsgáltam (TBA szám meghatározás), elemanalitikai elemzést folytattam, aminosav- és epetartalom meghatározást végeztem, a hízott libamájak fülledtségét vizsgáltam. Az utolsó kísérlet során az elektromos kábítás libamájra gyakorolt hatását vizsgáltam. A kábítás nélkül, valamint a kábítást követően vágott egyedek májain színmérést végeztem, hemoglobin-tartalom meghatározást hajtottam végre,

a zöldült májrészek oldhatóságát tanulmányoztam, végezetül pedig a csomagolás, azaz az oxidatív és reduktív közeg hatását is elemeztem.

Az első kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy a vágást megelőzően, a pihentetés alatt, végrehajtott itatás szignifikáns hatást gyakorol a hízott libamáj hemoglobin-, ezáltal vértartalmára. Az itatott egyedek májának hemoglobin-tartalma statisztikailag igazolható módon kisebb volt, mint a nem itatott libáké. Megállapítható továbbá, hogy ez a szignifikáns eltérés a véreztetés esetében már nem jelentkezik, ugyanis sem a kivérzési kinetika, sem pedig a testből eltávolítható vér mennyisége nem különbözött egymástól számottevő mértékben az egyes kísérleti csoportok között. Megállapítható, hogy az alkalmazott bontási technika szignifikáns hatással van a hízott libamáj előállító ipar egyik legnagyobb problémájára, a felületi zöld elszíneződés jelenségére. A hűtés után, azaz hidegbontással eltávolított libamájak esetében megmutatkozott a nemkívánatos felszíni színelváltozás, azonban a melegbontás útján kiemelt elzsírosodott belső szervek vizsgálatakor nem volt kimutatható zöldülés sem objektív, sem szubjektív mérési módszerek alkalmazásával. Meg kell említeni, hogy a zöldülés nem azonnal jelentkezik a csomagolást és fagyasztást követően. Az eredmények alapján a fenomén megjelenéséhez 14-21 nap szükségeltetik. Megállapítható, hogy sem a vágás előtti itatás, sem pedig az alkalmazott bontási technológia nem befolyásolja érdemben a hízott libamáj sav-bázis viszonyait, azaz a májak pH értékét. Mikrobiológiai vizsgálat során megállapítást nyert, hogy a vákuumcsomagolt, fagyasztva tárolt hízott libamáj felületén megjelenő zöld elszíneződésért felelősnek tartott szulfhemoglobin keletkezéséhez szükséges kéntartalmú vegyület nem utólagos kontamináció következménye, ugyanis kén-hidrogént termelő baktériumtörzs nem volt detektálható egyetlen mintában sem.

A második kísérlet eredményei alapján megállapítható, hogy a napjainkban az ipari gyakorlatban, a hízott libamáj sérülésektől történő megóvása érdekében alkalmazott hidegbontási technológia ugyan megfelelő a minőségrontó mechanikai behatások megelőzése szempontjából, azonban kedvezőtlen hatást gyakorol a termék színére. A hűtést követően zsigerelt testekből származó májak vizsgálatakor valamennyi esetben tapasztalható volt zöldülés, azonban a kopasztás, valamint fej- és lábeltávolítás után azonnal, tehát melegbontással eltávolított elzsírosodott belső szervek felületén nem jelentkezett színelváltozás. Megállapítható, hogy a hízott libamáj felületi zöld elszíneződése nem lipid oxidációs folyamatokkal áll összefüggésben, mert a zöldült és nem zöldült minták oxidációt jellemző értéke, a TBA szám, nem különbözött egymástól szignifikáns mértékben. Megállapítható, hogy a hízott libamáj felszínén jelentkező színelváltozás nem az epetermelésre vezethető vissza, ugyanis epefesték – bilirubin, biliverdin – nem volt

kimutatható a zöldülés által érintett májmintákban. Megállapítható, hogy a zöldült és nem zöldült libamájak között csak olyan mikro- és makroelemek tekintetében mutatkozik különbség, melyek, koncentrációja nem magyarázza a színelváltozás megjelenését (Fe), vagy, jelenlegi ismereteim alapján, nem állnak összefüggésben a nemkívánatos elszíneződés megjelenésével (K, Mn). Megállapítható, hogy a zöldülés által érintett és a zöldülés által nem befolyásolt májak a kéntartalmú aminosavak – cisztein, metionin – tekintetében nem különböznek egymástól jelentős mértékben, tehát a szulfhemoglobin keletkezéséhez szükséges kén nem esszenciális aminosav eredetű. Fülledési próba végrehajtása után megállapítható, hogy a zöldült májminták hidrogén-szulfidot tartalmaznak. Az eredmény megerősítette a szulfhemoglobin jelenlét indukálta zöldülés hipotézis valószínűségét.

A harmadik kísérlet során kapott eredmények értelmében megállapítható, hogy a főként az állatjólét biztosítása érdekében alkalmazott vágást megelőző kábítás nem gyakorol statisztikailag igazolható hatást a hízott libamáj színére. Mind a kábítás nélkül, mind a kábítást követően vágott egyedek esetében tapasztalható volt a felületi zöld elszíneződés jelensége. Megállapítható, hogy az akaratlagos mozgás megszűnését eredményező kábítás nincs szignifikáns hatással a hízott libamáj hemoglobin-tartalmára, ezáltal pedig a májból el nem távolítható vér mennyiségére. Megállapítható, hogy a zöld pigment nem zsírban oldódó, azaz apoláris vegyület, ugyanis az aceton alkalmazásával végrehajtott extrakciót követő spektrofotometriás vizsgálat nem eredményezett olyan abszorpciós maximumot, ami olyan vegyülethez tartozna, mely magyarázatot adna a zöldülésre. Megállapítható, hogy a nemkívánatos, hízott libamáj felületén megmutatkozó zöld színelváltozás jelenségére az oxigén jelenléte gátló hatást fejt ki, tehát a terméket körülvevő közeg oxigéntenziója nagymértékben hat a zöldülés megjelenésére.

Négy éven át tartó doktori kutatómunkám eredményeinek értelmében megállapítható, hogy a vákuumcsomagolt és fagyasztva tárolt hízott libamáj felületén megjelenő zöld színelváltozás nagy valószínűséggel a szulfhemoglobin keletkezésével magyarázható. A vegyület képződéséhez szükséges valamennyi feltétel teljesült a kísérletek során. A véreztetés során el nem távolítható vér hemoglobin-tartalma, a kényszeretetés következtében fellépő kóros emésztési folyamatok eredményeként keletkező kéntartalmú vegyületek bélrendszerből induló testszerte bekövetkező diffúziója, valamint a vákuumcsomagolás miatt csökkent oxigéntenzió mind-mind adottak voltak és együttesen járulhattak hozzá a szulfhemoglobin képződéséhez. A jelenség megelőzésének érdekében javaslom a melegbontási technológia alkalmazását, valamint az oxigént is tartalmazó módosított atmoszférás csomagolás használatát.

9. SUMMARY

The production of fattened goose liver dates back thousands of years, and the technique of force-feeding was already used in ancient Egypt. In our country, the consumption of products obtained from fattened goose began in the 1200s. The liver, which becomes fatty as a result of force-feeding, has always been considered a premium product and is not only of outstanding culinary importance, but is also an export item for many European countries. Although technological development has also reached the fattened foie gras production industry, the raising and processing of poultry still requires significant human effort and manual labor. The extraction of workers' wages places a great burden on entrepreneurs wishing to succeed in the sector, and the purchase of appropriate quality feed also entails significant financial compensation. The drought-stricken summers and the events of recent years have had serious economic impacts, leading to further increases in production costs, so it is not surprising that retail prices are on the rise. Consumers are looking for value maximization and therefore have higher expectations for more expensive products and services. For this reason, it is necessary to examine all factors that may affect the quality of fatty liver.

During my PhD research, I aimed to identify all factors that affect the quality of fattened foie gras. I wanted to understand the causal relationships behind the deterioration of the product quality and provide a solution to prevent undesirable changes.

During my scientific work, I participated in three slaughter experiments. In the first one, I examined the effect of pre-slaughter watering and the technology of poultry carcasses eviscerated – cold and warm evisceration – on liver quality. During the experiment, I measured the color, pH and hemoglobin content of the liver of birds belonging to different groups, and I also studied the bleeding kinetics and the microbiological state of the fatty internal organ. During the second experiment, based on the consequences of the first experiment, the technology of poultry carcasses evisceration again played a crucial role, and I also observed the effect of storage conditions. In this phase of the research, I measured color, lipid oxidation (TBA number), conducted elemental analysis, determined amino acid and bile content and examined the presence of hydrogen sulfide in fattened goose livers. In the last experiment, I investigated the effect of electrical stunning on goose liver. I measured colorimetrically the livers of individuals slaughtered without stunning and after stunning, determined hemoglobin content, studied the solubility of green liver parts, and finally analyzed the effect of packaging, i.e. the oxidative and reductive environment.

Based on the results of the first experiment, I established that the watering performed before slaughter, during the resting period, has a significant effect on the hemoglobin and thus blood content of the fattened goose liver. The hemoglobin content of the liver of the watered specimens was statistically lower than that of the non-watered birds. I also established that this significant difference no longer occurs in the case of bleeding, as neither the bleeding kinetics nor the amount of blood that can be removed from the body differed significantly between the individual experimental groups. I established that the applied evisceration method has a significant effect on one of the biggest problems of the fattened goose liver production industry, the phenomenon of surface green discoloration. After cooling, i.e. in the case of goose livers removed by cold evisceration, undesirable surface discoloration was evident, however, when examining the fatty internal organs extracted by hot evisceration, no greening was detectable using either objective or subjective measurement methods. It should be noted that greening does not occur immediately after packaging and freezing. Based on the results, 14-21 days are required for the phenomenon to appear. I found that neither the watering before killing nor the evisceration methodology used significantly affects the acid-base conditions of fattened goose livers, i.e. the pH value of the livers. During microbiological examination, I found that the sulfur-containing compound necessary for the formation of sulfhemoglobin, which is considered responsible for the green discoloration appearing on the surface of vacuum-packed, frozen stored fattened goose livers, is not a consequence of subsequent contamination, as a hydrogen sulfide-producing bacterial strain was not detectable in any sample.

Based on the results of the second experiment, I established that the cold evisceration technology currently used in industrial practice to protect fattened goose liver from damage is adequate in terms of preventing mechanical influences that impair quality, but it has an adverse effect on the color of the product. When examining livers from eviscerated carcasses after cooling, greening was observed in all cases, but no color change appeared on the surface of the fatty internal organs removed immediately after foot removal. I established that the color change appearing on the surface of fattened goose liver cannot be attributed to bile production, as bile pigments – bilirubin, biliverdin – were not detectable in liver samples affected by greening. It can be stated that the greened and non-greened livers only showed differences in micro- and macroelements the concentration of which do not explain the appearance of the color change (Fe) or, based on our current knowledge, is not related to the appearance of undesirable liver discoloration (K, Mn). I found that the liver parts affected by greening and those not affected by greening do not differ significantly in terms of the sulfur-containing amino acid content – cysteine, methionine –, so the

sulfur required for the formation of sulfhemoglobin is of non-essential amino acid origin. After performing a choking test, I found that the greened liver samples contain hydrogen sulfide. The result confirmed the probability of the greening hypothesis induced by the presence of sulfhemoglobin.

According to the results obtained during the third experiment, I established that stunning before slaughter, which is mainly used to ensure animal welfare, does not have a statistically verifiable effect on the color of fattened goose liver. The phenomenon of surface green discoloration was observed in both animals slaughtered without stunning and after stunning. I established that stunning, which results in the cessation of voluntary movement, does not have a significant effect on the hemoglobin content of fattened goose liver, and thus on the amount of blood that cannot be removed from the liver. I established that the green pigment is not a fat-soluble, i.e. apolar compound, since the spectrophotometric examination following the extraction using acetone did not result in an absorption maximum that would belong to a compound that would explain the greening. It can be stated that the presence of oxygen has an inhibitory effect on the undesirable green color change that appears on the surface of fattened goose liver, so the oxygen tension of the medium surrounding the product has a significant effect on the appearance of greening.

According to the results of my four-year doctoral research, I have determined that the green color change appearing on the surface of vacuum-packed and frozen fattened goose liver can most likely be explained by the formation of sulfhemoglobin. All the conditions necessary for the formation of the compound were met during the experiments. The hemoglobin content of the blood that cannot be removed during bleeding, the diffusion of sulfur-containing compounds resulting from pathological digestive processes due to force-feeding throughout the corpus starting from the intestinal tract, and the reduced oxygen tension due to vacuum packaging were all given and could have jointly contributed to the formation of sulfhemoglobin. To prevent this phenomenon, I recommend the application of warm evisceration technology and the use of modified atmosphere packaging containing oxygen.

IRODALOMJEGYZÉK

Abd El-Hack, M. E., El-Saadony, M. T., Shafi, M. E., Qattan, S. Y. A., Batiha, G. E., Khafaga, A. F., Abdel-Moneim, A.-M. E., & Alagawany, M. (2020). Probiotics in poultry feed: A comprehensive review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, *104*(6), 1835–1850. https://doi.org/10.1111/jpn.13454

Abdalla, H. O., & Mahgoub, I. M. (2011). *EFFECT OF SLAUGHTERING METHOD ON THE KEEPING QUALITY OF BROILER CHICKENS' MEAT*. https://www.semanticscholar.org/paper/EFFECT-OF-SLAUGHTERING-METHOD-ON-THE-KEEPING-OF-Abdalla-Mahgoub/b4cdcb47e6db1f71270f85a8d6689aedd912d57b

Aghwan, Z. A., Bello, A. U., Abubakar, A. A., Imlan, J. C., & Sazili, A. Q. (2016). Efficient halal bleeding, animal handling, and welfare: A holistic approach for meat quality. *Meat Science*, *121*, 420–428. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.028

Agius, L. (2015). Role of glycogen phosphorylase in liver glycogen metabolism. *Molecular Aspects of Medicine, From Glucose to glycogen and Back: Festschrift in honor of Bill Whelan 90the birthday*, *46*, 34–45. https://doi.org/10.1016/j.mam.2015.09.002

Ahmed, M. H., Ghatge, M. S., & Safo, M. K. (2020). Hemoglobin: Structure, Function and Allostery. In U. Hoeger & J. R. Harris (Szerk.), *Vertebrate and Invertebrate Respiratory Proteins, Lipoproteins and other Body Fluid Proteins* (o. 345–382). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41769-7_14

Ahn, D. (2017). *Hexaarylbiimidazole-based Dynamic Materials and their Utilization*. https://hdl.handle.net/2027.42/140853

Akoh, C. C., Chang, S.-W., Lee, G.-C., & Shaw, J.-F. (2008). Biocatalysis for the Production of Industrial Products and Functional Foods from Rice and Other Agricultural Produce. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *56*(22), 10445–10451. https://doi.org/10.1021/jf801928e

Alamri, Z. Z. (2018). The role of liver in metabolism: An updated review with physiological emphasis. *International Journal of Basic & Clinical Pharmacology*, *7*(11), 2271. https://doi.org/10.18203/2319-2003.ijbcp20184211

Ali, A. S. A., Lawson, M. A., Tauson, A.-H., Jensen, J. F., & Chwalibog, A. (2007). Influence of electrical stunning voltages on bleed out and carcass quality in slaughtered broiler chickens. *European Poultry Science*, *71*(1), 35–40. https://doi.org/10.1016/S0003-9098(25)00921-X

Alves-Bezerra, M., & Cohen, D. E. (2018). Triglyceride Metabolism in the Liver. *Comprehensive Physiology*, *8*(1), 1–22. https://doi.org/10.1002/j.2040-4603.2018.tb00008.x

Álvarez, D., Garrido, M. D., Banon, S. (2009). Influence of Pre-Slaughter Process on Pork Quality: An Overview. Food Reviews International. Volume 25, Issue 3. pp. 233-250.

András D. J., & Jenő D. S. (2011). *TERMÉKMINŐSÍTÉS ÉS TERMÉKHIGIÉNIA*. Akadémia Kiadó

Arroyo, J., Auvergne, A., Dubois, J. P., Lavigne, F., Bijja, M., Bannelier, C., & Fortun-Lamothe, L. (2013). The influence of loose-mix feeding on behavior, feed intake, and body weight of growing geese. *Poultry Science*, *92*(6), 1454–1460. https://doi.org/10.3382/ps.2012-02830

Ashwell, C. M., Czerwinski, S. M., Brocht, D. M., & McMurtry, J. P. (1999). Hormonal regulation of leptin expression in broiler chickens. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *276*(1), R226–R232. https://doi.org/10.1152/ajpregu.1999.276.1.R226

Baiocchi, L., Glaser, S., Francis, H., Kennedy, L., Felli, E., Alpini, G., & Gracia-Sancho, J. (2021). Impact of Aging on Liver Cells and Liver Disease: Focus on the Biliary and Vascular Compartments. *Hepatology Communications*, *5*(7), 1125–1137. https://doi.org/10.1002/hep4.1725

Balasubramaniam, P., & Malathi, A. (1992). Comparative Study of Hemoglobin Estimated by Drabkin′s and Sahli′s Methods. *Journal of Postgraduate Medicine*, *38*(1), 8.

Barden, L., & Decker, E. A. (2016). Lipid Oxidation in Low-moisture Food: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *56*(15), 2467–2482. https://doi.org/10.1080/10408398.2013.848833

Barnes, E. M., & Shrimpton, D. H. (1957). Causes of Greening of Uneviscerated Poultry Carcases During Storage. *Journal of Applied Bacteriology*, *20*(2), 273–285. https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1957.tb00103.x

Baron, J. H. (1979). The Discovery of Gastric Acid. *Gastroenterology*, *76*(5, Part 1), 1056–1064. https://doi.org/10.1016/S0016-5085(79)91338-6

Baxter, M. F. A., Dridi, S., Koltes, D. A., Latorre, J. D., Bottje, W. G., Greene, E. S., Bickler, S. W., Kim, J. H., Merino-Guzman, R., Hernandez-Velasco, X., Anthony, N. B., Hargis, B. M., & Tellez-Isaias, G. (2019). Evaluation of Intestinal Permeability and Liver Bacterial Translocation in Two Modern Broilers and Their Jungle Fowl Ancestor. *Frontiers in Genetics*, *10*. https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00480

Beaver, B. V., & Golab, G. C. (2022). *The Veterinarian's Guide to Animal Welfare*. Elsevier.

Bethea, R. M. (1973). Comparison of Hydrogen Sulfide Analysis Techniques. *Journal of the Air Pollution Control Association*, *23*(8), 710–713. https://doi.org/10.1080/00022470.1973.10469832

Bhat, Z. F., Morton, J. D., Mason, S. L., & Bekhit, A. E.-D. A. (2018). Role of calpain system in meat tenderness: A review. *Food Science and Human Wellness*, *7*(3), 196–204. https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.08.002

Billett, H. H. (1990). Hemoglobin and Hematocrit. In H. K. Walker, W. D. Hall, & J. W. Hurst (Szerk.), *Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations* (3rd kiad.). Butterworths. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK259/

Birsoy, K., Festuccia, W. T., & Laplante, M. (2013). A comparative perspective on lipid storage in animals. *Journal of Cell Science*, *126*(7), 1541–1552. https://doi.org/10.1242/jcs.104992

BLEM, C. R. (1976). Patterns of Lipid Storage and Utilization in Birds. *American Zoologist*, *16*(4), 671–684. https://doi.org/10.1093/icb/16.4.671

Blesbois, E., Grasseau, I., & Hermier, D. (1999). Changes in lipid content of fowl spermatozoa after liquid storage at 2 to 5°C. *Theriogenology*, *52*(2), 325–334. https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)00132-6

Bonkovsky, H. L., Guo, J.-T., Hou, W., Li, T., Narang, T., & Thapar, M. (2013). Porphyrin and Heme Metabolism and the Porphyrias. *Comprehensive Physiology*, *3*(1), 365–401. https://doi.org/10.1002/j.2040-4603.2013.tb00488.x

Bonnefont, C. M. D., Molette, C., Lavigne, F., Manse, H., Bravo, C., Lo, B., Rémignon, H., Arroyo, J., & Bouillier-Oudot, M. (2019a). Evolution of liver fattening and *foie gras* technological yield during the overfeeding period in mule duck. *Poultry Science*, *98*(11), 5724–5733. https://doi.org/10.3382/ps/pez359

Bonnefont, C. M. D., Molette, C., Lavigne, F., Manse, H., Bravo, C., Lo, B., Rémignon, H., Arroyo, J., & Bouillier-Oudot, M. (2019b). Evolution of liver fattening and foie gras technological yield during the overfeeding period in mule duck. *Poultry Science*, *98*(11), 5724–5733. https://doi.org/10.3382/ps/pez359

Boyer, J. L. (2020). Adaptive Regulation of Hepatocyte Transporters in Cholestasis. In *The Liver* (o. 378–389). John Wiley & Sons, Ltd. https://doi.org/10.1002/9781119436812.ch31

Browning, M. G., Pessoa, B. M., Khoraki, J., & Campos, G. M. (2019). Changes in Bile Acid Metabolism, Transport, and Signaling as Central Drivers for Metabolic Improvements After Bariatric Surgery. *Current Obesity Reports*, *8*(2), 175–184. https://doi.org/10.1007/s13679-019-00334-4

Cailliez-Grimal, C., Afzal, M. I., & Revol-Junelles, A.-M. (2014). Carnobacterium. In M. L. T. Carl A. Batt (Szerk.), *Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition)* (o. 379–383). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00381-5

Canty, D. J., & Zeisel, S. H. (1994). Lecithin and Choline in Human Health and Disease. *Nutrition Reviews*, *52*(10), 327–339. https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1994.tb01357.x

Carrasco-García, A. A., Pardío-Sedas, V. T., León-Banda, G. G., Ahuja-Aguirre, C., Paredes-Ramos, P., Hernández-Cruz, B. C., & Murillo, V. V. (2020). Effect of stress during slaughter on carcass characteristics and meat quality in tropical beef cattle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *33*(10), 1656–1665. https://doi.org/10.5713/ajas.19.0804

Caruso, L., Mellini, M., Catalano Gonzaga, O., Astegno, A., Forte, E., Di Matteo, A., Giuffrè, A., Visca, P., Imperi, F., Leoni, L., & Rampioni, G. (2024). Hydrogen sulfide production does not affect

antibiotic resistance in Pseudomonas aeruginosa. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, *68*(4), e00075-24. https://doi.org/10.1128/aac.00075-24

Chen, K., & Arnold, F. H. (2020). Engineering new catalytic activities in enzymes. *Nature Catalysis*, *3*(3), 203–213. https://doi.org/10.1038/s41929-019-0385-5

Chen, T., Zhang, H., Shan, W., Zhou, J., & You, Y. (2025). Liver sinusoidal endothelial cells in hepatic fibrosis: Opportunities for future strategies. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, *766*, 151881. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2025.151881

Cherian, V. T. (2022). Physiological Functions of Blood. In H. Liu, A. D. Kaye, & J. S. Jahr (Szerk.), *Blood Substitutes and Oxygen Biotherapeutics* (o. 33–43). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95975-3_3

Chiroque, R. G. S., Cornelio-Santiago, H. P., Espinoza-Espinoza, L., Moreno-Quispe, L. A., Tirado, L. R. P.-, & Nieva-Villegas, L. M. (2010). A Review of Slaughterhouse Blood and its Compounds, Processing and Application in the Formulation of Novel Non-Meat Products. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, *11*(2), 534–548. https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.11.2.06

Çıraklı A. B., & Kuloğlu H. Y. (2024). Anatomical, Histological and Transmission Electron Microscopic Examination of Liver in Chinese Goose (Anser cygnoides). *Indian Journal of Animal Research*, *58*(7), 1127. https://doi.org/10.18805/IJAR.BF-1732

Connor, M. P., Wells, D., & Schmalbach, C. E. (2011). Variables Predictive of Bilateral Occult Papillary Microcarcinoma Following Total Thyroidectomy. *Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, *144*(2), 210–215. https://doi.org/10.1177/0194599810391616

Dala-Paula, B. M., Custódio, F. B., & Gloria, M. B. (2023). Health concerns associated with biogenic amines in food and interaction with amine oxidase drugs. *Current Opinion in Food Science*, *54*, 101090. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2023.101090

Dashty, M. (2013). A quick look at biochemistry: Carbohydrate metabolism. *Clinical Biochemistry*, *46*(15), 1339–1352. https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2013.04.027

Deibel, R. H., & Niven, C. F. (1955). RECIPROCAL REPLACEMENT OF OLEIC ACID AND CO_2 IN THE NUTRITION OF THE "MINUTE" STREPTOCOCCI AND LACTOBACILLUS LEICHMANNII. *Journal of Bacteriology*, *70*(2), 134–140. https://doi.org/10.1128/jb.70.2.134-140.1955

der Poel, A. F. B. van, Abdollahi, M. R., Cheng, H., Colovic, R., den Hartog, L. A., Miladinovic, D., Page, G., Sijssens, K., Smillie, J. F., Thomas, M., Wang, W., Yu, P., & Hendriks, W. H. (2020). Future directions of animal feed technology research to meet the challenges of a changing world. *Animal Feed Science and Technology*, *270*, 114692. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114692

Derbas, L., Warsame, M., Omar, M. A., Zafar, Y., & Howell, G. (2017). Sulfhaemoglobinaemia caused by ferrous sulfate. *Case Reports*, *2017*, bcr. https://doi.org/10.1136/bcr-2017-220521

Dikkers, A., & Tietge, U. J. (2010). Biliary cholesterol secretion: More than a simple ABC. *World Journal of Gastroenterology : WJG*, *16*(47), 5936–5945. https://doi.org/10.3748/wjg.v16.i47.5936

Ding, M., Huang, Z., Huang, Z., Zhao, Z., Zhao, D., Shan, K., Ke, W., Zhang, M., Zhou, G., & Li, C. (2023). Proteins from different sources in a high-fat food matrix influence lipid hydrolysis through bolus coalescence and interactions with bile salts. *Food Hydrocolloids*, *141*, 108748. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108748

Dragoev, S. G. (2024). Lipid Peroxidation in Muscle Foods: Impact on Quality, Safety and Human Health. *Foods*, *13*(5). https://doi.org/10.3390/foods13050797

Ducatelle, R., Goossens, E., Eeckhaut, V., & Van Immerseel, F. (2023). Poultry gut health and beyond. *Animal Nutrition*, *13*, 240–248. https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.03.005

E, G. (1981). *Haziallatok szovettana.* https://agris.fao.org/search/en/providers/123819/records/647358dfe17b74d22250c33d

Elbehiry, A., Marzouk, E., Aldubaib, M., Moussa, I., Abalkhail, A., Ibrahem, M., Hamada, M., Sindi, W., Alzaben, F., Almuzaini, A. M., Algammal, A. M., & Rawway, M. (2022). Pseudomonas species prevalence, protein analysis, and antibiotic resistance: An evolving public health challenge. *AMB Express*, *12*(1), 53. https://doi.org/10.1186/s13568-022-01390-1

Elshaer, F. M. (2018). Morphometric Studies of the Esophagus and Stomach in Two Types of Birds Have Different Feeding Behaviors. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, B. Zoology*, *10*(2), 91–97. https://doi.org/10.21608/eajbsz.2018.29936

Evans, J. B., & Niven, C. F. (1951). NUTRITION OF THE HETEROFERMENTATIVE LACTOBACILLI THAT CAUSE GREENING OF CURED MEAT PRODUCTS. *Journal of Bacteriology*, *62*(5), 599–603. https://doi.org/10.1128/jb.62.5.599-603.1951

Fazekas, Á., Vincze, J., Herczeg, B., & Béres, B. S. (2022). A libamáj és a libamáj alapú termékek vásárlási és fogyasztási preferenciáinak vizsgálata. *Journal of Central European Green Innovation*, *10*(2), 63–76.

Feiner, G. (2006). *Meat Products Handbook: Practical Science and Technology*. Elsevier.

Feingold, K. R., Shigenaga, J. K., Kazemi, M. R., McDonald, C. M., Patzek, S. M., Cross, A. S., Moser, A., & Grunfeld, C. (2012). Mechanisms of triglyceride accumulation in activated macrophages. *Journal of Leukocyte Biology*, *92*(4), 829–839. https://doi.org/10.1189/jlb.1111537

Fernandez, X., Lahirigoyen, E., Auvergne, A., Molette, C., & Bouillier-Oudot, M. (2010). The effects of stunning methods on product qualities in force-fed ducks and geese. 1. Carcass downgrading and meat quality. *Animal*, *4*(1), 128–138. https://doi.org/10.1017/S1751731109990851

Ford, J. (2013). Red blood cell morphology. *International Journal of Laboratory Hematology*, 35(3):351-7. DOI: 10.1111/ijlh.12082

Fournier, E., Peresson, R., Guy, G., & Hermier, D. (1997). Relationships between storage and secretion of hepatic lipids in two breeds of geese with different susceptibility to liver steatosis. *Poultry Science*, *76*(4), 599–607. https://doi.org/10.1093/ps/76.4.599

Galvin, M. J., Parks, D. L., & McRee, D. I. (1980). Microwave irradiation and in vitro release of enzymes from hepatic lysosomes. *Radiation and Environmental Biophysics*, *18*(2), 129–136. https://doi.org/10.1007/BF01326051

Gerzilov, V., Bochukov, A., Petrov, P., & Penchev, G. (é. n.). *Morphological and histological characteristics of goose fatty liver*.

Gobom, J., Mueller, M., Egelhofer, V., Theiss, D., Lehrach, H., & Nordhoff, E. (2002). *A Calibration Method That Simplifies and Improves Accurate Determination of Peptide Molecular Masses by MALDI-TOF MS*. Analytical Chemistry, 74(15), 3915–3923.

Goodman, D. S. (1965). Cholesterol Ester Metabolism. *Physiological Reviews*, *45*(4), 747–839. https://doi.org/10.1152/physrev.1965.45.4.747

Grant, G. F., McCurdy, A. R., & Osborne, A. D. (1988). Bacterial Greening in Cured Meats: A Review. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, *21*(1), 50–56. https://doi.org/10.1016/S0315-5463(88)70717-8

Gregory, N. G. (2005). Recent concerns about stunning and slaughter. *Meat Science, 50th International Congress of Meat Science and Technology,(ICoMST), 8-13 August 2004, Helsinki, Finland*, *70*(3), 481–491. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.06.026

Gržinić, G., Piotrowicz-Cieślak, A., Klimkowicz-Pawlas, A., Górny, R. L., Ławniczek-Wałczyk, A., Piechowicz, L., Olkowska, E., Potrykus, M., Tankiewicz, M., Krupka, M., Siebielec, G., & Wolska, L. (2023). Intensive poultry farming: A review of the impact on the environment and human health. *Science of The Total Environment*, *858*, 160014. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160014

Guémené, D., & Guy, G. (2004). The past, present and future of force-feeding and "foie gras" production. *World's poultry science journal*, *60*(2), 210–222.

Gutteridge, J. M. (1995). Lipid peroxidation and antioxidants as biomarkers of tissue damage. *Clinical Chemistry*, *41*(12), 1819–1828. https://doi.org/10.1093/clinchem/41.12.1819

Hagey, L. R., Vidal, N., Hofmann, A. F., & Krasowski, M. D. (2010). Complex Evolution of Bile Salts in Birds. *The Auk*, *127*(4), 820–831. https://doi.org/10.1525/auk.2010.09155

Hermier, D. (1997). Lipoprotein Metabolism and Fattening in Poultry1. *The Journal of Nutrition*, *127*(5), 805S-808S. https://doi.org/10.1093/jn/127.5.805S

Hermier, D., Saadoun, A., Salichon, M.-R., Sellier, N., Rousselot-Paillet, D., & Chapman, M. J. (1991). Plasma lipoproteins and liver lipids in two breeds of geese with different susceptibility to hepatic steatosis: Changes induced by development and force-feeding. *Lipids*, *26*(5), 331–339. https://doi.org/10.1007/BF02537194

Hermier, D., Salichon, M., Guy, G., & Peresson, R. (1999). Differential channelling of liver lipids in relation to susceptibility to hepatic steatosis in the goose. *Poultry Science*, *78*(10), 1398–1406. https://doi.org/10.1093/ps/78.10.1398

Hild, B., Heinzow, H. S., Schmidt, H. H., & Maschmeier, M. (2021). Bile Acids in Control of the Gut-Liver-Axis. *Zeitschrift Für Gastroenterologie*, *59*(1), 63–68. https://doi.org/10.1055/a-1330-9644

Hofmann, S. M., Perez-Tilve, D., Greer, T. M., Coburn, B. A., Grant, E., Basford, J. E., Tschöp, M. H., & Hui, D. Y. (2008). Defective Lipid Delivery Modulates Glucose Tolerance and Metabolic Response to Diet in Apolipoprotein E–Deficient Mice. *Diabetes*, *57*(1), 5–12. https://doi.org/10.2337/db07-0403

Holcomb, D. A., Knee, J., Sumner, T., Adriano, Z., de Bruijn, E., Nalá, R., Cumming, O., Brown, J., & Stewart, J. R. (2020). Human fecal contamination of water, soil, and surfaces in households sharing poor-quality sanitation facilities in Maputo, Mozambique. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *226*, 113496. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113496

Holman, M. E., & Surprenant, A. M. (1979). Some properties of the excitatory junction potentials recorded from saphenous arteries of rabbits. *The Journal of Physiology*, *287*(1), 337–351. https://doi.org/10.1113/jphysiol.1979.sp012663

Horváth, B., Peles, F., Szél, A., Sipos, R., Erős, Á., Albert, E., & Micsinai, A. (2020). Molecular typing of foodborne coagulase-positive Staphylococcus isolates identified by MALDI-TOF MS. *Acta Alimentaria*, *49*(3), 307–313. https://doi.org/10.1556/066.2020.49.3.9

Hui, Y. H. (2012). *Handbook of Meat and Meat Processing, Second Edition*. CRC Press.

Hurwitz, S., Cohen, I., Bar, A., & Bornstein, S. (1973). Sodium and Chloride Requirements of the Chick: Relationship to Acid-Base Balance1. *Poultry Science*, *52*(3), 903–909. https://doi.org/10.3382/ps.0520903

Hwa, R. C., Pišút, J., & Pišútová, N. (1997). Role of gluon depletion in $J/\ensuremath{\psi}$ suppression. *Physical Review C*, *56*(1), 432–438. https://doi.org/10.1103/PhysRevC.56.432

Janan, J., Bárdos, L., Karsai, M., Ágota, G., Rudas, P., Kozák, J., & Bódi, L. (2005). RELATIONSHIPS BETWEEN FORCE-FEEDING AND SOME PHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN GEESE BRED FOR FATTY LIVER. *Acta Veterinaria Hungarica*, *48*(1), 89–97. https://doi.org/10.1556/avet.48.2000.1.10

Jansen, T., & Daiber, A. (2012). Direct Antioxidant Properties of Bilirubin and Biliverdin. Is there a Role for Biliverdin Reductase? *Frontiers in Pharmacology*, *3*. https://doi.org/10.3389/fphar.2012.00030

Janssen, J. A. M. J. L. (2024). The Causal Role of Ectopic Fat Deposition in the Pathogenesis of Metabolic Syndrome. *International Journal of Molecular Sciences*, *25*(24). https://doi.org/10.3390/ijms252413238

Jones, M. W., Hannoodee, S., & Young, M. (2025). Anatomy, Abdomen and Pelvis: Gallbladder. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459288/

Jungermann, K. (1988). Metabolic Zonation of Liver Parenchyma. *Seminars in Liver Disease*, *8*(4), 329–341. https://doi.org/10.1055/s-2008-1040554

Kameda, Y. (1995). Co-expression of vimentin and 19S-thyroglobulin in follicular cells located in the C-cell complex of dog thyroid gland. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, *43*(11), 1097–1106. https://doi.org/10.1177/43.11.7560892

Kanungo, S., Wells, K., Tribett, T., & El-Gharbawy, A. (2018). Glycogen metabolism and glycogen storage disorders. *Annals of Translational Medicine*, *6*(24), 474. https://doi.org/10.21037/atm.2018.10.59

Kardeh, S., Ashkani-Esfahani, S., & Alizadeh, A. M. (2014). Paradoxical action of reactive oxygen species in creation and therapy of cancer. *European Journal of Pharmacology*, *735*, 150–168. https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2014.04.023

Kelly, L. M., & Alworth, L. C. (2013). Techniques for collecting blood from the domestic chicken. *Lab Animal*, *42*(10), 359–361. https://doi.org/10.1038/laban.394

Kennedy, L. E., Abraham, A., Kulkarni, G., Shettigar, N., Dave, T., & Kulkarni, M. (2021). Capsanthin, a Plant-Derived Xanthophyll: A Review of Pharmacology and Delivery Strategies. *AAPS PharmSciTech*, *22*(5), 203. https://doi.org/10.1208/s12249-021-02065-z

Kersten, S. (2014). Physiological regulation of lipoprotein lipase. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular and Cell Biology of Lipids*, *1841*(7), 919–933. https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2014.03.013

Kiss, A., (1990). *Baromfiipari technológia II*. Mezőgazdasági Kiadó

Kolka, C. M., & Bergman, R. N. (2012). The Barrier Within: Endothelial Transport of Hormones. *Physiology*, *27*(4), 237–247. https://doi.org/10.1152/physiol.00012.2012

Kong, W. M., Martin, N. M., Smith, K. L., Gardiner, J. V., Connoley, I. P., Stephens, D. A., Dhillo, W. S., Ghatei, M. A., Small, C. J., & Bloom, S. R. (2004). Triiodothyronine Stimulates Food Intake via the Hypothalamic Ventromedial Nucleus Independent of Changes in Energy Expenditure. *Endocrinology*, *145*(11), 5252–5258. https://doi.org/10.1210/en.2004-0545

Kozák, J. (2021). Goose production and goose products. *World's Poultry Science Journal*, *77*(2), 403–414. https://doi.org/10.1080/00439339.2021.1885002

Krogdahl, Å. (1985). Digestion and Absorption of Lipids in Poultry. *The Journal of Nutrition*, *115*(5), 675–685. https://doi.org/10.1093/jn/115.5.675

Kumru, S., Tekedar, H. C., Griffin, M. J., Waldbieser, G. C., Liles, M. R., Sonstegard, T., Schroeder, S. G., Lawrence, M. L., & Karsi, A. (2018). Draft Genome Sequence of Fish Pathogen Aeromonas bestiarum GA97-22. *Genome Announcements*, *6*(24), 10.1128/genomea.00524-18. https://doi.org/10.1128/genomea.00524-18

Kwiterovich, P. O. (2000). The metabolic pathways of high-density lipoprotein, low-density lipoprotein, and triglycerides: A current review. *The American Journal of Cardiology*, *86*(12, Supplement 1), 5–10. https://doi.org/10.1016/S0002-9149(00)01461-2

Lavilla, M., Olabarrieta, I., Lasa, D., Martínez, B., Serrano, G., Aduriz, A. L., & Martínez-de-Marañón, I. (2019). Improvement of gastronomical properties of duck *Foie gras* by high hydrostatic pressure. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *17*, 100155. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2019.100155

Leclercq, B., Hermier, D., & Salichon, M. R. (1984). Effects of age and diet on plasma lipid and glucose concentrations in genetically lean or fat chickens. *Reproduction Nutrition Développement*, *24*(1), 53–61. https://doi.org/10.1051/rnd:19840106

Leveille, G. A., Romsos, D. R., Yeh, Y.-Y., & O'Hea, E. K. (1975). Lipid Biosynthesis in the Chick. A Consideration of Site of Synthesis, Influence of Diet and Possible Regulatory Mechanisms1. *Poultry Science*, *54*(4), 1075–1093. https://doi.org/10.3382/ps.0541075

Lichtner, E., Cetin, Y. E., & Kriegel, M. (2024). Poultry evisceration and cross-contamination – Effectiveness of local air extraction and mechanical barriers. *Journal of Food Engineering*, *381*, 112164. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2024.112164

Liu, X., Ma, D., Zhang, Z., Wang, S., Du, S., Deng, X., & Yin, L. (2019). Plant lipid remodeling in response to abiotic stresses. *Environmental and Experimental Botany*, *165*, 174–184. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.06.005

Liu, Y. H., Zhu, X. Y., Huang, L. Q., Jia, Y. X., & Xia, Z. F. (2019). Effects of force-feeding on immunology, digestive function and oxidative stress in the duodenal and jejunal mucosa of Pekin ducks. *Animal*, *13*(10), 2199–2206. https://doi.org/10.1017/S1751731119000612

Lumeij, J. T., Meidam, M., Wolfswinkel, J., Van der Hage, M. H., & Dorrestein, G. M. (1988). Changes in plasma chemistry after drug-induced liver disease or muscle necrosis in racing pigeons (Columba livia domestica). *Avian Pathology*, *17*(4), 865–874. https://doi.org/10.1080/03079458808436508

McBride, R. S., & Edwards, J. D. (1914). *Lead Acetate Test for Hydrogen Sulphide in Gas*. U.S. Government Printing Office.

McConnell, M. J., Kostallari, E., Ibrahim, S. H., & Iwakiri, Y. (2023). The Evolving Role of Liver Sinusoidal Endothelial Cells in Liver Health and Disease. *Hepatology (Baltimore, Md.)*, *78*(2), 649–669. https://doi.org/10.1097/HEP.0000000000000207

McNeal, W., Fletcher, D., & Buhr, R. (2003). Effects of stunning and decapitation on broiler activity during bleeding, blood loss, carcass, and breast meat quality. *Poultry Science*, *82*(1), 163–168. https://doi.org/10.1093/ps/82.1.163

Menon, G. K., & Menon, J. (2000). Avian Epidermal Lipids: Functional Considerations and Relationship to Feathering1. *American Zoologist*, *40*(4), 540–552. https://doi.org/10.1093/icb/40.4.540

Meuwissen, J. A. T. P., & Heirwegh, K. P. M. (1982). Aspects of Bilirubin Transport. In *Bilirubin*. CRC Press.

Milbourne, K. (1983). Thermal tolerance of Lactobacillus viridescens in ham. *Meat Science*, *9*(2), 113–119. https://doi.org/10.1016/0309-1740(83)90021-9

Mohamed, B., & Mohamed, I. (2012). The Effects of Residual Blood of Carcasses on Poultry Technological Quality. *Food and Nutrition Sciences*, *3*(10), 1382–1386. https://doi.org/10.4236/fns.2012.310181

Mokrzycki, W., & Tatol, M. (2011). Color difference Delta E - A survey. *Machine Graphics and Vision*, *20*, 383–411.

Molnár M., Bogenfürst F., Molnár T., & Almási A. (2002). The effects of the domestication on the behaviour of goose under intensive conditions. *Acta Agraria Kaposváriensis*, *6*(2), 287–287.

Molnár, M., Nagy, I., Molnár, T., & Bogenfürst, F. (2006). Animal welfare aspects of goose liver production without force feeding: Selection possibilities for behaviour forms. *Acta Agraria Kaposváriensis*, *10*(2), 223–227.

Mourot, J., Guy, G., Lagarrigue, S., Peiniau, P., & Hermier, D. (2000). Role of hepatic lipogenesis in the susceptibility to fatty liver in the goose (*Anser anser*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, *126*(1), 81–87. https://doi.org/10.1016/S0305-0491(00)00171-1

Murros, K. E. (2022). Hydrogen Sulfide Produced by Gut Bacteria May Induce Parkinson's Disease. *Cells*, *11*(6). https://doi.org/10.3390/cells11060978

Nader, E., Skinner, S., Romana, M., Fort, R., Lemonne, N., Guillot, N., Gauthier, A., Antoine-Jonville, S., Renoux, C., Hardy-Dessources, M.-D., Stauffer, E., Joly, P., Bertrand, Y., & Connes, P. (2019). Blood Rheology: Key Parameters, Impact on Blood Flow, Role in Sickle Cell Disease and Effects of Exercise. *Frontiers in Physiology*, *10*. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01329

Nakazato, M., Murakami, N., Date, Y., Kojima, M., Matsuo, H., Kangawa, K., & Matsukura, S. (2001). A role for ghrelin in the central regulation of feeding. *Nature*, *409*(6817), 194–198. https://doi.org/10.1038/35051587

Nakyinsige, K., Che Man, Y. B., Aghwan, Z. A., Zulkifli, I., Goh, Y. M., Abu Bakar, F., Al-Kahtani, H. A., & Sazili, A. Q. (2013). Stunning and animal welfare from Islamic and scientific perspectives. *Meat Science*, *95*(2), 352–361. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.006

Nemkov, T., Reisz, J. A., Xia, Y., Zimring, J. C., & D'Alessandro, A. (2018). Red blood cells as an organ? How deep omics characterization of the most abundant cell in the human body highlights other systemic metabolic functions beyond oxygen transport. *Expert Review of Proteomics*, *15*(11), 855–864. https://doi.org/10.1080/14789450.2018.1531710

Nguyen-Lefebvre, A. T., & Horuzsko, A. (2015). Kupffer Cell Metabolism and Function. *Journal of enzymology and metabolism*, *1*(1), 101.

Nickerson, J. T. R., Fitzgerald, G. A., & Messer, R. (1939). Health Problems in Packing Crustacean Products. *American Journal of Public Health and the Nations Health*, *29*(6), 619–627. https://doi.org/10.2105/AJPH.29.6.619

Nicol, D. J., Shaw, M. K., & Ledward, D. A. (1970). Hydrogen Sulfide Production by Bacteria and Sulfmyoglobin Formation in Prepacked Chilled Beef. *Applied Microbiology*, *19*(6), 937–939. https://doi.org/10.1128/am.19.6.937-939.1970

Niki, E. (2009). Lipid peroxidation: Physiological levels and dual biological effects. *Free Radical Biology and Medicine*, *47*(5), 469–484. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2009.05.032

Nitsan, Z., Nir, I., Dror, Y., & Bruckental, I. (1973). The Effect of Forced Feeding and of Dietary Protein Level on Enzymes Associated with Digestion, Protein and Carbohydrate Metabolism in Geese. *Poultry Science*, *52*(2), 474–481. https://doi.org/10.3382/ps.0520474

Niven, C. F., Buettner, L. G., & Evans, J. B. (1954). Thermal Tolerance Studies on the Heterofermentative Lactobacilli That Cause Greening of Cured Meat Products. *Applied Microbiology*, *2*(1), 26–29. https://doi.org/10.1128/am.2.1.26-29.1954

O'Halloran, G. R., Troy, D. J., Buckley, D. J., & Reville, W. J. (1997). The role of endogenous proteases in the tenderisation of fast glycolysing muscle. *Meat Science*, *47*(3), 187–210. https://doi.org/10.1016/S0309-1740(97)00046-6

Omotayo, O. P., Omotayo, A. O., Mwanza, M., & Babalola, O. O. (2019). Prevalence of Mycotoxins and Their Consequences on Human Health. *Toxicological Research*, *35*(1), 1–7. https://doi.org/10.5487/TR.2019.35.1.001

Orkusz, A. (2018). Effects of packaging conditions on some functional and sensory attributes of goose meat. *Poultry Science*, *97*(8), 2988–2993. https://doi.org/10.3382/ps/pey139

Osako, K., Kuwahara, K., & Nozaki, Y. (2003). Seasonal variations in gel-forming ability of rabbit fish. *Fisheries science*, *69*(6), 1281–1289. https://doi.org/10.1111/j.0919-9268.2003.00756.x

Osborne, R. C., Harris, C. E., Buhr, R. J., & Kiepper, B. H. (2023). Impact of exsanguination method on blood loss in broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, *32*(4), 100380. https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100380

Osborne, R. C., Harris, C. E., Buhr, R. J., & Kiepper, B. H. (2024). Impact of stunning method on blood loss in broilers during exsanguination with 2 different neck cut methods. *Journal of Applied Poultry Research*, *33*(1), 100385. https://doi.org/10.1016/j.japr.2023.100385

Pearce, J. (1977). Some differences between avian and mammaeian biochemistry. *International Journal of Biochemistry*, *8*(4), 269–275. https://doi.org/10.1016/0020-711X(77)90132-X

Peirson, M. D., Guan, T. Y., & Holley, R. A. (2003). Thermal resistances and lactate and diacetate sensitivities of bacteria causing bologna discolouration. *International Journal of Food Microbiology*, *86*(3), 223–230. https://doi.org/10.1016/S0168-1605(02)00548-2

Pennington, M. E., & Sherwood, C. M. (1922a). The Greening of Poultry. *Poultry Science*, *1*(4), 114–124. https://doi.org/10.3382/ps.0010114

Pennington, M. E., & Sherwood, C. M. (1922b). The Greening of Poultry. *Poultry Science*, *1*(4), 114–124. https://doi.org/10.3382/ps.0010114

Piettre, M., (1912). Sur un nématode des tissus fibreux chez le boeuf. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*

Pober, J. S., & Tellides, G. (2012). Participation of blood vessel cells in human adaptive immune responses. *Trends in Immunology*, *33*(1), 49–57. https://doi.org/10.1016/j.it.2011.09.006

Porter, N. A. (2013). A Perspective on Free Radical Autoxidation: The Physical Organic Chemistry of Polyunsaturated Fatty Acid and Sterol Peroxidation. *The Journal of Organic Chemistry*, *78*(8), 3511–3524. https://doi.org/10.1021/jo4001433

Pou, K. M., Massaro, J. M., Hoffmann, U., Lieb, K., Vasan, R. S., O'Donnell, C. J., & Fox, C. S. (2009). Patterns of Abdominal Fat Distribution. *Diabetes Care*, *32*(3), 481–485. https://doi.org/10.2337/dc08-1359

Pösö, A. R., & Puolanne, E. (2005). Carbohydrate metabolism in meat animals. *Meat Science, 50th International Congress of Meat Science and Technology,(ICoMST), 8-13 August 2004, Helsinki, Finland*, *70*(3), 423–434. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.12.017

Pratt, D. S. (2010). *Chapter 73—Liver Chemistry and Function Tests*. Sleisenger and Fordtran's Gastrointestinal and Liver Disease (pp.1227-1237.e2)

Rangan, A., Savedra, M. E., Dergam-Larson, C., Swanson, K. C., Szuberski, J., Go, R. S., Porter, T. R., Brunker, S. E., Shi, M., Nguyen, P. L., Hoyer, J. D., & Oliveira, J. L. (2021). Interpreting sulfhemoglobin and methemoglobin in patients with cyanosis: An overview of patients with M-hemoglobin variants. *International Journal of Laboratory Hematology*, *43*(4), 837–844. https://doi.org/10.1111/ijlh.13581

Remignon, H., & Burgues, P. (2023). Evolution of oxidative stress markers in livers of ducks during force-feeding. *Scientific Reports*, *13*(1), 1046. https://doi.org/10.1038/s41598-022-27271-y

Repetto, M. G., Ferrarotti, N. F., & Boveris, A. (2010). The involvement of transition metal ions on iron-dependent lipid peroxidation. *Archives of Toxicology*, *84*(4), 255–262. https://doi.org/10.1007/s00204-009-0487-y

Riaz, M. N., Irshad, F., Riaz, N. M., & Regenstein, J. M. (2021). Pros and cons of different stunning methods from a Halal perspective: A review. *Translational Animal Science*, *5*(4), txab154. https://doi.org/10.1093/tas/txab154

Rodriguez-Amaya, D., B. (2016). Natural food pigments and colorants. *Current Opininon in Food Science*, Volume 7, pp. 20-26.

Rudas, P., Bartha, T., & Frenyó, V. L. (1994). Elimination and metabolism of triiodothyronine depend on the thyroid status in the brain of young chickens. *Acta Veterinaria Hungarica*, *42*(4), 465–476.

Saadoun, A., & Leclercq, B. (1987). In Vivo Lipogenesis of Genetically Lean and Fat Chickens: Effects of Nutritional State and Dietary Fat. *The Journal of Nutrition*, *117*(3), 428–435. https://doi.org/10.1093/jn/117.3.428

Sabow, A. B., Goh, Y. M., Zulkifli, I., Sazili, A. Q., Kaka, U., Kadi, M. Z. A. A., Ebrahimi, M., Nakyinsige, K., & Adeyemi, K. D. (2016). Blood parameters and electroencephalographic responses of goats to slaughter without stunning. *Meat Science*, *121*, 148–155. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.05.009

Sakka, S. G. (2007). Assessing liver function. *Current Opinion in Critical Care*, *13*(2), 207. https://doi.org/10.1097/MCC.0b013e328012b268

Sangjan, W., McGee, R. J., & Sankaran, S. (2023). Evaluation of forage quality in a pea breeding program using a hyperspectral sensing system. *Computers and Electronics in Agriculture*, *212*, 108052. https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108052

Saponaro, C., Gaggini, M., Carli, F., Gastaldelli, A., Saponaro, C., Gaggini, M., Carli, F., & Gastaldelli, A. (2015). The Subtle Balance between Lipolysis and Lipogenesis: A Critical Point in Metabolic Homeostasis. *Nutrients*, *7*(11), 9453–9474. https://doi.org/10.3390/nu7115475

Schneider, C. (2009). An update on products and mechanisms of lipid peroxidation. *Molecular Nutrition & Food Research*, *53*(3), 315–321. https://doi.org/10.1002/mnfr.200800131

Schneiter, R., & Toulmay, A. (2007). The role of lipids in the biogenesis of integral membrane proteins. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *73*(6), 1224–1232. https://doi.org/10.1007/s00253-006-0707-9

Serio, A., Fusella, G. C., Chaves López, C., Sacchetti, G., & Paparella, A. (2014). A survey on bacteria isolated as hydrogen sulfide-producers from marine fish. *Food Control*, *39*, 111–118. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.003

Shahdan, I. A., Regenstein, J. M., & Rahman, M. T. (2017). Critical limits for the control points for *halal* poultry slaughter. *Poultry Science*, *96*(6), 1970–1981. https://doi.org/10.3382/ps/pew427

Shahidi, F., Hossain, A., Shahidi, F., & Hossain, A. (2022). Role of Lipids in Food Flavor Generation. *Molecules*, *27*(15). https://doi.org/10.3390/molecules27155014

Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews*, *39*(11), 4067–4079. https://doi.org/10.1039/B922183M

Skippon, W. (2013a). The animal health and welfare consequences of foie gras production. *The Canadian Veterinary Journal*, *54*(4), 403–404.

Skippon, W. (2013b). The animal health and welfare consequences of foie gras production. *The Canadian Veterinary Journal*, *54*(4), 403–404.

Stevens, C. E., & Hume, I. D. (2004). *Comparative Physiology of the Vertebrate Digestive System*. Cambridge University Press.

Stevenson, R. W., Steiner, K. E., Davis, M. A., Hendrick, G. K., Williams, P. E., Lacy, W. W., Brown, L., Donahue, P., Lacy, D. B., & Cherrington, A. D. (1987). Similar Dose Responsiveness of Hepatic Glycogenolysis and Gluconeogenesis to Glucagon In Vivo. *Diabetes*, *36*(3), 382–389. https://doi.org/10.2337/diab.36.3.382

Strange, R. C., Spiteri, M. A., Ramachandran, S., & Fryer, A. A. (2001). Glutathione-*S*-transferase family of enzymes. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, Genetic Susceptibility to Environmental Toxicants*, *482*(1), 21–26. https://doi.org/10.1016/S0027-5107(01)00206-8

Strazzabosco, M., & Fabris, L. (2008). Functional Anatomy of Normal Bile Ducts. *The Anatomical Record*, *291*(6), 653–660. https://doi.org/10.1002/ar.20664

Szabó, A., Romvári, R., Áprily, Sz., Andrássy-Baka, G., Kacsala, L. (2012). A hízott libamáj zöld színhibája. *BAROMFI*, pp. 64-67. 1586-779x12

Szabó, A., Áprily, S., Kacsala, L., Vajda, T., Rekedtné-Fekete, E., Bónai, A., Toldi, M., & Romvári, R. (2014). Investigation of the Background of Greening of Fatty Goose Liver (Foie Gras) during Prolonged Frozen Storage under Vacuum. *Journal of Food Quality*, *37*(3), 213–218. https://doi.org/10.1111/jfq.12087

Tabata, I., Ogita, F., Miyachi, M., & Shibayama, H. (1991). Effect of low blood glucose on plasma CRF, ACTH, and cortisol during prolonged physical exercise. *Journal of Applied Physiology*, *71*(5), 1807–1812. https://doi.org/10.1152/jappl.1991.71.5.1807

Taouis, M., Chen, J.-W., Daviaud, C., Dupont, J., Derouet, M., & Simon, J. (1998). Cloning the chicken leptin gene. *Gene*, *208*(2), 239–242. https://doi.org/10.1016/S0378-1119(97)00670-7

Teeter, R. G., & Smith, M. O. (1985). Feed Intake Effects Upon Gain, Carcass Yield, and Ration Digestibility in Broilers Force Fed Five Feed Intakes. *Poultry Science*, *64*(11), 2155–2160. https://doi.org/10.3382/ps.0642155

Teeter, R. G., Smith, M. O., Murray, E., & Hall, H. (1984). Force Feeding Methodology and Equipment for Poultry1. *Poultry Science*, *63*(3), 573–575. https://doi.org/10.3382/ps.0630573

Toldrá, F., Aristoy, M.-C., & Flores, M. (2000). Contribution of muscle aminopeptidases to flavor development in dry-cured ham. *Food Research International*, *33*(3), 181–185. https://doi.org/10.1016/S0963-9969(00)00032-6

Tsai, M.-T., Tarng, D.-C., Tsai, M.-T., & Tarng, D.-C. (2018). Beyond a Measure of Liver Function—Bilirubin Acts as a Potential Cardiovascular Protector in Chronic Kidney Disease Patients. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(1). https://doi.org/10.3390/ijms20010117

Urak, F., Bilgic, A., Florkowski, W. J., & Bozma, G. (2024). Confluence of COVID-19 and the Russia-Ukraine conflict: Effects on agricultural commodity prices and food security. *Borsa Istanbul Review*, *24*(3), 506–519. https://doi.org/10.1016/j.bir.2024.02.008

Vitek, L., & Ostrow, J. D. (2009). Bilirubin Chemistry and Metabolism; Harmful and Protective Aspects. *Current Pharmaceutical Design*, *15*(25), 2869–2883. https://doi.org/10.2174/138161209789058237

Wang, X., Chowdhury, J. R., & Chowdhury, N. R. (2006). Bilirubin metabolism: Applied physiology. *Current Paediatrics*, *16*(1), 70–74. https://doi.org/10.1016/j.cupe.2005.10.002

Warriss, P. D. (1984). Exsanguination of animals at slaughter and the residual blood content of meat. *The Veterinary Record*, *115*(12), 292–295. https://doi.org/10.1136/vr.115.12.292

Wei, R., Ning, R., Han, C., Wei, S., Teng, Y., Li, L., Liu, H., Hu, S., Kang, B., & Xu, H. (2023). Lipidomics analysis reveals new insights into the goose fatty liver formation. *Poultry Science*, *102*(3), 102428. https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102428

Williamson, G. S., & Pearse, I. H. (1924). The system of microcapillaries in the liver and bile-ducts. *The Journal of Pathology and Bacteriology*, *27*(3), 319–321. https://doi.org/10.1002/path.1700270313

Wright, W. D. (1981). *50 Years of the 1931 CIE Standard Observer for Colorimetry. AIC Color 81: AIC Color 81*.

Xu, S., Kang, C. H., Gou, X., Peng, Q., Yan, J., Zhuo, S., Cheng, C. L., He, Y., Kang, Y., Xia, W., So, P. T. C., Welsch, R., Rajapakse, J. C., & Yu, H. (2016). Quantification of liver fibrosis via second harmonic imaging of the Glisson's capsule from liver surface. *Journal of Biophotonics*, *9*(4), 351–363. https://doi.org/10.1002/jbio.201500001

Yan, L., Liu, J., Chen, R., Lei, M., Guo, B., Chen, Z., Dai, Z., & Zhu, H. (2025). Reproductive characteristics and methods to improve reproductive performance in goose production: A systematic review. *Poultry Science*, *104*(6), 105099. https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105099

Zaefarian, F., Abdollahi, M. R., Cowieson, A., Ravindran, V., Zaefarian, F., Abdollahi, M. R., Cowieson, A., & Ravindran, V. (2019). Avian Liver: The Forgotten Organ. *Animals*, *9*(2). https://doi.org/10.3390/ani9020063

Żebrowska, M., Weippert, M., & Petelczyc, M. (2021). Oxyhemoglobin Concentration and Oxygen Uptake Signal During Recovery From Exhaustive Exercise in Healthy Subjects—Relationship With Aerobic Capacity. *Frontiers in Physiology*, *12*. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.695569

Zhang, D., Wei, Y., Huang, Q., Chen, Y., Zeng, K., Yang, W., Chen, J., Chen, J., Zhang, D., Wei, Y., Huang, Q., Chen, Y., Zeng, K., Yang, W., Chen, J., & Chen, J. (2022). Important Hormones Regulating Lipid Metabolism. *Molecules*, *27*(20). https://doi.org/10.3390/molecules27207052

Zhang, X., Yang, S., Chen, J., & Su, Z. (2019). Unraveling the Regulation of Hepatic Gluconeogenesis. *Frontiers in Endocrinology*, *9*. https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00802

Zhang, Y., Qi, S., Fan, S., Jin, Z., Bao, Q., Zhang, Y., Zhang, Y., Xu, Q., & Chen, G. (2024). Comparison of growth performance, meat quality, and blood biochemical indexes of Yangzhou goose under different feeding patterns. *Poultry Science*, *103*(2), 103349. https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103349

Zhou, J., Kong, H., Hua, X., Xiao, M., Ding, J., & Hu, G. (2008). Altered blood–brain barrier integrity in adult aquaporin-4 knockout mice. *NeuroReport*, *19*(1), 1. https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e3282f2b4eb

Zhu, J., Zhou, T., Menggen, M., Aimulajiang, K., & Wen, H. (2023). Ghrelin regulating liver activity and its potential effects on liver fibrosis and Echinococcosis. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, *13*, 1324134. https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1324134

Zhu, Y., Zhu, J., Shi, X., & Fan, M. (2025). Effects of Freezing, Frozen Storage and Thawing on the Water Status, Quality, Nutrition and Digestibility of Meat: A Review. *Food Science & Nutrition*, *13*(8), e70774. https://doi.org/10.1002/fsn3.70774

Zhuang, H., Bowker, B. C., Buhr, R. J., Bourassa, D. V., & Kiepper, B. H. (2013). Effects of broiler carcass scalding and chilling methods on quality of early-deboned breast fillets1. *Poultry Science*, *92*(5), 1393–1399. https://doi.org/10.3382/ps.2012-02814

Ziessman, H. A. (2006). Functional Hepatobiliary Disease: Chronic Acalculous Gallbladder and Chronic Acalculous Biliary Disease. *Seminars in Nuclear Medicine, The Gastrointestinal Tract: An Update*, *36*(2), 119–132. https://doi.org/10.1053/j.semnuclmed.2005.12.001

Internetes hivatkozások

Internet 1: https://index.hu/techtud/2020/11/11/libatomes_idotallo_hagyomany_vagy_allatkinzas/

Internet 2: https://www.origo.hu/tafelspicc/2015/01/kaliforniaban-ismet-lehet-hizott-libamajat-kapni

Internet 3: https://depositphotos.com/hu/photos/sz%C3%BCrke-liba.html?qview=320324770

Internet 4: https://glossary.periodni.com/glossary.php?en=unsaturated+fatty+acid

Internet 5: https://www.selectscience.net/product/hitachi-u-2900-u-2910-uv-vis-double-beam-spectrophotometer

Internet 6: https://analife.co/product/cem-mars-5-microwave-digestion/

Internet 7: http://www.ilab.com.my/perkinelmer/atomic-spectroscopy/inductively-coupled-plasma/optima-8000-icp-oes-spectrometer.shtml

Internet 8: https://www.myco-instrumentation.com/bruker-maldi-biotyper-microflex-lt-sh?page_url=https%3A%2F%2Fwww.myco-instrumentation.com%2Fbruker-maldi-biotyper-microflex-lt-sh&product_name=Bruker+MALDI+Biotyper+Microflex+LT%2FSH

Internet 9: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e0/Soxhlet_extractor.svg

Internet 10: https://www.ingos.cz/amino-acid-analyzer-aaa-400

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet szeretném kifejezni témavezetőimnek, **Dr. Friedrich Lászlónak** és **Dr. Jónás Gábornak**, akikhez bármikor fordulhattam kérdéseimmel, akik segítették szakmai fejlődésemet, segítséget nyújtottak a kísérleteim megtervezésében és értékelésében, illetve szakmai tudásukkal és ösztönzésükkel segítették doktori munkám elkészülését.

Köszönöm páromnak, **Dr. Hidas Karinának**, aki szakmai tudásával, tapasztalatával, precizitásával és igényességével rengeteget tett hozzá dolgozatom sikeres elkészítéséhez.

Köszönöm az **Állatitermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék** minden munkatársának, akik szakmai tudásukkal támogatták a munkámat.

Köszönet illeti a **Pannon Fine Food Kft. munkatársait** a közös munkáért, a kísérleteim során felhasznált alapanyagok biztosításáért.

Köszönöm a **szakdolgozatukat és diplomamunkájukat témavezetésemmel író hallgatóknak** a belém vetett bizalmukért, illetve kísérleteim megvalósításában való közreműködésüket.

Köszönöm **családomnak**, akik támogattak és bíztattak doktori tanulmányaim és a dolgozat megírása során.

PUBLIKÁCIÓS LISTA

Q1-Q4 besorolással rendelkező folyóiratcikkek

Majzinger, K. L., Jónás, G., Surányi, J., Zimborán, Á., Kiskó, G., Taczman-Brückner, A., Friedrich, L. F. (2024). Effect of watering before slaughter and the evisceration method on the quality characteristics of fattened goose liver. POULTRY SCIENCE, 103(12). http://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104454 **D1**

Majzinger, K., Kovács-Bányász, B., Horváth-Mezőfi, Z., Pósa, E., Csehi, B., Hitka, G., Nyulas-Zeke, I. C. (2025). The Effects of High Hydrostatic Pressure Treatment on the Quality Characteristics and the Protein Structure of Vacuum-Packed Fresh Pork and Wild Boar Meats. APPLIED SCIENCES-BASEL, 15(4). http://doi.org/10.3390/app15041766 **Q2**

Hidas, K. I., Dalmadi, I., **Majzinger, K. L.**, Visy, A., Varga-Tóth, A., Németh, C., & Nyulas-Zeke, I. C. (2026). Controlling Freeze–Thaw Gelation of Egg Yolk via Enzymatic Treatment. GELS (BASEL), 12(5), 430. http://doi.org/10.3390/gels12050430 **Q1**

Jónás, G., Visy, A., Dalmadi, I., **Majzinger, K.**, Krzyzewsky, N., Barkó, A., Friedrich, L. (2024). Evaluation of the Effects of Electrical and Carbon Dioxide Stunning Methods on Quality Attributes of Pork Meat. APPLIED SCIENCES-BASEL, 14(22). http://doi.org/10.3390/app142210410 **Q2**

Barkó, A., Pásztor-Huszár, K., Mednyánszky, Z., Varga-Tóth, A., Csurka, T., **Majzinger, K.**, Hidas, K. I. (2025). Effect of high hydrostatic pressure treatment on rehydrated egg white powder. PROGRESS IN AGRICULTURAL ENGINEERING SCIENCES, 21(1), 169–181. http://doi.org/10.1556/446.2025.00185 **Q3**

Horváth-Mezőfi, Z., Bátor, E., Szabó, G., Göb, M., Sasvár, Z., Nguyen, L. L. P., Zsom, T. (2023). Effect of 1-MCP treatment on tomato photosynthetic chlorophyll activity during storage. PROGRESS IN AGRICULTURAL ENGINEERING SCIENCES, 19(S1), 17–25. http://doi.org/10.1556/446.2023.00078 **Q3**

Q1-Q4 besorolással nem rendelkező folyóiratcikkek

Majzinger, K., Hidas, K., Visy, A., Barkó, A., Horváth-Mezőfi, Z., Friedrich, L., & Jónás, G. (2022). HHP-kezelés hatása mangalicahúsok és -szalonnák minőségi jellemzőire. HÚS: A

MAGYAR HÚSIPAR SZAKMAI FOLYÓIRATA : AZ ORSZÁGOS HÚSIPARI KUTATÓINTÉZET FOLYÓIRATA, ú.f.1(1–2), 34–40. http://doi.org/10.56616/meat.3416

Karina, I. H., Ildikó, C. N. Z., Adrienn, V. T., Anna, V., Annamária, B., Zsuzsanna, H.-M., **Koppány, L. M.**, László, F. F., Csaba, N. (2022). Teljes tojáslé reológiai, kalorimetrikus és funkcionális tulajdonságainak változása a fagyasztás során. HÚS: A MAGYAR HÚSIPAR SZAKMAI FOLYÓIRATA : AZ ORSZÁGOS HÚSIPARI KUTATÓINTÉZET FOLYÓIRATA, ú.f.1(1–2), 45–50. http://doi.org/10.56616/meat.3354

Nemzetközi konferencia absztraktok

Majzinger, K. L., Lehota, V., Moncon Farr, H., Jónás, G., & Friedrich, L. F. (2025). COMPARISON OF THE HEMOGLOBIN CONTENT OF FATTENED GOOSE LIVERS AFFECTED AND NONAFFECTED BY GREENING. In BiosysFoodEng 2025 6th International Conference on Biosystems and Food Engineering Book of Proceedings.

Majzinger, K. L., Mednyánszky, Z., Lehota, V., , M. F., Jónás, G., & Friedrich, L. F. (2025). Determination of Sulfur-containing Amino Acid Content in Fattened Goose Livers Affected and Non-affected by Greening. In 5th FoodConf - International Conference on Food Science, Technology and Innovation - Book of Abstracts (p. 102).

Majzinger, K. L., Lehota, V., Jónás, G., & Friedrich, L. F. (2025). The Effect of High Hydrostatic Pressure Treatment on the Surface Discoloration of Fattened Goose Liver. In BOOK OF ABSTRACTS - 6TH INTERNATIONAL MULTIDISCIPLINARY CONFERENCE FOR YOUNG RESEARCHERS (p. 142).

Majzinger, K., Lehota, V., Méhes, A., Moncon Farr, H., & Jónás, G. (2025). INVESTIGATION OF HYDROGEN SULFIDE (H2S) PRODUCING MICROORGANISMS IN FATTENED GOOSE LIVERS AFFECTED BY GREENING. In Tavaszi Szél Konferencia / Spring Wind Conference 2025. Absztrakt kötet (p. 64).

Majzinger, K. L., Friedrich, L. F., Németh, C., & Jónás, G. (2022). Effect of high hydrostatic pressure treatment on the quality charasteristics of mangalica flesh and bacon. In 4th George Olah Conference - Abstract Book (pp. 45–45).

Koppány, L. M., Karina, I. H., Anna, V., Annamária, B., Zsuzsanna, H.-M., László, F., & Gábor, J. (2022). Effect of HHP treatment on lipid oxidation processes in mangalica bacon. In 4th FoodConf - International Conference on Food Science and Technology. Book of Abstracts (p. 89).

Majzinger, K. L., Hidas, K., Visy, A., Horváth-Mezőfi, Z., Sasvár, Z., & Jónás, G. (2024). Effect of high hydrostatic pressure on the quality characteristics of a chickpea-based pate. In II. Magyar Agrártudományi Doktoranduszok Szimpóziuma 2024 (pp. 78–78).

Hannah, M. F., Béla, U., **Koppány, M.**, Balázs, C., Tamás, B., & Ildikó, N.-Z. (2025). Effect of feeds containing black soldier fly larvae on meat quality of african catfish. In Doktoranduszok Fenntarthatósági Szimpóziuma - Absztraktkötet (p. na).

Hannah, M. F., Ildikó, N.-Z., Balázs, C., **Koppány, M.**, & Tamás, B. (2025). Effects of Black Soldier Fly Meal Inclusion on Protein Denaturation in African Catfish (Clarias Gariepinus). In BOOK OF ABSTRACTS - 6TH INTERNATIONAL MULTIDISCIPLINARY CONFERENCE FOR YOUNG RESEARCHERS (pp. 136–136).

Hannah, M. F., **Koppány, M.**, Enkhbold, M., Balázs, C., Tamás, B., Béla, U., & Ildikó, N.-Z. (2025). Biochemical Separation of Myofibrillar and Sarcoplasmic Proteins from African Catfish Fed Black Soldier Fly Meal. In 5th FoodConf - International Conference on Food Science, Technology and Innovation - Book of Abstracts (pp. 107–107).

Hannah, M. F., Béla, U., **Koppány, M.**, Csorbai, B., Bartucz, T., & Nyulas-Zeke, I. (2025). COMPARISON OF RAW AND FRIED AFRICAN CATFISH MEAT SUPPLEMENTED WITH BLACK SOLDIER FLY MEAL. In BiosysFoodEng 2025 6th International Conference on Biosystems and Food Engineering Book of Proceedings.

Lehota, V., **Majzinger, K. L.**, Jónás, G., Friedrich, L., Tormási, J., & Abrankó, L. (2025). Determination of the protein nutritional value of meat products and study of the effect of protein supplementation. In BiosysFoodEng 2025 6th International Conference on Biosystems and Food Engineering Book of Proceedings.

Lehota, V., **Majzinger, K. L.**, Friedrich, L., & Abrankó, L. (2025b). Phosphate Replacing Potential of Apple Pomace in Sausages. In 5th FoodConf - International Conference on Food Science, Technology and Innovation - Book of Abstracts.

Horváth-Mezőfi, Z., Sándor, A., **Majzinger, K.**, Zsom, T., & Hitka, G. (2025). Comparative Evaluation of Gaseous and MicrobubbleBased 1-Methylcyclopropene Treatments on the Postharvest Ripening of Green-Harvested Tomatoes. In BOOK OF ABSTRACTS - 6TH INTERNATIONAL MULTIDISCIPLINARY CONFERENCE FOR YOUNG RESEARCHERS (p. 68).

Lehota, V., **Majzinger, K. L.**, Friedrich, L., & Abrankó, L. (2025c). Phosphate Replacing Potential of Polyphenol-Extracted Apple Pomace in Sausages. In BOOK OF ABSTRACTS - 6TH INTERNATIONAL MULTIDISCIPLINARY CONFERENCE FOR YOUNG RESEARCHERS (p. 119).

Gábor, J., Eszter, B., **Koppány, M.**, Anna, V., Karina, H., Annamária, B., & László, F. (2022). Effect of high hydrostatic pressure and heat treatment sequence on color, texture and water holding capacity of meat batter. In 4th FoodConf - International Conference on Food Science and Technology. Book of Abstracts (p. 61).

Anna, V., Gábor, J., Zsuzsanna, H.-M., Karina, I. H., Annamária, B., **Koppány, L. M.**, & László, F. (2022). Examination of the effect of relative humidity on different properties of pork loin during curing and ageing. In 4th FoodConf - International Conference on Food Science and Technology. Book of Abstracts (p. 81).

Karina, I. H., Csaba, N., Anna, V., Annamária, B., Zsuzsanna, H.-M., Adrienn, V.-T., **Koppány, L. M.**, László, F. F., Ildikó, C. N.-Z. (2022). The effect of different sucrose concentrations on the rheological and functional properties of frozen-thawed liquid egg yolk. In 4th FoodConf - International Conference on Food Science and Technology. Book of Abstracts (p. 94).

Juan, P. A. B., **Koppány, M.**, Gábor, J., László, F., & Zoltan, K. (2023). Determination of the blood content in fattened goose liver as an important quality parameter by means of NIR spectroscopy. In 21st International Conference on Near Infrared Spectroscopy: Book of Abstracts (pp. 78–79).

Sasvár, Z., Horváth-Mezőfi, Z., Szabó, G., Göb, M., Le Phuong Nguyen, L., **Majzinger, K.**, Hitka, G. (2023). Effect of 1-MCP preharvest treatment on apple quality characteristics at harvest time and during storage. In BiosysFoodEng 2023 5th International Conference on Biosystems and Food Engineering Book of Proceedings.

Horváth-Mezőfi, Z., Szabó, G., Göb, M., Sasvár, Z., Le Phuong Nguyen, L., **Majzinger, K.**, Zsom, T. (2023). Effect of 1-MCP treatment on tomato photosynthetic chlorophyll activity during storage. In BiosysFoodEng 2023 5th International Conference on Biosystems and Food Engineering Book of Proceedings.

Magyar nyelvű konferencia absztraktok

Lehota, V., **Majzinger, K.**, Friedrich, L., & Abrankó, L. (2025a). Különböző almatörköly-készítmények foszfát-helyettesítő képessége vörösáruk esetében. In A 2025. évi Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly (LOV) Tudományos Ülés összefoglalói (p. 77).

FÜGGELÉKEK

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	**Majzinger Koppány László**
Neptun-kódja:	**B5ZU22**
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	☐ BSc/BA ☐ MSc/MA ☒ Doktori (PhD) ☐ Egyéb: ……
Tantárgy neve/kódja*:	
A munka címe:	Hízott vízibaromfi máj eltarthatóságának növelése, élelmiszer-biztonság és minőség növelése céljából

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

☐ A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

☒ B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	**Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója**	**Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)**
Nyelvi korrektúra	OpenAI ChatGPT-5.5	3.3 alfejezet

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

*(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka **mellékletében való csatolása szükséges**.)*

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve, verziója, elérhetősége	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

……

……

……

……

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Budapest, 2026.04.29.

....

Hallgató aláírása **Konzulens/Témavezető aláírása**

Mesterséges intelligencia (MI) prompt-napló kutatók, hallgatók, doktoranduszok részére

Útmutató: Ez a melléklet a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Mesterséges Intelligencia használatáról szóló Szabályzata 2. és 3. számú függeléke szerinti nyilatkozat II. táblázatában jelölt, jelentős tartalmi hozzájárulást jelentő MI-interakciókat dokumentálja.

Az itt szereplő sorszámoknak meg kell egyezniük a nyilatkozat II. táblázatának „A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma” oszlopában megadott számokkal.

NAPLÓBEJEGYZÉS SORSZÁMA: 1

(Kérjük, válasszon az A vagy B opció közül!)

A) Részletes dokumentáció

A megadott prompt:

Az MI által adott nyers válasz:

B) Hivatkozás megosztott beszélgetésre:

Nyilvánosan elérhető beszélgetés linkje (URL):

(A további bejegyzésekhez másolja ezt a sablont a megfelelő új sorszámmal.)