

DIPLOMADOLGOZAT

Dr.Poczik Levente

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Állattenyésztési Tudományok Intézet

Mezőgazdasági mérnöki szak, levelező tagozat

Hízott máj minőségének vizsgálata töméses és tömés nélküli technológiában

Konzulensek: Dr. Kovács-Weber Mária, egyetemi docens

Konzulensek intézete/tanszéke:

Állattenyésztési Tudományok Intézet,

Állattenyésztés-technológiai és Állatjóléti Tanszék

Készítette: Dr. Poczik Levente

Gödöllő

2025

Tartalomjegyzék

1	BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK.....	4
2	CÉLKITŰZÉSEK	6
3	IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	7
3.1	HÍZOTT LIBAMÁJ	7
3.2	A HÍZOTT LIBAMÁJ KIALAKULÁSÁHOZ VEZETŐ BIOKÉMIAI FOLYAMATOK	7
3.3	HÍZOTT LIBÁK MÁJÁBAN ÉS VÉRÉBEN BEKÖVETKEZŐ BIOKÉMIAI VÁLTOZÁSOK	13
3.4	KÜLÖNBÖZŐ LÚDFAJTÁK MÁJTERMELŐ KÉPESSÉGE	15
3.5	A HÍZOTT LIBAMÁJ VÉDŐMECHANIZMUSAI	16
3.5.1	<i>Mikrobiom</i>	16
3.5.2	<i>Adiponektinek</i>	17
3.5.3	<i>Zsírsvav összetétel</i>	17
3.6	HÍZOTT LIBAMÁJ	20
3.7	ÁLLATVÉDELMI KRITIKÁK, AGGÁLYOK	22
3.8	HÍZOTT LIBAMÁJ MINŐSÍTÉSE	23
4	ANYAG ÉS MÓDSZER	25
4.1	KÍSÉRLETI ÁLLATOK, TAKARMÁNYOZÁS- ÉS TARTÁSTECHNOLÓGIÁJUK.....	25
4.2	VIZSGÁLT PARAMÉTEREK	26
4.2.1	<i>Máj szín</i>	26
4.2.2	<i>Műszeres textúra minősítés</i>	27
4.2.3	<i>Szövettani technika</i>	28
4.2.4	<i>Mikrobiom analízis</i>	29
4.2.5	<i>Matematikai-statisztikai módszerek</i>	29
5	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	30
5.1.1	<i>Májszín</i>	30
5.1.2	<i>Máj textúra</i>	32
5.1.3	<i>Szövettani elemzések</i>	32
5.1.4	<i>Mikrobiom változásai</i>	36
6	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	39
7	ÖSSZEFOGLALÁS.....	42
8	IRODALOMJEGYZÉK.....	43
9	KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	50

1 BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A hízott libamáj története igen régről származik. Először valószínűleg Egyiptomban jelent meg melynek bizonyítéka egy i.e. 2500-ból származó sírban talált festmény. Ettől kezdve folyamatosan terjedt el a világ különböző pontjain.

Érdekesség, hogy a rómaiak fügével tömték a libákat és a „jecur ficatum” (fügével elállított máj) nevet adták. Később azonban fokozatosan eltűnt a jecur és megmaradt a ficatum (füge) amely az évek előrehaladtával a franciáknál foie formában alakult tovább, vagyis a ma is mert foie gras szó feltehetően a rómaiaktól származik. (Wei R. és mtsi. 2023)

Ma már a világ egyik legkülönlegesebb gasztronómiai alapanyagává vált. A technika és a tudomány fejlődésének hatására mára már teljesen megváltozott a tömés, takarmányozás folyamata, valamint a libák genotípusa is.

A tudomány fejlődésének hatására egyre jobban megértjük a hízott libamáj kialakulásának a folyamatát. Amíg régebben csak fiziológiai szinteken értettük meg, mára viszont a genetikai, biokémiai, transzkripciós szinteken is képesek vagyunk a libamáj kialakulásának mechanizmusát vizsgálni. (Wei R. és mtsi. 2022)

Alaptézis, hogy a zsírmáj kialakulása elsősorban a lipidszintézis, lipidtranszport és a zsírsavak β -oxidációja közötti egyensúly felborulásának a következménye. Ezen folyamatok a májban lipidraktározást és hepatocytá prolifерációt indítanak. Ennek eredményeként a libákban zsírmáj (hepato steatosis) alakul ki. (Wei R és mtsi. 2022).

Érdekes tény, hogy a libában kialakult zsírmájban – az emlősök nem alkoholos májbetegségével (NAFLD) ellentétben – súlyos steatosis mellett sem figyelhetők meg előrehaladott kóros elváltozások, ami arra utal, hogy a libamáj rendelkezik egy védelmi mechanizmussal, amely megakadályozza a zsírmáj további progresszióját a necrosis, cirrhosis irányába. (Tuoyu G. mtsi. 2016)

A libák szénhidrátban gazdag táplálkozás során ahogy már említettem zsírmáját képesek kialakítani, ami feltehetően egy evolúciós adaptáció a vándorláshoz szükséges tartalékok felhalmozására. (Hermier D. és mtsi. 1999)

Jelenleg ezen tulajdonságukat a hízott libamáj előállításánál kényszerítően keresztül tudjuk elérni, amelyet az utóbbi évtizedekben mind állatvédelmi szervezetek mind pedig nemzetközi intézmények bírálnak. (Európai tanács 1999a, b, Európai parlament 2022, Bernadet MD és mtsi. 2025)

A hízott libamáj előállításával kapcsolatos etikai aggályok különösen Franciaországban

kerültek előtérbe, miután 1998-ban az Állategészségügyi és Állatjóléti Tudományos Bizottság (SCAHAW) az Európai Bizottság számára készített jelentésében kimondta, hogy „a kényszeretetés káros az állatok jólétére”. (Fernandez X. és mtsi. 2019)

Jelenleg igen kevés országban engedélyezik a kényszertöméses májhízalást, de ezek közül kiemelkedik Franciaország (80%), Magyarország, Bulgária.

Magyarország a hízott libamájat hungarikummá nyilvánította. (Horn P. és mtsi 1991, Kozák J. és mtsi. 2011)

Ezen állatjóléti és állatvédelmi törekvések miatt egyre sürgetőbbé és fontosabbá válik olyan genotípusú libák tenyésztése, amelyek a kényszertáplálás nélkül is képesek hízott máj létrehozására. Valamint fontos kitétel, hogy a létrehozott máj textúrájában, összetételében is hasonló legyen a kényszertömött májéval.

Néhány kutató csoport már próbálkozott ezzel de ott inkább a libák evolúciós képességét próbálták meg kihasználni (vándorlást megelőző körülmények létrehozása), ezen kísérletek is kecsegtető eredményeket mutattak. (Fernandez X. és mtsi. 2019) (Bernadet MD és mtsi. 2025) (Knudsen C. és mtsi. 2021).

2 CÉLKITŰZÉSEK

Jelen vizsgálat célja, hogy összehasonlítást végezzen a nem kényszertáplált és a kényszertáplált hizott libamáj minták között, elsősorban a máj minőségének, azon belül is szöveti tulajdonságainak, textúrájának, színének tekintetében, valamint a ludak bél mikrobiomban bekövetkező változásaiban. A kutatás középpontjában annak feltárása áll, hogy a kényszeretetés nélküli, természetes úton történő hizlalás miként befolyásolja a máj szöveti szerkezetét és megjelenését és miként befolyásolja a bél mikrobiomot.

A vizsgálat további célja a szövettani metszetek elemzése. A mikroszkópos eredmények összevetésre kerülnek a makroszkópos jellemzőkkel – különösen a máj színével, sárgás árnyalatának intenzitásával és texturális tulajdonságaival –, annak érdekében, hogy feltárható legyen az adipociták aránya és a máj fizikai-megjelenésbeli jellemzői közötti kapcsolat.

A kutatás célja tehát, hogy átfogó képet adjon a nem kényszertáplált libamáj morfológiai, fizikai sajátosságairól ezek összehasonlításáról, valamint a bélmikrobiom változásairól a kényszertáplált mintákkal.

A vizsgálat révén feltárhatóvá válhat, hogy a kíméletesebb, természetes hizlalási eljárás milyen irányban és mértékben befolyásolja a máj zsírosodásának mértékét, szerkezeti integritását és vizuális minőségi jellemzőit.

3 IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1 Hízott libamáj

A libamájat, mint magas tápanyagtartalmú, prémium minőségű élelmiszert, mesterséges túletetéses módszerrel állítják elő. Az 1960-as években a libákat naponta kétszer etették nagy mennyiségű kukoricával annak érdekében, hogy a májban zsírlerakódás jöjjön létre, és ezáltal elérjék a kívánt minőségű hízott libamájat (Koseniuk A, 2025). A fajtától és a technológiai eljárástól függően a tömési, más néven „szondázási” időszak hossza általában 10 és 17 nap között változott (Odum, 1960), azonban egyes források akár 18–26 napos periódust is említenek (Horn, 1981). Napjainkban a gyakorlatban jellemzően 12–14 napos tömési időt alkalmaznak. Korábban a libák hizlalása 14 hetes korban kezdődött, míg napjainkban ez az időpont rendszerint 9–12 hetes életkorra tolódott. Az így előállított hízott libamáj átlagosan körülbelül 60% zsírtartalmú (Hermier és mtsi. 1994). Amikor a máj zsírtartalma meghaladja a szerv tömegének 5%-át (Chalasanani és mtsi 2011), a libamáj már kifejezett steatosis állapotba kerül. Ilyenkor a libákban úgynevezett „zsírmáj” alakul ki.

Érdekesség, hogy a súlyos zsírfelhalmozódás ellenére a libazsírmájban nem figyelhető meg gyulladásos reakció, fibrózis vagy egyéb kóros elváltozás, amelyek az emberi máj steatosis esetében gyakoriak. Továbbá, bizonyos körülmények között a libák mája képes visszanyerni normál szerkezetét és működését, ami arra utal, hogy a faj sajátos védőmechanizmussal rendelkezik a zsírlerakódás káros hatásaival szemben (Hermier és mtsi. 1999).

3.2 A hízott libamáj kialakulásához vezető biokémiai folyamatok

A zsírmáj kialakulása elsősorban a lipidszintézis, lipidtranszport és a zsírsavak β -oxidációja közötti egyensúly felborulásának a következménye. A madarakban a lipidszintézis (lipogenezis) fő helye a májban van nem pedig a zsírszövetben, ellentétben az emlősökkel. Kukorica alapú, szénhidrátban gazdag takarmány hatására a májban drasztikusan fokozódik a lipogenezis, melynek következtében kialakul a hízott libamáj.

A zsírmáj kialakulásának biokémiai folyamatát tekintem át a következőkben:

A táplálékkal bevitt szénhidrátok emésztése – habár a madarak esetében ez nem hangsúlyos – a szájüregben kezdődik, ahol a nyál-amiláz megkezdí a keményítő részleges hidrolízisét maltózzá és maltotriózzá. A folyamat a vékonybél lumenében, a hasnyál-amiláz hatására

folytatódik, amely a poliszacharidokat kisebb oligoszacharidokra bontja. A vékonybél kefeszegély-enzimeit – maltáz, szacharáz és laktáz – ezeket az oligoszacharidokat végül monoszacharidokra (glükóz, fruktóz, galaktóz) bontják (Ferraris, 2001).

A monoszacharidok felszívódása a jejunumban és a proximális ileumban történik. A glükóz és galaktóz aktív, nátriumfüggő kotranszporttal lép be az enterocitákba a nátrium-glükóz kotranszporter 1 (SGLT1) segítségével, míg a fruktóz a GLUT5 transzporter közvetítésével, facilitált diffúzióval jut be a bélhámsejtekbe. Az enterocita bazolaterális membránján keresztül a monoszacharidok a GLUT2 transzporterrel átjutnak a portális keringésbe (Kellett GL. és mtsi. 2005).

A felszívódott glükóz, fruktóz és galaktóz tehát a vena portae hepatisen keresztül közvetlenül a májba kerül, amely az anyagcsere elsődleges szabályozó központja. A hepatociták GLUT2 transzporterrel keresztül, koncentrációgradiens alapján veszik fel a glükózt – ez az inzulinól független folyamat (Thorens, 2015).

A májban a glükóz több anyagcsereútvonalra irányulhat:

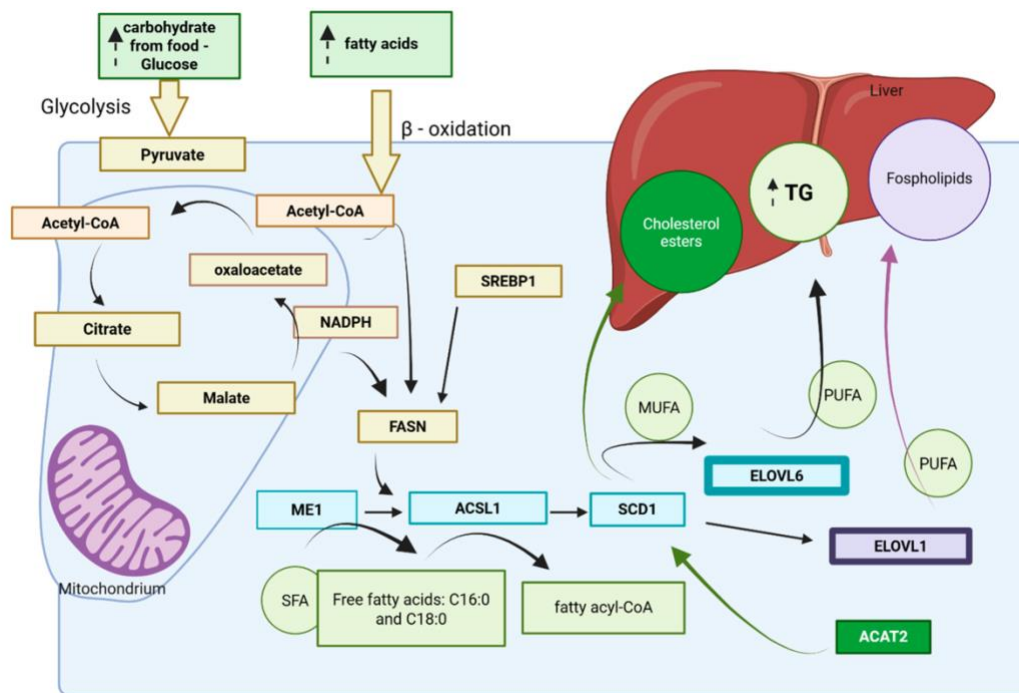
1. glikogén formájában tárolódhat,
2. oxidálódhat energiatermelés céljából,
3. vagy felesleg esetén a de novo lipogenezis (DNL) útvonalára terelődik, amelynek célja a szénhidrátok zsírrá alakítása.

A denovo lipogenezis (DNL) során a glükóz a glikolízis során piruváttá bomlik a citoplazmában. Számos szabályozási pontja van a folyamatnak. A glikolízis három irreverzibilis lépése a hexokináz (HK) , foszfofruktokináz-1 (PFK-1) és piruvát-kináz (PK) reakciói képezik a folyamat fő szabályozási pontjait. Inzulin hatására ezek az enzimek aktiválódnak (transzkripció és alloszterikus úton). Glukagon és adrenalin hatására a glikolízis viszont gátlódik (pl. piruvát-kináz foszforilációval inaktiválódik).

A glikolízis intenzitása meghatározza, hogy mennyi piruvát jut a mitokondriumba és ezzel közvetlenül befolyásolja a lipogenezis kapacitását.

A piruvát a mitokondriumba jut piruvát transzporterrel (MPC1-MPC2), ahol a piruvát-dehidrogenáz komplex irreverzibilisen acetyl-koenzim A-vá (acetyl-CoA) alakítja. A piruvát-dehidrogenázt a piruvát dehidrogenáz kináz gátolja (éhezéskor, ATP, NADH), de a piruvát dehidrogenáz foszfatáz (PDH foszfatáz) aktiválja. Magas inzulin szint PDH-foszfatázt aktiválja, ami aktiválja a piruvát-dehidrogenázt. Tehát ha a sejten belüli energiaszint magas, az acetyl-CoA a citrátkörből citrátként lép ki a mitokondriumból a trikarboxilát-transzporterrel keresztül a citoplazmába, ahol az ATP-citrát-liáz (ACL) enzim ismét acetyl-CoA-t és oxalacetáot szabadít fel. Ez az acetyl-CoA lesz a zsírsav-és a koleszterinszintézis kiinduló pontja

(Mourot J. és mtsi. 2000; Han C. és mtsi. 2009; Zaefarian F. és mtsi 2019, Horton JD. és mtsi 2002). (1. és 2. ábra)



1.ábra: A szénhidrát túletetés hatására a lúd májában zajló lipidszintézis genetikai szabályozásának sematikus áttekintése (Koseniuk A, 2025)

Az 1. ábra a genetikai szabályozási útvonalak sematikus ábrázolása, amelyek a de novo zsírsavszintézis során képződő szubsztrátok hatására fokozzák a trigliceridek, foszfolipidek és koleszterin-észterek képződését a lúdban, szénhidrátban gazdag takarmány kiegészítés hatására.

A glükóz és a szabad zsírsavak a májsejtek citoplazmájába jutnak, ahol elindítják a glikolízist, és acetil-koenzim A (acetil-CoA) keletkezik ez a citrátkör alapvető kiindulási szubsztrátja, amely a mitokondriumokban zajlik. A zsírsav szintáz (FASN) enzim aktivitását a SREBP1 (sterol regulatory element-binding protein 1) szabályozza. A FASN, amely a zsírsav-szintáz enzimkomplex része, katalizálja a palmitinsav (C16:0) de novo szintézisét acetil-CoA-ból, NADPH felhasználásával. Ez a reakció a lipidszintézis belépési pontja, mivel telített zsírsavakat (SFA) hoz létre, amelyek további lánchosszabbítási (elongációs) és telítetlenné tevő (deszaturációs) folyamatok alapanyagai. A FASN aktivitása szoros kapcsolatban áll a malát enzim (ME) működésével. A hosszú láncú zsírsav-aktiváló enzim 1 (ACSL1) átalakítja a szabad zsírsavakat zsírsav-CoA-észterekké, ezzel aktiválva őket a további lánchosszabbítás, deszaturáció, illetve a triglicerid (TG) és foszfolipid szintézis céljára. A kék színű dobozok azokat a géneket jelölik, amelyek túletetés során fokozottan expresszálódnak. A vastag kerettel jelölt gének aktivitását az ACSL1 és stearyl-CoA deszaturáz 1 (SCD1) enzimek szabályozzák. A nagyon hosszú láncú zsírsavakat meghosszabbító fehérje 6 és 1 (ELOVL6 és ELOVL1) gének a nagyon hosszú láncú zsírsavak szintézisében vesznek részt. Az acil-CoA: koleszterin-aciltranszferáz 2 (ACAT2) — sötétzölddel jelölve — a koleszterin-észterek szintézisének útvonalát mutatja. Az ELOVL1 világoslila színnel a foszfolipid-szintézis útvonalát jelzi. A sárga dobozok a glikolízist, a telítetlen zsírsav-bioszintézist és a triglicerid-szintézis szubsztrátjait ábrázolják.

Két tanulmány is kiemeli, hogy a landeszi liba (*Anser anser*) májsejtjeiben a magas szénhidrátbevitel fokozza az inzulinszintet és a PDH-aktivitást, ami előkészíti a nagy mennyiségű acetyl-CoA-termelést a zsírsavszintézishez. (Mourot J. és mtsi. 2000; Zaefarian F. és mtsi 2019)

Oxálacetátból malát képződik a malát dehidrogenáz (MDH) által. A malátot a malát enzim (ME) piruváttá alakítja, így a piruvát visszajut a mitokondriumba és újakezdi a ciklust.

Libában kimutatták, hogy túletetéskor a malát-enzim (ME1) aktivitása, valamint a G6PD aktivitása jelentősen nő, ami a lipogenezishez szükséges NADPH termelését szolgálja (Mourot J. és mtsi. 2000; Han C. és mtsi. 2009)

A citoszolikus ATP-citrát-liáz expresszióját szintén fokozza az inzulin és az LXR α jelátvitel. (Han C. és mtsi. 2009)

A következő lépésben az acetyl-CoA-karboxiláz (ACC) enzim ATP-felhasználás mellett malonil-CoA-t képez az acetyl-CoA-ból, amely a zsírsav-szintáz (FAS) multienzim komplex számára szolgál szénvázként.

Libában az ACC expresszióját erősen serkenti a túletetés és a magas szénhidrátbevitel, valamint az LXR α agonisták (Han C. és mtsi. 2009). A malonil-CoA felhalmozódása a lipogén máj kulcsmetabolikus jellemzője (Yu Y. és mtsi. 2022).

A FAS egymást követő kondenzációs, redukciós és dehidratációs lépésekkel palmitinsavat (C16:0) hoz létre, NADPH-felhasználás mellett. A NADPH fő forrásai a pentóz-foszfát útvonal és a malát-enzim által katalizált reakciók. A frissen szintetizált telített zsírsavak az endoplazmatikus retikulumban elongálódhatnak vagy deszaturálódhatnak, így telítetlen zsírsavak (pl. olajsav, C18:1) keletkeznek.

Az olajsav képződésében legfontosabb enzim a Stearoyl-CoA-deszaturáz (SCD1). Libában az ELOVL6 enzim expressziója magas, különösen túletetés után; ez felelős a C16 \rightarrow C18 hosszabbításért, jellemzően sztearinsav (C18:0) képződik, valamint az SCD1 expressziója is rendkívül magas a zsírmáj kialakulásakor, így az olajsav-tartalom meghaladja a 50–60%-ot a trigliceridfrakcióban (Yu Y. és mtsi. 2022).

A máj domináns lipogén szerv libákban, túletetéskor az ACC, FASN, G6PD, ME1 enzimek fokozott aktivitást több vizsgálat is alátámasztotta. (Zhu LH. és mtsi 2011, Chen Z. és mtsi 2021, Koseniuk A. és mtsi 2025)

A keletkezett zsírsavak a glicerol-3-foszfátvázal acil transzferázok segítségével trigliceridekké és foszfolipidekké észteresednek. Ezek a lipidek a májban VLDL (very low density lipoprotein) részecskékké csomagolódnak, amelyek fehérjéket (pl. apolipoprotein B100) és koleszterin-

észtereket tartalmaznak. A VLDL a vérbe kerül, és a zsírszövet vagy az izomszövet veszi fel lipoprotein-lipáz segítségével.

Libában a máj enzimatikusan rendkívül aktív a TG-szintézisben, de a VLDL-export korlátozott, ezért hepatikus zsírfelhalmozódás (steatosis) alakul ki túletetés során (Mourot J. és mtsi. 2000; Han C. és mtsi. 2013; Yu Y. és mtsi. 2022).

A keletkező TG nem halmozódhat korlátlanul a májban; normál esetben VLDL-részecskékbe csomagolva kerül a vérbe.

Fő komponensek:

- Triglicerid (Tg)
- Koleszterin és koleszterinészter
- Foszfatidilkolin (lecitin)
- Apolipoprotein B100 (apoB100) – strukturális fehérje
- MTP (mikroszomális triglicerid-transzfer protein) – TG betöltése az apoB-ba

Lépések:

1. ApoB100 szintézis (durva ER-ben)

- Transzláció közben az MTP lipidálja az apoB-t (TG és foszfolipid beépül).
- Ez létrehozza a naszcens (fiatal) VLDL-részecskét.

2. Lipid-töltés (ER és Golgi között)

- TG, koleszterin-észter és foszfolipid további hozzáadása.
- A folyamat energiaigényes, és inzulin által serkentett.

3. Exocitózis és szekréció

- Az érett VLDL a Golgiból vezikulákban jut a plazmamembránhoz, majd exocitózissal a vérbe.

A máj lipogén génjeit több, egymással összekapcsolt transzkripciós faktor aktiválja, melyeket kutatások is áltámasztják:

SREBP-1c – Sterol Regulatory Element-Binding Protein 1c

- Inzulin hatására aktiválódik (ER → Golgi → magtranszlokáció).
- Aktiválja a zsírsav- és TG-szintézis génjeit: ACC, FASN, SCD1, GPAT, DGAT.
- Gátolja a β -oxidációs gének transzkripcióját.

A SREBP-1c expresszió jelentősen nő túletetéskor a máj hepatocitáiban. (Yu Y. és mtsi. 2022).

ChREBP – Carbohydrate Response Element-Binding Protein

- Glükóz- és xilulóz-5-foszfát-függő aktiváció (nukleáris import).
- Aktiválja az ACLY, ACC, FASN, PKLR, SCD1 géneket.
- SREBP-1c-vel együtt „duál-lipogén” programot hoz létre.

A ChREBP mRNS-szintje a túletetett állatokban több mint kétszeresére nőtt több kutatás alapján. (Han C. és mtsi. 2009; Yu Y. és mtsi. 2022).

LXR α – Liver X Receptor α

- Nukleáris receptor, amely oxiszterolok (koleszterin-származékok) hatására aktiválódik.
- Indukálja az SREBP-1c transzkripcióját, így közvetve serkenti a lipogenezist.
- Közvetlen célgénjei: ABCA1, ABCG5/8 (koleszterin-export), valamint ACC, FASN.

Han C. és mtsi. (2009) libahepatocitákban kimutatta, hogy LXR α -aktivátor (T0901317) növeli a TG-felhalmozódást és FASN-expressziót, a LXR-SREBP tengely működőképes libában is.

Összességében tehát a bélből felszívódó szénhidrátok a portális keringésen keresztül a májba jutnak, ahol a felesleges glükóz a de novo lipogenezis útján zsírsavakká és trigliceridekké alakul. Ezek VLDL formájában a véráramba kerülnek, vagy a májban raktározódnak, ha a lipidexport kapacitása meghaladott. Ez a mechanizmus magyarázza a túletetés során kialakuló zsírmáj folyamatát, különösen a lúdfajban (*Anser anser*), amelyek evolúciósan rendkívül hatékony máj-lipogenezissel rendelkeznek.

A májsteatosis, amely főként a trigliceridek felhalmozódását jelenti sejtszintű hypertrophiával és hyperplasiával jár (Leclercq B. és mtsi. 1968).

3.3 Hízott libák májában és vérében bekövetkező biokémiai változások

Alap esetben, ha nem etetjük túl az állatokat akkor a G6PDH és ME enzimek specifikus aktivitása a májban magasabb, mint a zsír vagy izomszövetben (Jacques M. és mtsi. 2006) ez

is bizonyítja, hogy a lipogenezis fő helyszíne a máj (Pearce J. és mtsi. 1977). Érdekes, hogy G6PDH és ME aktivitása egymáshoz képest hasonló a májban és a zsírszövetben is. Ez ellentétben áll egy korábbi kutatás eredményével miszerint a pentóz-foszfát ciklus kevésbé aktív és a NADPH fő forrása a malát-enzim (Pearce J. és mtsi. 1977)

A zsírsavszintézisben résztvevő enzimek (ACX és FAS) aktivitása is a májban volt magasabb. De a FAS aktivitása a bőr alatti zsírszövetben 3-szor alacsonyabb volt, mint a májban az ACX aktivitása hasonló volt mind a májban, mind a bőralatti zsírszövetben. (Jacques M. és mtsi. 2006)

Túletetés hatására minden a vizsgálatban résztvevő enzim aktivitása drámaian megemelkedett. ME, FAS aktivitása a májban és bőr alatti zsírszövetben is igen nagy mértékben emelkedett. G6PDH, ACX, FAS is megemelkedett. (landeszi libánál nagyobb mértékben, mint egyéb liba fajták esetén, kivéve FAS.) (Jacques M. és mtsi. 2006)

A zsírszövetben G6PDH, ACX, FAS enzimek aktivitása nőtt. ME aktivitása csak a bőr alatti zsírszövetben nőtt ahogy már említettem, de ez csak a landeszi típusú libára volt jellemző. (Jacques M. és mtsi. 2006)

Túletetés hatására minden plazmalipid-frakcióban, valamint glükóz szintben is jelentős emelkedés történik (Fournier E. és mtsi. 1997, Jacques M. és mtsi. 2006) A szabad koleszterin és foszfolipid duplájára, a koleszterin észter és HDL két és félszeresére, a VLDL kb. nyolcvanszorosára emelkedik. A VLDL és HDL 25-30% több trigliceridet tartalmaz a folyamat során. (Jacques M. és mtsi. 2006) Az ILd-LDL frakciók nem emelkedtek jelentősen. (Fournier E. és mtsi. 1997)

Érdekes tény, hogy a VLDL és HDL foszfolipid arányai jóval magasabbak a lengyel libák esetében, valamint a vérükben is magasabb a foszfolipid, ez arra utal, hogy túletetésre a lengyel libák fokozott foszfolipid szekrécióval reagálnak. (Jacques M. és mtsi. 2006)

Ahogy később tárgyalom a különbségeket, ez összhangban áll azzal, hogy máj hatékony foszfolipid-exportja foszfolipid-hiányt okozhat intracellulárisan, ami lassítja a sejthártya-szintézist és a hepatociták hipertrófiáját, ezáltal pedig gátolja a steatosis (májzsírosodás) kifejlődését és fokozza a perifériás zsírosodást. (Hermier D. és mtsi. 1999).

A májban a zsírtartalom növekszik (55-60%), eközben a fehérje és víztartalom csökken (Yu Y. és mtsi. 2022, Guy G. és mtsi. 2012). A teljes lipid tartalom legnagyobb részért trigliceridek alkotják (90%). A máj zsírsav összetétele is megváltozik legnagyobb mennyiségben oleinsavat ezt követi a palmitinsav, majd a sztearinsav. (Tang J. és mtsi 2018; Liu X. és mtsi 2020, Yu Y. és mtsi 2022,) A linolsav tartalom igen alacsony lesz a májban. (Leclercq et al., 1968; Baudonnet-Lenfant C. és mtsi. 1991). Ez azért érdekes mert a takarmány (kukorica)

linolsavtartalma magas, de valószínűleg a linolsav nem a májban halmozódik fel, hanem a perifériára szállítódik. (Salichon M.R. és mtsi 1994)

3.4 Különböző lúdfajták májtermelő képessége

Korábbi kutatások (Bogin E. és mtsi. 1984; Hermier D. és mtsi. 1991; Poujardieu R. és mtsi. 1994; Salichon M.R. és mtsi. 1994) kimutatták, hogy a különböző libafajták közötti steatosisra való hajlam nem a takarmányfelvétel mennyiségétől, hanem a lipidanyagcsere genetikai különbségeitől függ.

A májban zajló lipid-szintézis, -raktározás és -kiválasztás egyensúlya nemcsak a zsírmáj kialakulását befolyásolja, hanem az extrahepatikus (májon kívüli) zsírfelhalmozódást is. A madarakban – hasonlóan más fajokhoz – a plazmába kiválasztott trigliceridek VLDL formájában vannak jelen, amelyeket a lipoprotein lipáz (LPL) bont le, így a keletkező zsírsavakat a perifériás sejtek (pl. izom, zsírszövet) felvehetik és vagy oxidálhatják, vagy észterifikálhatják (Griffin H.D. és mtsi. 1987). Mivel a madarak zsírszövetében a de novo lipogenezis igen korlátozott (Pearce J. és mtsi. 1977), a túletetés során tapasztalt zsírszöveti tömegnövekedés döntően a máj eredetű trigliceridek következménye (Davail S. és mtsi. 2003). E folyamatok szabályozása nagymértékben genotípusfüggő (Bogin E. és mtsi. 1978, Davail S. és mtsi. 2003, Fournier E. és mtsi. 1997, Hermier D. és mtsi. 1991, Mourot J. és mtsi. 2000, Poujardieu R. és mtsi. 1994, Salichon M.R. és mtsi. 1994).

A libánál különösen érdekes, hogy két olyan fajta is létezik, amelyek eltérően reagálnak a túletetésre, ami lehetőséget adott annak kimutatására, hogy a máj lipidanyagcsereje kulcsszerepet játszik a zsírmájra való hajlamban. A lengyel liba, amelyet elsősorban hústermelésre tenyésztenek, sokkal kevésbé produkál kiterjedt májzsírosodást, viszont nagyobb mértékű zsírfelhalmozást mutat a májon kívül (Poujardieu R. és mtsi. 1994).

Korábbi vizsgálatok szerint a landeszi libában a trigliceridek májbeli felhalmozódását az segíti elő, hogy a máj kevésbé hatékonyan exportálja a TG-t VLDL formájában (Fournier E. és mtsi. 1997). Ugyanakkor más kísérletek, amelyekben a két fajta azonos mennyiségű takarmányt kapott túletetés során, kimutatták, hogy a VLDL-koncentráció a két fajtában azonos (Hermier D. és mtsi. 1999, Mourot J. és mtsi. 2000). A különbség ehelyett a HDL-szintben mutatkozott meg: a landeszi libákban a HDL, amely a máj által szintetizált foszfolipideket (PL) szállítja, mindig alacsonyabb koncentrációban volt jelen, ami a foszfolipid-szekréció csökkent hatékonyságára utal (Fournier E. és mtsi. 1997, Hermier D. és mtsi. 1999).

Ezen túlmenően a máj és a lipoproteinek foszfolipid-összetétele is különbözött a kétfajta között. A Landeszi libák májában a foszfatidil-kolin (PC) aránya magasabb volt, míg a VLDL- és HDL-részecskékben alacsonyabb, mint a lengyel libák esetében. Ez arra utal, hogy a Landeszi liba jobban visszatartja azokat a foszfolipideket, amelyek a sejthártyák növekedéséhez szükségesek, és így elősegítik a sejthipertrófiát és a TG-raktározást tületetés során (Hermier D. és mtsi. 1999).

Összefoglalva a lipogén enzimek expressziója tületetés hatására mind a májban, mind a zsírszövetben fokozódik, és e szabályozás genetikai háttértől függő.

3.5 A hizott libamáj védőmechanizmusai

Érdekes tény, hogy az emlősök NAFLD-jével ellentétben a liba zsírmájban súlyos steatosisban sem figyelhetők meg előrehaladott elváltozások, mint például fibrosis, cirrosis. Ez arra utal, hogy a libák valószínűleg rendelkeznek valamilyen védőmechanizmussal ezzel szemben. (Geng T. és mtsi. 2015,2016, Liu L. és mtsi. 2016, Hu E. és mtsi. 1996; Kaser S. és mtsi. 2005, Wei R. és mtsi. 2022)

A libamáj jelentős toleranciája és kapacitása a steatosisal szemben kapcsolatot mutat a bél mikrobiummal, a máj zsírsavösszetételével és az adiponektinokkal.

3.5.1 Mikrobiom

A bélmikrobióta vizsgálata azt mutatta, hogy a liba bélflórájában a *Firmicutes* (36,6%), a *Proteobacteria* (27,2%) és a *Bacteroidetes* (9,8%) domináltak, tületetés nélkül. Viszont tületetés során a *Firmicutes* aránya nőtt, különösen a vékonybélben, és ezek rövid szénláncú zsírsavakat (SCFA) termeltek, amelyek elősegítették a zsírfelhalmozódást. A *Firmicutes/Bacteroidetes* arány a libák tületetése során több bélszakaszban megnőtt. Viszont a *Proteobacteria*, amely emberekben és egerekben gyulladást és fibrosist idéz elő, nem játszott érdemi szerepet a libazsírmáj kialakulásában. Legfontosabb a *Lactobacillusok*, amelynek aránya szignifikánsan emelkedett. A *Lactobacillus* a szénhidrát- és lipid-anyagcserében, valamint az immunrendszer modulációjában vesz részt. A kutatás szerint a *Lactobacillus* által termelt tejsav a HNF1 α /C5 útvonalon keresztül gátolta a komplementrendszert (C3, C4, C5), ezzel csökkentve a gyulladáshoz vezető válaszokat. Az *Akkermansia* és a *Bifidobacterium* szintje is nőtt,

míg a *Clostridium* csökkent, ami csökkentheti az alkohol-termelést és az ahhoz kapcsolódó májsérülést. (Liu L. és mtsi. 2016)

3.5.2 Adiponektinek

Az adiponektinek és receptoraik antiinflammatorikus, inzulin érzékenyítő és anti-apoptikus hatással bírnak (Geng T. és mtsi. 2016). Elhízott emberben és NAFLD-ben a vérben lévő adiponektin szint csökken, a zsírszövet adiponektin szintje is csökken, valamint a máj adiponektin receptor expresszió is csökken (Arita Y. és mtsi. 2012; Hu E. és mtsi. 1996; Kaser S. és mtsi. 2005).

Túletett libában az adiponektin expressziója a hasüregi zsírszövetben nem nőtt, azonban az adiponektin receptorok (adipor 1,2) expressziója a liba májában fokozódott. Az adipor 2 jelentős emelkedést mutatott. Ez azt jelenti, hogy valószínűleg az adiponektin érzékenysége fokozott a májban, ez csökkenti a máj tovább alakulását steatosis során. Valószínűleg a magas glükóz és oleát szint aktiválta az expressziót, míg a magas inzulin szint csökkentette. De fontos, hogy az in vitro kísérletek nem teljesen tükrözik az in vivo eredményeket az összetett komplex élő szervezeti folyamatok miatt. (Tuoyu G. és mtsi. 2016)

3.5.3 Zsírsav összetétel

A telítetlen zsírsavak képesek gátolni a telített zsírsavak által közvetített inflammáció és ceramid emelkedést. Túletetés hatására nőtt a telítetlen zsírsavak aránya a májban. (Wei R. és mtsi. 2022)

A nem alkoholos zsírmáj egy anyagcsere betegség, amelyet szövettanilag a steatosis jellemez (hepatikus zsírfelhalmozódás) alkohol fogyasztás hiányában. A lipidomika egy széles körben alkalmazott analitikai módszer, amely fontos eszköz a lipid anyagcsere vizsgálatában. Segíthet biomarkerek azonosításában az NAFLD-ben és egyes lipid anyagcsere betegségekben. (Vvedenskaya O. és mtsi. 2021). A lipidomika, mint a metabolomika egyik fő ága, a lipidek testfolyadékokban, szövetekben és sejtekben való vizsgálatát célozza különféle módszerekkel. Fontos szerepe van a betegségek, gyógyszerhatások során bekövetkező lipidanyagcsere változások feltárásában. Segíti a kórfolyamatok, farmakológiai hatásmechanizmusok és a lipid biomarkerek azonosítását.

Számos májbetegség esetén mutatták ki lizofoszfatidil kolin szintjének változását így potenciális biomarkerré válhat az NAFLD diagnosztikájában. (Akerele OA. és Cheema SK.

2015; Zhu Q. és mtsi. 2022)

A foszfatidil kolin és foszfatidil etanolaminok aránya meghatározó a sejthártya integritásának fenntartásában és megőrzésében. Előrejelző kofaktora a NAFLD-nek (Li Z. és mtsi. 2006).

Ahogy már említettem a liba mája kiváló kapacitással rendelkezik a lipidek felhalmozására. A liba zsírmáj és a nem alkoholos zsírmáj között számos hasonlóság található, így valószínűleg a liba zsírmája egyedülálló modellként szolgálhat a NAFLD vizsgálatára. A túletetett libák, miután 20 napig normál takarmányon tartották őket, képesek voltak a felhalmozott energia felhasználása után májukat az eredeti állapotukba visszaállítani, a folyamat reverzibilis volt, és sem cirrhosist, sem nekrozist nem okozott (Davail S. és mtsi. 2000; Xia L. és mtsi. 2016). Ez arra utalhat, hogy a vízimadarak evolúciós adaptációjuk során olyan mechanizmusokat fejlesztettek ki, amelyek megvédik a májat a súlyos steatosis káros következményeitől.

Egy kutatásban megvizsgálták lipidomikai módszerrel, hogy hogyan változik a máj lipidomja a membrán és jelátviteli utak szintjén a libamáj zsír kialakulása során bekövetkező nagymennyiségű zsírlerakódás hatására. (Wei R. és mtsi. 2022)

Összesen 251 eltérő lipidet azonosítottak, ezek közül a legszignifikánsabban eltérő lipidek ezen anyagcsere utakban szerepeltek: glicerofoszfolipid-anyagcsere, glicerolipid-anyagcsere, foszfatidil-inozitol jelátviteli rendszer, inozitol-foszfat-anyagcsere, GPI-horgony bioszintézis és szfingolipid-anyagcsere.

A foszfolipidek a biomembránok fő alkotóelemei (vvt-40%, mitokondrium-90%) Két fő csoportjuk van a glicerofoszfolipidek és a szfingolipidek.

Legfontosabb glicerofoszfolipidek a foszfatidil kolin (PC) (legszélesebb körben elterjedt), PE és foszfatidil-inozitol (PI). (Wei R. és mtsi. 2022)

A PC/PE moláris arány kulcsfontosságú a membrán integritásának fenntartásában, valamint prediktív értékű NAFLD esetén. Korábbi kutatások kimutatták, hogy a PC/PE arány csökkenése membránkárosodáshoz, hepatocita sérüléshez és nem alkohol seatohepatitis (NASH) kialakuláshoz vezet. (Li Z. és mtsi. 2006)

Ahogy már említettem a libazsírmáj kialakulása során a hepatocitákba nagy mennyiségű zsír rakódik, ami gyakran a hepatociták növekedéséhez vezet. Ez más fajok esetében membrán károsodáshoz, hepatocita károsodáshoz, cirrózishoz vagy fibrosishoz vezetne.

Azonban a libazsírmáj kialakulása során súlyos hepatosteatosis is kialakulhat nyilvánvaló sejt-károsodás nélkül.

Ennek hátterében valószínűleg a kutatás során felfedezett eredmények állhatnak.

A PC/PE arány nem mutatott különbséget, tehát a sejtmembrán integritása nem sérült.

PE szintje nőtt, amely az autofágia útját közvetíti. Az autofágia lizoszómákban bontja le a

sejt belső komponenseit a sejt normál működésének fenntartása érdekében, tehát önvédelmi mechanizmusnak tekinthető. (Wang F. és mtsi. 2019, Wei R. és mtsi. 2022)

Az autofágia zavarai széles körben szerepet játszanak az NAFLD patofiziológiájában. kezdetben az autofágia nő majd később csökken (Ding H. és mtsi. 2020).

LPC szintje is potenciálisan emelkedett. Alacsony szintje szerepet játszik a gyulladásban és az oxidatív stresszben. A vizsgálat szerint a LPC (20:4), LPC (20:5), LPC (22:4), LPC (22:5), LPC (22:6) és LPC (18:2) emelkedett.

LPC (20:4) amely képes aktiválni a FAS-és TNF α útvonalat apoptózist indukálva, ezáltal tumor ellenes hatást okoz. (Paul B. és mtsi. 2022, Wei R. és mtsi. 2022)

A foszfolipid változások tehát képesek részt venni abban, hogy a libamáj képes legyen elviselni a súlyos steatosist májkárosodás nélkül. (Wei R. és mtsi. 2022)

A szfingolipidek a sejtmembrán lipidkettős rétegének fő alkotói, fontos sejtfiziológiai funkciókat látnak el.

A szfingomielin (SM) ceramidból (Cer) képződik és a szfingolipid-anyagcsere központi eleme. (Choi et al., 2021). A szfingomielin anyagcserezavarai számos krónikus betegséggel hozható összefüggésbe. (Wei R. és mtsi. 2022)

A túletetés hatására a SM, Cer, Hex1Cer szintje nőtt, ami megerősíti, hogy a szfingolipid-anyagcsere zavarai ezekben a vegyületek kulcsszerepet játszanak. (Chaurasia B. és Summers SA. 2021).

Korábbi kutatások szerint a Cer és származékai szorosan összefüggenek a krónikus májbetegségekkel, NAFLD-ben is jellemző a szintjük emelkedése (Gorden D.L. és mtsi. 2015; Apostolopoulou M. és mtsi. 2018, Wei R. és mtsi. 2022)

A vizsgálat eredményei alapján a túletetés fokozta a máj Cer-szintjét, ugyanakkor a libákban látható védőmechanizmusok meggátolják a Cer által indukált gyulladás súlyos következményeit. Ez részben az adiponektin receptorok expressziójának növekedésével magyarázható, amely aktiválja a ceramidázt és elősegíti a ceramid lebontását. (Geng T. és mtsai, 2016, Wei R. és mtsi. 2022)

A glicerolipidek közé tartoznak a triglicerid (TG) és a diglicerid (DG) vegyületek. Túltápláláskor a nagy mennyiségű bevitt glükóz fokozott zsírsavszintézishez vezet a májban. A képződött TG mennyisége meghaladja az apolipoproteinek szállítóképességét, a zsírsavak szintézise pedig felülmúlja a β -oxidáció lebontó kapacitását, így a májban zsírhalmozódás következik be (Wei R. és mtsi. 2020, 2022,).

A DG és a (PI) a foszfoinozítid-jelátviteli útvonal másodlagos hírvivői. A DG aktiválja a protein-kináz C-t (PKC), míg az IP3 intracelluláris Ca²⁺-felszabadulást indukál az

endoplazmatikus retikulumból, amely inzulinrezisztenciát okoz. A PI3K/Akt útvonal a klasszikus foszfoinozítid-jelátvitel, amely kulcsszerepet játszik a sejtnövekedésben és a fehérje-lipidanyagcserében. Korábbi kutatások igazolták, hogy a PI3K/Akt/mTOR útvonal a liba hepatocitáiban szabályozza a sejtszaporodást és a lipidanyagcserét az inzulinjelátvitelen és a FoxO1 transzkripciós faktor mediálásán keresztül (Han C. és mtsi. 2015; 2016; Liu L. és mtsi. 2016; Wei R. és mtsi. 2022).

Jelen vizsgálatban a DG és PI szintje csökkent túletetés után, ami magyarázhatja, hogy a vízimadaraknál nem figyeltek meg inzulinrezisztenciát, (Wei R. és mtsi. 2022) ellentétben más fajokkal (Davail S. és mtsi. 2003; Gontier K. és mtsi. 2013; Geng T. és mtsi. 2015; Pioche T. és mtsi. 2020).

Ezen védőmechanizmusok segítik a libákat abban, hogy májuk ellenálljon a súlyos steatosissal szemben is. Különösen fontosak ezek a kutatási eredmények, hiszen, ha sikerülne megtalálni azokat a pontos biokémiai folyamatokat, amelyek ezek hátterében állnak azt fel tudnánk használni a humán NAFLD-ben is.

3.6 Hízott libamáj

Néhány kutatásban vizsgálták a kényszertömött és nem kényszertömött (önhízott) libamáj különbözőségeit. Ezekben a kutatásokban a rövid nappalos megvilágítást, egy takarmány megvonási szakaszt, majd az őszi-téli időszakban ad libitum kukoricaetetés kombinációját alkalmazták, amely spontán zsírmáját idéz elő. (önhízott libamáj) (Guy G. és mtsi. 2013) Az egyik kutatás eredményeit szeretném kiemelni.

A hagyományos rendszerben (kényszertömött) nevelt libák májtömege majdnem duplája volt az alternatív módszerrel (önhízott) szemben. Azonban a hasüregi zsír mennyisége a spontán hízott liba esetében magasabb volt (Fernandez X. és mtsi. 2019). Ennek hátterében két anyagcsere folyamat is áll, egyrészt kényszeretetés hatására a májban magasabb a zsírsav oxidációs enzimek szintje, mint a spontán hízás esetében. (Davail S. és mtsi. 2003). Másrészt a zsírsavszintézis és tárolása kényszeretetteknel elsősorban a májban még spontán hízottaknál inkább a zsírszövetben zajlik. Az inzulin-jelátvitel (PI3K/Akt) a túletetett libák májában aktív maradt, nem alakult ki inzulinrezisztencia, de a spontán hízott libákban ez az útvonal inkább a zsírszövetben volt aktív. (Geng T. és mtsi. 2015, 2016)

Szignifikáns különbség volt a máj sárgássága és világosság értékei között. A világosság érték magasabb volt a hagyományos, kényszeretetéses rendszerből származó libákban, valószínűleg

a nagyobb zsírfelhalmozódás miatt. Ezzel szemben a sárgásság mértéke magasabb volt az alternatív (nem töméses) rendszerből származóból, a szerzők szerint valószínűsíthető, hogy a pigmentek (karotinoidok) felhalmozódásának a különbségeiből adódik. (Fernandez X. és mtsi. 2019)

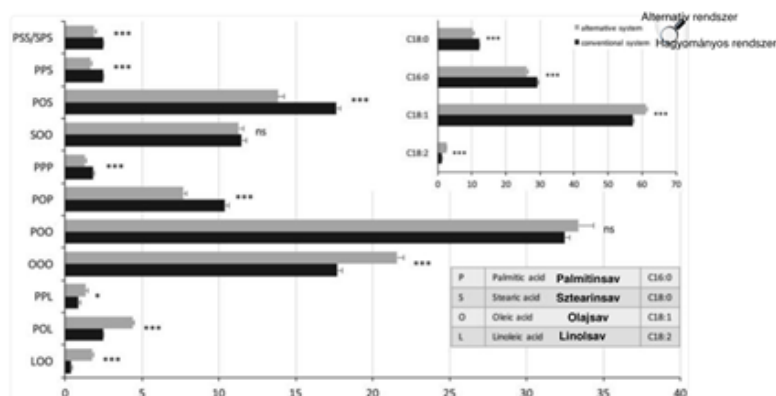
A hagyományos rendszerben nevelt libák mája kis mennyiségben tartalmaz monoglicerideket. Trigliceridben gazdag. A szabad zsírsav kevesebb mint 1 százalékát teszik ki az összes lipidnek. A trigliceridekből három fő típus emelhető ki (POO, OOO, SOO). Ezek mindegyike tartalmaz legalább egy egyszeresen telítetlen zsírsavat. Ezen felül a OOO, POO a teljes triglicerid állomány több mint 50 százalékát teszi ki. (Fernandez X. és mtsi. 2019) (3,4.ábra.)

Az egyszeresen telítetlen zsírsavak legfőképpen az oleinsav aránya megközelíti a teljes zsírsav tartalom 60 százalékát. A többszörösen telítetlen zsírsavak aránya 3 százalék alatt van. (Salichon M.R. és mtsi. 1994; Fournier E. és mtsi. 1997, Fernandez X. és mtsi. 2019)

A spontán hízással előállított májban kevesebb triglicerid és szabad zsírsav található, de több koleszterin és koleszterin észter. Ebben az esetben viszont a linolsavat tartalmazó trigliceridek aránya magasabb. Ezen túlmenően több OOO-t tartalmaz. (3.ábra) Ezek eredményeként az egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírsavak aránya jelentősen magasabb az alternatív rendszerű májakban, ami a telített zsírsavak arányának csökkenését eredményezi. (Fernandez X. és mtsi. 2019)

A színintenzitás, a látható zsírmennyiség, valamint a zsír sárgás árnyalata szignifikánsan alacsonyabb volt a hagyományos rendszerből származó májakban. Ahogy már említettem a sárga szín intenzitása az alternatív csoportban volt a legmagasabb, feltehetően a karotinoid pigmentek fokozott felhalmozódása miatt a máj lipidraktáraiban. A zsír sárgás árnyalatának erőteljesebb megjelenése valószínűleg hozzájárult ahhoz is, hogy a teljes színintenzitás magasabbnak mutatkozott az alternatív rendszerű májakban. (Fernandez X. és mtsi. 2019)

A globális illatintenzitás magasabb volt az alternatív rendszerből származó májak esetében, erre jelenleg nincs magyarázat. A textúra (krémes, olvadás) tekintetében a hagyományos májak jobbnak bizonyultak, ami a zsírtartalom közti különbségből adódik. A keserű íz dominánsabb volt az alternatív csoportban, viszont az aroma intenzívebb volt. (Fernandez X. és mtsi. 2019) Ebben a kutatásban vizsgálták a fogyasztói elégedettséget is. A fogyasztók egyértelműen előnyben részesítették a kényszertáplált libamáját. (Fernandez X. és mtsi. 2019)



3.ábra: Trigliceridprofilok és zsírsavösszetétel a májlipidekben a hagyományos(kényszeretett) és alternatív (önhízásos) hizlalási rendszerekben.

Az adatok a trigliceridek teljes mennyiségének százalékában vagy a triglicerid zsírsavláncok százalékos arányában vannak megadva. A vízszintes sávok az átlag standard hibáját (SEM) jelzik. A termelési rendszer hatása a következő jelölésekkel szerepel: *** = $P < 0,001$ → nagyon szignifikáns különbség ** = $P < 0,05$ → szignifikáns különbség *ns = nem szignifikáns különbség ($P > 0,10$) (Fernandez X és mtsi, 2019)

Composition of the neutral fraction of liver lipids (data are given as % of total neutral lipids) in the conventional (force feeding) and the alternative (spontaneous fattening) production systems.

	Hagyományos rendszer Conventional system (n = 44)	Alternatív rendszer Alternative system (n = 42)	SEM	P ¹
Szabad zsírsavak Free fatty acids	0.42	0.30	0.02	***
Monogliceridek Monoglycerides	0.004	0	0.002	ns
Digliceridek Diglycerides	1.54	1.37	0.04	***
Trigliceridek Triglycerides	96.0	95.6	0.07	**
Koleszterin Cholesterol	0.45	0.54	0.01	***
Koleszterin-észterek Cholesterol esters	1.73	2.20	0.07	***

¹Level of probability of the Wilcoxon test for the effects of the production system: ***, $P < 0.001$; **, $P < 0.01$; ns, $P > 0.10$.

1.táblázat: A máj lipidfrakciójának összetétele (az adatok a teljes lipid százalékában vannak megadva) Összehasonlítás a hagyományos (kényszeretetéses) és az alternatív (spontán hizlalásos) termelési rendszerek között. (Fernandez X és mtsi, 2019)

3.7 Állatvédelmi kritikák, aggályok

A hizott libamáj előállítását számos állatvédő szervezet hevesen bírálja. A kényszeretetésen alapuló hizlalást gyakran állatkínzásnak tekintik, és úgy vélik, hogy ez az eljárás nem felel meg

az állatjóléti elvárásoknak. Ugyanakkor mindmáig nem született tudományosan megalapozott bizonyíték arra, hogy a kényszeretetés ténylegesen károsítaná az állatok egészségét.

A hízott libamáj termelése több országban, köztük Magyarországon, Franciaországban és Bulgáriában hosszú hagyományokra épül, és sok ember számára biztosít munkalehetőséget és megélhetést. Az egyre szigorodó állatvédelmi szabályozások és az állatvédő mozgalmak fokozatosan nehezítik az ágazat működését, ami a termelők és feldolgozók gazdasági helyzetét is veszélyezteti. Az Európai Unión belül több tagállam például Németország, Dánia és Lengyelország tiltja a kényszeretetést.

2012 júniusában az Európai Parlament mezőgazdasági és vidékfejlesztési bizottsága elfogadta az uniós állatjóléti stratégiáról szóló, 2012-2015-ös időszakra vonatkozó jelentést, azonban elutasította a hízott libamáj betiltására irányuló javaslatot (Horn P. 1991; Kozák J. 2011).

Magyarországon a hízott libamáj hungarikumnak, valamint nemzeti gasztronómiai és kulturális örökségnek számít. A 2012. évi XXX. törvény a magyar nemzeti értékekről és hungarikumokról kimondja, hogy a hungarikum olyan kiemelkedő érték, amely a magyarság egyedi, különleges és minőségi teljesítményét testesíti meg (Magyar Közlöny, 2012. évi 42. szám). E kritériumok alapján a libamáj méltán foglal el helyet a magyar hungarikumok között.

3.8 Hízott libamáj minősítése

A hízott libából származó máj két jól fejlett májlebensből épül fel. Megjelenése jellegzetes: színe világos, fehéres vagy halványsárgás-rózsaszín árnyalatú, állománya pedig rugalmas és kissé tésztaszerű tapintású. A hízott libamáj minősítése több szempont alapján történik, beleértve az érettséget, az elzsírosodás mértékét, a színt, az állag minőségét és a tömeget.

A nemzetközi szabályozás értelmében (543/2008/EK rendelet) a foie gras megnevezés kizárólag olyan libamájat illethet meg, amelynek tömege legalább 400 gramm. A termék minőségével kapcsolatban szigorú követelmények érvényesek: nem tartalmazhat hormonhatású anyagokat, illetve az emberi egészségre ártalmas kémiai, biológiai szennyezőanyagokat vagy szermaradványokat.

A hízott libamáj optimális zsírtartalma megközelítőleg 50%, azonban, ha ez az érték 55% fölé emelkedik, akkor a terméket már „zsírmájnak” tekintik. Ez az állapot különösen a 800 grammnál nagyobb tömegű májak esetében jellemző. Technológiai szempontból ez kedvezőtlen, mivel a túlzottan zsíros máj sütés közben nem képes megtartani a zsírt, a májsejtek összezsugorodnak, és a szövet szerkezete romlik. Mivel a hízott máj minőségének egyik fő

meghatározó tényezője éppen a zsírtartó képesség, a túl magas zsírtartalom csökkenti a végtermék értékét (Davail S. és mtsi. 2000; Bogenfürst F. és mtsi. 2017).

4 ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1 Kísérleti állatok, takarmányozás- és tartástechnológiájuk

Vizsgálat Nógrád megyében, Alsótoldon zajlott. A vizsgálatra kijelölt egység mélyalmos rendszerű, több részegységre osztható ól, melyben szecskázott szalma almon helyeztük el az állatokat. Ellátásukat köretetőkkel és szelepes itatókkal oldottuk meg. Az ól teljes infrastruktúrája megfelelt a modern, intenzív lúdtermelési rendszerekének, azonban kisebb állatlétszámmal. Tehát félüzemi körülmények között, zárt, intenzív neveléses rendszerben zajlott.

A nevelési időszak 9 hetes volt, míg a tömés két héten át tartott a telepen alkalmazott technológia mellett, ahogy a vágás is nagyüzemi vágóhídon történt az Integrál Zrt. kiskunfélegyházi víziszárnyas vágóhídján.

Vizsgálataink nem minősültek állatkísérletnek a 40/2013-as vonatkozó jogszabály szerint, így a Munkahelyi Állatjóléti Bizottság határozatban támasztotta ezt alá a MATE-MKK-2020/22 iktatószámon.

A vizsgálatban Integrál MB 09-es végtermék májludakkal dolgoztunk. A fajtát a Kisbéri Lúdtenyésztő Kft. nemesítette, küllemre testtömegre és vérmérsékletre egyaránt nagy gondot fordítva. Azért erre a fajtára esett a választásunk, mert a nyugodt vérmérséklete mellett erőteljes fejlődésre képes, 9 hét nevelési idő alatt általában eléri a 6 kg-os élőtömeget.

A kísérletben összesen 600 vegyes ivarú állat vett részt, melyeket a nevelés alatt 30 ismétlésben (n=20) tartottunk. A nevelési időszak végén két kísérleti csoportra osztottuk az eredeti csoportokat és ismétléseket, miszerint minden ismétlés 20 egyedéből 10 egyed átkerült a tömőólba töméses hizlálásra, míg a fennmaradó 10 egyed az eredeti helyen önhízásra lett beállítva.

A hizlálás befejezésével az állatok az Integrál Zrt. kiskunfélegyházi nagyüzemi baromfi-vágó és feldolgozó üzemébe kerültek. A madarak nagyüzemi protokoll szerinti vágását és kopasztását követően 24 óra hűtve tárolás következett. A zsigerelést a 4 C°-ra hűlt testeken végezték a vágóhídi szabályzat szerint. Csoportonként 15-15 madár feldolgozását követtük nyomon és májukat további mérésekbe vontuk be.



4. ábra A vizsgált állomány (fotó Bánki Zoltán)

4.2 Vizsgált paraméterek

4.2.1 Máj szín

A szín értéket egy független színtérben határoztuk meg, reflektancia spektrometriás módszerrel, egy Minolta Chromameter CR 400 típusú (Konica Minolta INC, Tokyo, Japan) színmérő készülékkel. A színmérést minden mintán két különböző, egységes felületen mértük, a kapott eredmények esetében csoport átlagokkal dolgoztunk. A kapott értékek a CIE L^* a^* b^* színrendszerben kaptuk meg, ahol az L^* a világosságot, az a^* a pirosságot az b^* a sárgasságot adja meg.

A minták színe közötti különbséget a ΔE^*_{ab} érték alapján állapítottuk meg, a következő képlet szerint:

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

2. táblázat: A vizuális érzékelés és a ΔE^*_{ab} színelkülönbség kapcsolata (Lukács, 1982)

Értéktartományok	Szemmel érzékelhető eltérés
$\Delta E^*_{ab} \leq 0,5$	nem észrevehető
$0,5 < \Delta E^*_{ab} \leq 1,5$	alig észrevehető
$1,5 < \Delta E^*_{ab} \leq 3$	észrevehető
$3 < \Delta E^*_{ab} \leq 6$	jól látható
$6 < \Delta E^*_{ab}$	nagy



5.. ábra Szín mérés (fotó Pap Tibor István)

4.2.2 Műszeres textúra minősítés

Két egymás melletti ponton végeztük el a textúra mérését minden egyes májmintán. Egy gömbszondával felszerelt TA.XT PLUS C (Stable Micro System Ltd, USA) textúra analizáló gép segítségével. A gömbszonda merőlegesen 200 mm/perc sebességgel haladt a mintatestbe 20 mm mélységig. A mért erőt az Exponent Connect (Stable Micro System Ltd., Godalming, UK) program segítségével ábrázolta program, melynek meghatározta a legmagasabb erő értéket is, erő/idő (kg/s) egységben. A kapott eredményeket csoportos átlagként kezeltük.



6. ábra Műszeres textúra mérés (fotó Pap Tibor István)

4.2.3 Szövetteni technika

A carcassok felbontását követően az egyedek hasüregéből eltávolított zsigeri részek közül kiemelve a májat, annak 1 cm³ részét 8%-os formaldehid oldatba helyeztük. A fixálás után a mintákat egy órán át folyó csapvíz alatt kimostuk, majd növekvő etanolban (70-90%) dehidratáltuk. Automata szövettelőkészítőben (Shandon; Citadel 2000 LE11 5RG, Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, Egyesült Államok) xilolos oldattal átmostuk, és folyékony paraffinba áztattuk. Ezt követően az egyes szervrészeket Leica HistoCore Arcadia H (Leica Biosystems, Wetzlar, Németország) berendezéssel paraffinba ágyasztuk. A beágyazott blokkokból rotációs mikrotom (Leica RM 2245, Leica Biosystems, Wetzlar, Németország) segítségével metszeteket (4-5 µm) készítettünk. Az elkészült lemezeket hematoxilin-eozinnal (Shandon Varistain 24-4, Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, Egyesült Államok) festettük meg. A minták diagnosztizálásához kutatási mikroszkópot (Nikon Eclipse 600, Auroscience Kft., Budapest, Magyarország) használtunk, és a fénymikroszkóphoz csatlakoztatott fényképezőgép (QImaging Micro Publisher 3.3, Qimaging, Surrey, Kanada) segítségével fényképeket készítettünk a metszetekről.

Az egyes szövettani metszeten megfigyeltem az adipocytákat.

4.2.4 Mikrobiom analízis

A liba mikrobiom feldolgozása során béltartalom mintákat gyűjtöttünk, amelyekből a közösségi bakteriális DNS-t izolálták. Ezt követően a 16S rDNS szakaszra specifikus PCR reakciót végeztek, majd az így kapott amplikonokat Illumina platformon szekvenálták. A kapott szekvenciaadatokat ezután bioinformatikai módszerekkel elemezték a mikrobiom összetételének meghatározása érdekében.

4.2.5 Matematikai-statisztikai módszerek

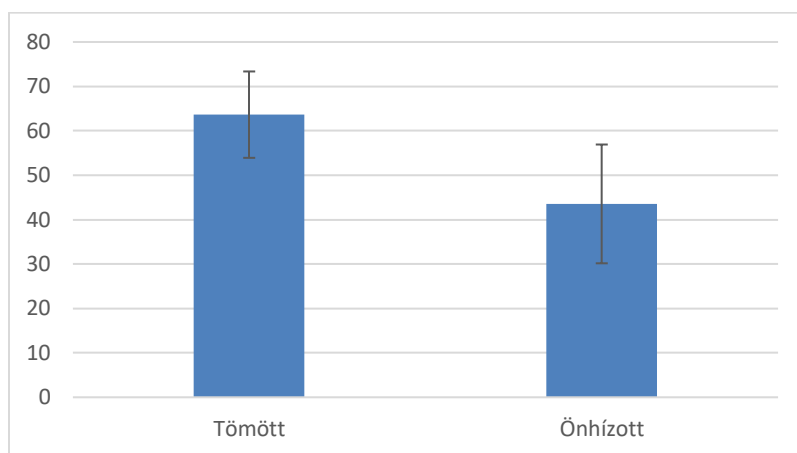
Az adatokat microsoft excelbe konvertáltam, itt az excel segítségével átlagokat számoltam minden libámájhoz tartozó világosság, pirosság, sárgáság adatokból. Ezen adatokat diagrammokon ábrázoltam. A máj nyírőerő értékéből is átlagokat számoltam, amelyet diagramon ábrázoltam. A csoportok közötti különbséget t-próbával elemeztük.

Statisztikai elemzésekre az „R” programot használtuk, ahol Pearson-féle korreláció analízist végeztük <0,05 szignifikanci szint mellett a tulajdonságok közötti összefüggések vizsgálatára.

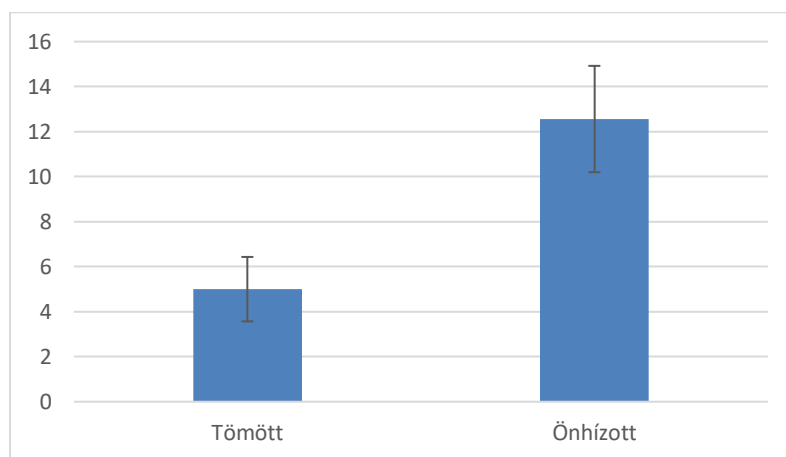
5 EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5.1.1 Májszín

Az L* érték a világosságot, az a* érték a pirosságot, a b* érték pedig a sárgasságot mutatja. A 7. ábrán a két csoport átlagában ábrázoltam a máj világosságát. A várakozásainknak megfelelően a tömött csoport mája világosabb volt, ami a statisztikai értékelések alapján szignifikáns különbségnek bizonyult ($p < 0,001$)

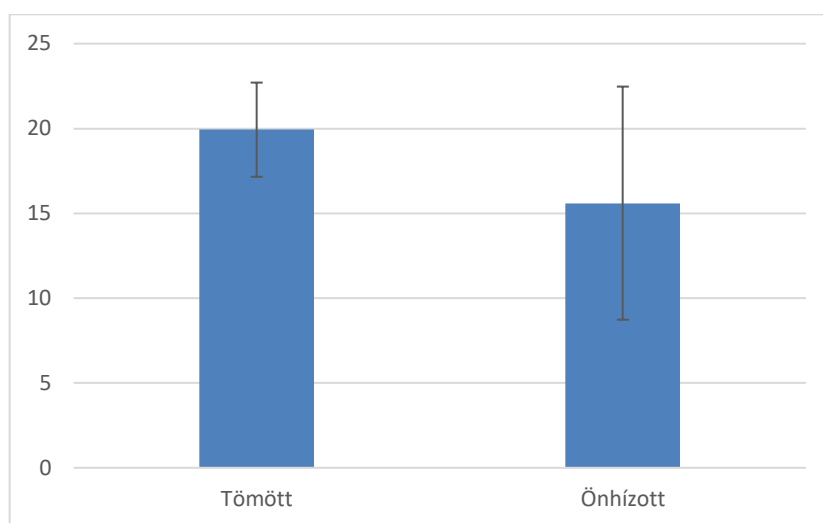


7. ábra A máj világossága (L*)



8. ábra A máj piros színe (a*)

Az a* tartomány (8. ábra) emelkedése a piros szín fokozódását jelenti, amely jól láthatóan az önhízott csoportban magasabb értéket mutatott, ami az L*-hoz hasonlóan szignifikáns volt ($p < 0,001$).



9. ábra A máj sárgássága (b*)

A máj fokozott sárgássága a tömött csoportban szignifikánsan nagyobbak mutatkozott (9. ábra) ($p=0,00107$)

A korreláció analízist eredményei alapján elmondható, hogy mindkét csoportban (tömött és nem tömött) a máj világossága a sárgásságával, illetve a világosság a máj súlyával mutatott pozitív, szoros, szignifikáns összefüggést (4. táblázat). Továbbá a nem tömött csoportban a máj sárgássága is a máj súlyával.

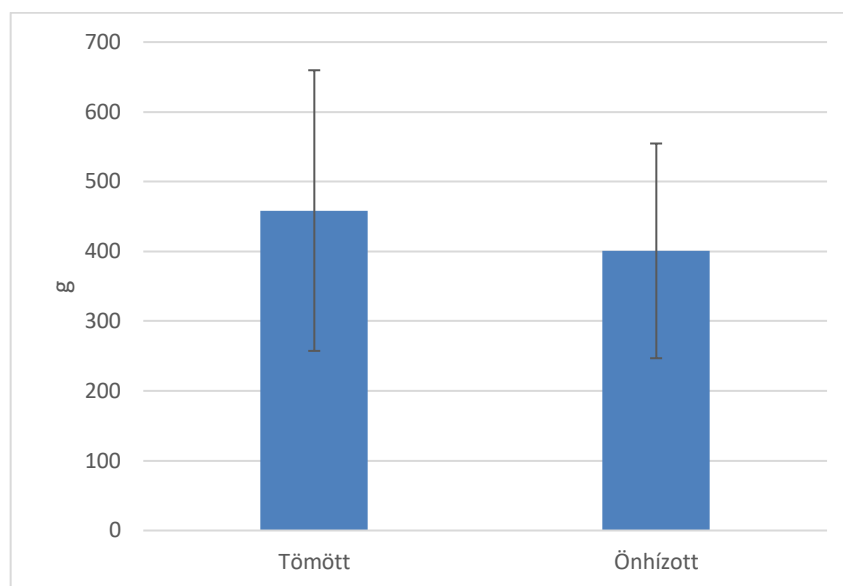
Vizsgált paraméterek		nem tömött		tömött	
		p	R	p	R
L*	b*	<0,0001	0,9534	<0,0001	0,7021
b*	máj súly	0,0003	0,8008	N.S.	0,2621
L*	máj súly	<0,0001	0,8737	0,044	0,4893

4. táblázat Korreláns összefüggések a szín egyes paramétereivel

Az egyes mérések áttekintésével az önhízott libamáj esetében látható, hogy világosság fokozódásával fokozódott a sárgásság mértéke is. A pirosság változásai nem köthetők ennyire a másik két tényezőhöz. A kényszeretett csoport esetében is a világosság fokozódása magával vonta a sárgásság fokozódását. A piros szín erőssége itt sem feleltethető meg a sárgásság és világosság változásaival.

A $\Delta E^*=22,91$ eredményt adott, amely alapján a nagy színinger különbség szemmel is jó látható.

5.1.2 Máj textúra



10. ábra A máj nyíróerő értékei csoportonként

A kényszertáplált libák esetében magasabbnak bizonyult a nyíróerő (10. ábra), rigidebb textúrát eredményezve a tömés. Azonban ez a különbség az elemzések során nem bizonyult szignifikánsnak.

Azonban a tömött csoportban pozitív, szoros, szignifikáns összefüggést mutatott egymással két paraméter: a máj súlya a nyíróerővel (5. táblázat). Azonban a nem tömött csoportban ezt az összefüggést nem tudtuk igazolni matematikai-statisztikai elemzés során.

		nem tömött		tömött	
Vizsgált paraméterek		p	R	p	R
máj súly	nyíróerő	N.S.	0,4759	0,0003	0,6465

5. táblázat Korrelációs összefüggések a textúra és a máj tömege között

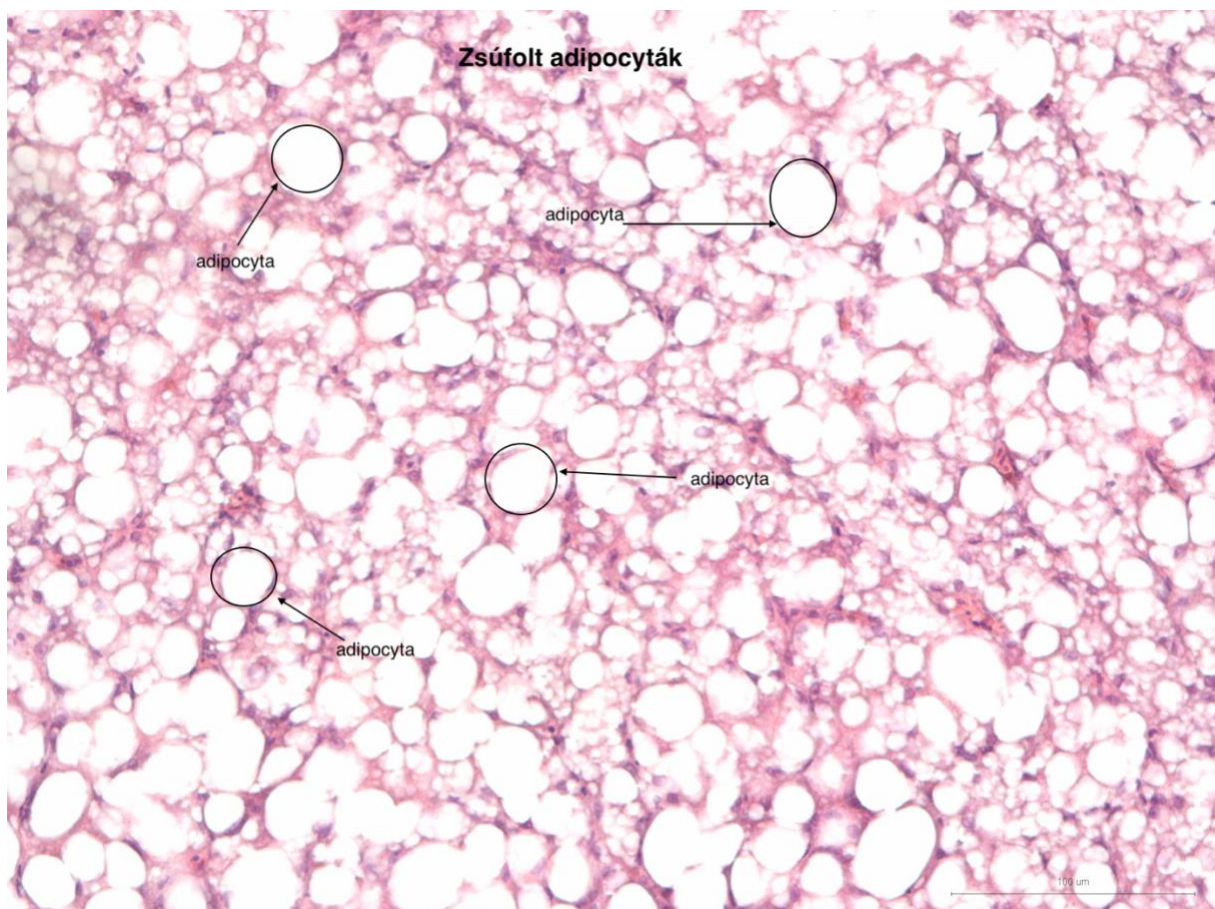
5.1.3 Szöveti elemzések

Megvizsgáltam a szövettani metszeteket, amelyekben megfigyeltem, mely mintákban van nagyobb zsír depositio. Amelyekben nagy mennyiségűt találtam kikerestem a hozzá tartozó világosság, sárgáság, pirosság és nyíróerő adatokat. Amelyekben nagyobb mennyiségű zsír

depositio volt látható azokhoz magasabb sárgásság, világosság értékek tartoztak. A nyíróerőről ilyen következtetéseket nem lehetett levonni. Látható volt, hogy a kényszeretett máj esetében az összes májban beindult a zsír depositio, azonban az önhízott májak esetében körülbelül a májak felében volt látható a zsírosodás.

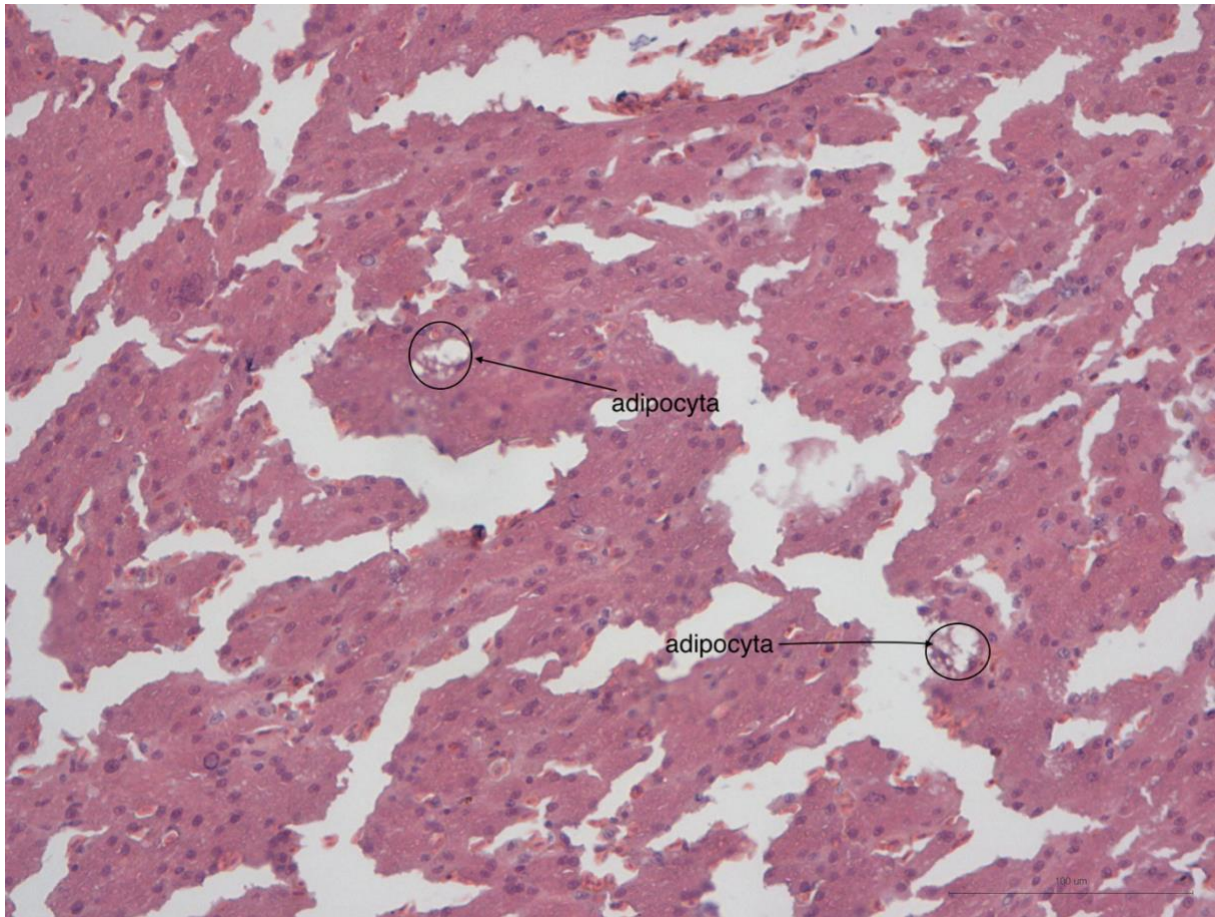
Az önhízott és a kényszertömött májak esetében is látható volt, hogy átlagosan a sárga szín és világosság növekedett a zsír depositio növekedésének hatására.

A fentiekre példaként az alábbi ábrák érdeemesek áttekintésre. Csak az önhízott mintákat mutatom be, mivel a kényszertöméses esetben minden májban nagy mennyiségű adipocytá felhalmozódás következett be.



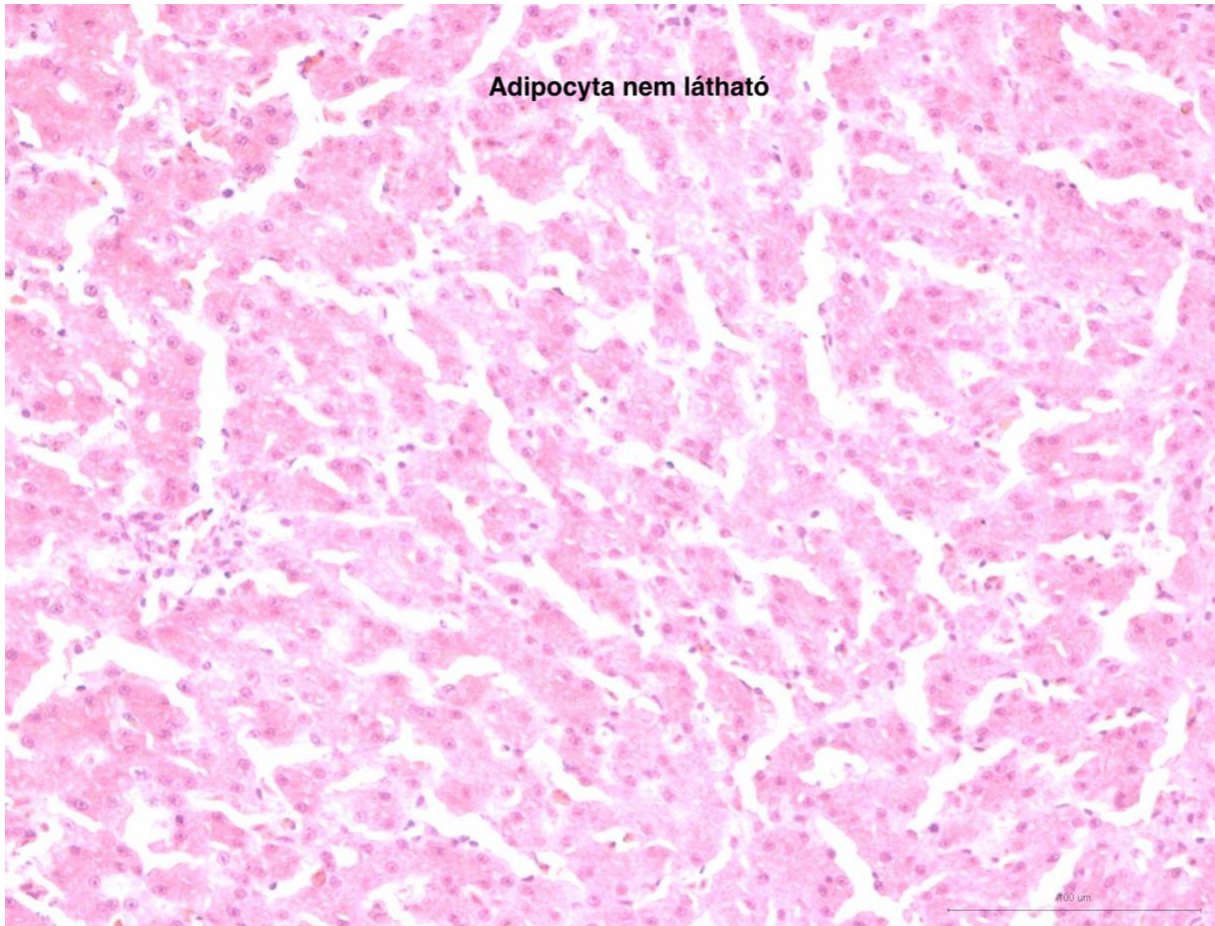
11. ábra Erős zsír depositio önhízott libamájban (6. minta)

A 11. ábrán látható, hogy az önhízott libamájban az adipocyták zsúfoltan helyezkednek, valamint láthatjuk a hozzá tartozó világosság, pirosság, sárgásság és nyíróerő értékeket is a 14. ábrán, összehasonlítva az enyhén beindult önhízott libamájéval.



12. ábra Önhízott libamáj kevés adipocytával (1. minta)

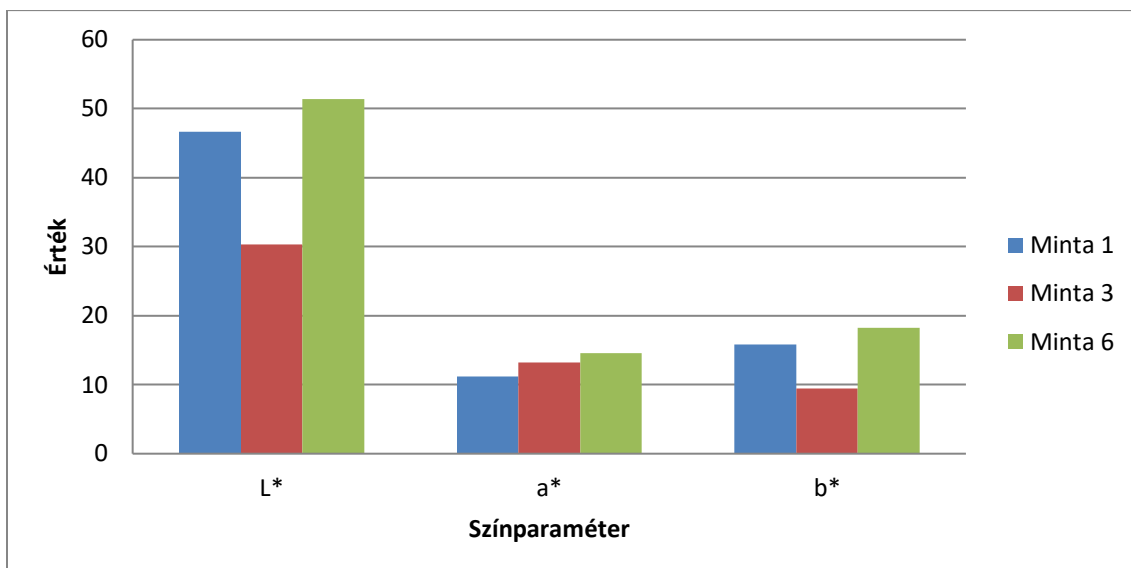
Az 12. ábrán látható, hogy csak néhány adipocyta van jelen, ennek hatására nem is alakult ki hízott libamájnak megfelelő tömeg és textúra, melynek adatai láthatók a 14. és 15. ábrán.



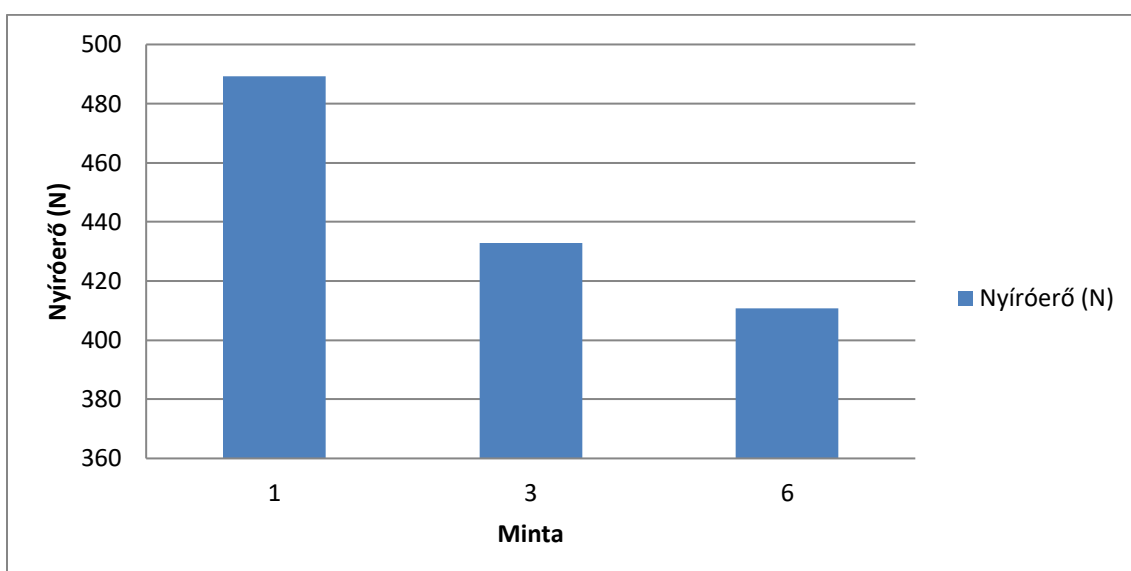
13.ábra: Önhízott libamáj adipocyták nélkül (3. minta)

Látható (13.ábra) hogy itt nem jelentek meg adipocyták a májban itt nem is indult be a máj zsírosodása ezáltal. A hozzá tartozó textúra adatokat a 14. és 15. ábrán tüntettem fel.

A 14. és 15. ábrán látható, hogy a nyírőerő, pirosság vonatkozásban nem tudunk levonni érdemi eredményeket a zsírosodás mértékével összehangban, azonban az látható, hogy ahogy a májban több adipocyta halmozódott fel úgy fokozódott a világosság, sárgáság színkomponens.



14. ábra A szövettani elemzések során bemutatott minták színmérés adatai

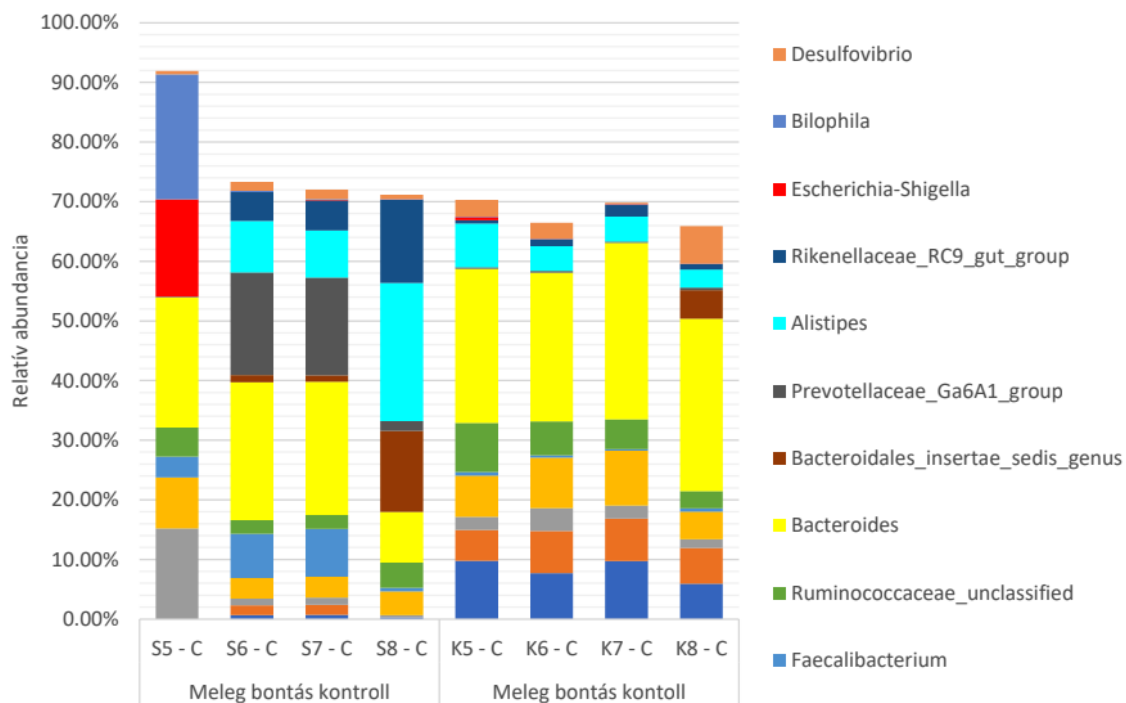


15. ábra A szövettani elemzések során bemutatott minták nyíróerő adatai

5.1.4 Mikrobiom változásai

Összehasonlítottam a mikrobiom összetételt a kényszer tömött liba (S), és az önhízott liba (K) *caecumában* és *ileumában*.

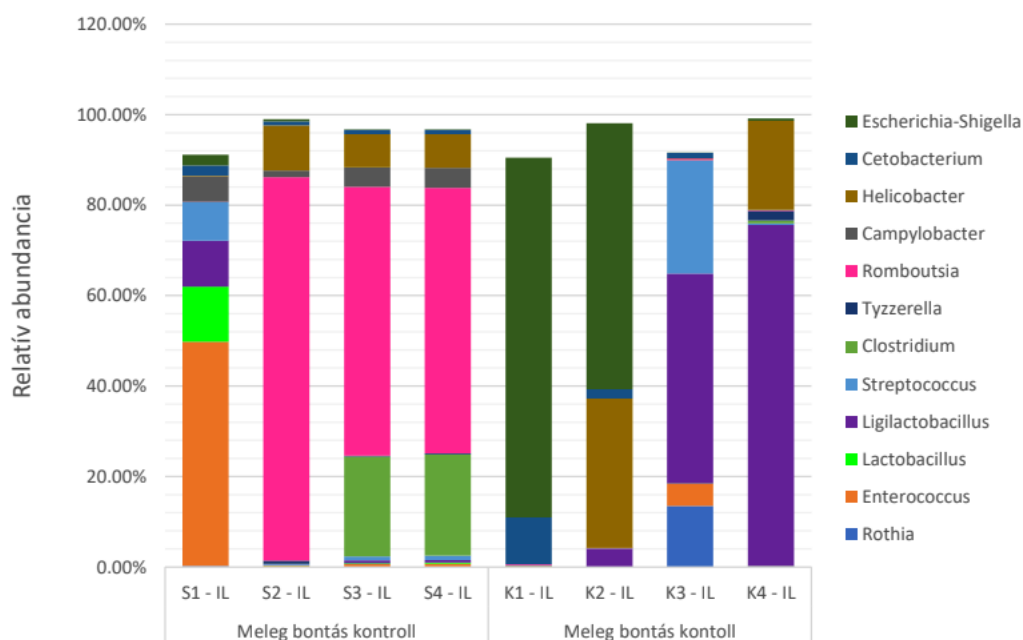
CAECUM



16. ábra: A caecumban lévő baktérium nemzetségek, S-kényszertáplált, K-önhízott

A caecumban a kényszertáplált liba esetében az *Escheria-shigella*, *Alistipes*, *Bacteroides* nemzetségek adták a bakteriális közösség döntő részét. *Bilophila*, *Rikenellaceae RC9 gut group*, *Prevotellaceae Ga6A1 group*, *Desulfovibrio* nemzetségek kisebb számban jelentek meg. Az önhízott liba esetében a *Bacteroides* nemzetség dominánsan megjelent. A kényszertáplált esetében vizsgált összes többi baktérium szintje alacsonyabb volt az önhízott mintában.

ILLEUM



17. ábra: ileumban lévő baktérium nemzetségek, S-kényszertáplált, K-önhízott.

Az ileumban dominánsan jelent meg a kényszertömött libák esetében a *Romboutsia* nemzetség, mellette még nagyszámban jelen volt a *Helicobacter*, *Clostridium*, *Lactobacillus*, *Enterococcus* azonban minimálisan volt jelen. Az önhízott liba esetében az *Escheria-Shigella* magas dominanciát mutatott. Emelett a *Tyzzerella*, *Campylobacter*, *Helicobacter* is magas arányban jelen volt.

6 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Kutatásunk során célom az volt, hogy elkezdjem megvizsgálni egyáltalán lehetséges-e önhízalással hizott libamáj előállítás.

Ez a mai világban kifejezetten fontos, hiszen egyre több szervezet lép fel a kényszertáplálás ellen. Sok országban be is tiltották a libák kényszeretetését. Ezért mindennél fontosabb, hogy minél hamarabb találjunk megoldást az alternatív libamáj létrehozására, amely technológia mellett remények szerint megfér majd a hagyományosan töméses eljárással előállított hizott termék is.

Elsőként megvizsgáltam a máj világosság, pirosság, sárgásság átlagainak a különbségeit a kényszertömött és önhízott libamáj esetében. A máj világossági, sárgássági értékei magasabbnak bizonyultak a kényszertömött libák májában, amelynek háttérében valószínűleg a kényszertömött libák esetében bekövetkező fokozottabb zsírbeépülés tehető felelőssé szemben a kevesebb zsírbeépülést mutató önhízott libamájjal. A sárgássággal kapcsolatos eredményem ellentétes a szakirodalomban leírtakkal (Fernandez X. és mtsi. 2019). Ezen különbség háttérében feltételezhető a vizsgálati anyag alacsony száma vagy az eltérő genotípus, mint vizsgálati alany alkalmazása. Ennek kiderítésére további kutatás szükséges. A pirossági érték az önhízott libamáj esetében nagyobbak bizonyult, ennek háttérében a pigmentek (karotinoidok) fokozottabb felhalmozódása állhat az önhízott libamájban egy szakirodalom szerint, ahol ugyan ezen eredmény született. Ennek kiderítésére további szövettani és biokémiai vizsgálatok szükségesek, mivel ilyen szint nemcsak a karotinoidok eredményezhetnek. (Fernandez X. és mtsi. 2019). A világosság értékek is egyezést mutattak a szakirodalomban leírtakkal. (Fernandez X. és mtsi. 2019). A nyírőerő magasabbnak bizonyult a kényszertáplált libamáj esetében, azonban azzal kapcsolatban, hogy ennek háttérében mi állhat nem teljesen tisztázott, további vizsgálat szükséges.

Ezek után megvizsgáltam, hogy a világosság, pirosság és a sárgásság hogy viszonyul egymáshoz a kényszertömött és önhízott libamáj esetében. A világosság fokozódása maga után vont a sárgásság emelkedését mind a kényszertömött mind pedig az önhízott libamáj esetében, amelynek háttérében a májban az egyre fokozódó adipocytá beépülés felelős, ezt a szövettani vizsgálat is alátámasztotta. Háttérének tisztázására további szövettani vizsgálatok szükségesek. Azonban a piros szín fokozódása nem volt összeköthető a világosság vagy a sárgásság váltoásaival sem a kényszertömött sem az önhízott libamáj esetében. Ennek pontos tisztázására is további szövettani, biokémiai vizsgálatok szükségesek.

A szövettani metszeteket megvizsgáltam, melyből hármat emeltem ki példaként. Levonható a szövettani képek, valamint az egyéb vizsgált tényezők (szín, textúra) alapján, hogy a színvizsgálat során is említett világosság és sárgásság értékek emelkedettebbek abban az esetben, ha a májban több adipocita van jelen. A szövettani metszetek alacsony számára tekintettel azonban további vizsgálatok szükségesek a biztos megállapításhoz.

A nyírőerő és a pirosság esetében azonban nem tudunk levonni megfelelő következtetéseket, ehhez is további vizsgálatok szükségesek. Erre szakirodalmi adatot nem találtam, de az látható, hogy nem teljesen követték a zsírosodás mértékét.

A mikrobiom vizsgálata során a *caecumot* és az *ileumot* vizsgáltuk. A *caecumban* a kényszeretett liba esetében a *Bacteriodes*, *Alistipes*, *Escheria-Shigella* nemzetségek fordultak elő nagyszámban azonban az önhízott esetében a *Bacteriodes* nemzetség volt a meghatározó. Az *ileum* vizsgálatánál a kényszertáplált esetében *Romboutsia* volt a meghatározó nemzetség, az önhízott esetében azonban a *Escheria-Shigella* nemzetség volt meghatározó. A szakirodalomban csak a tömött és pecsenye libákban bekövetkező mikrobiom változásokat vizsgálták (Liu L. és mtsi. 2016) Ez néhány esetben mint a *Bacteriodes*, *Escheria-Shigella* nemzetségnél megegyezett a szakirodalommal. Azonban a *Lactobacillusok* alacsony száma nem, ami ismét felveti további vizsgálatok igényét.

A mikrobiom változásai hatással lehetnek a zsírmáj kialakulására (Liu L. és mtsi. 2016), ezért vizsgálatának folytatása fontos lehet a jövőben.

A kutatás bizonyította, hogy hízott libamáját elő tudunk állítani kényszertömés nélkül is. Azonban jelenleg a kényszertömés hatékonyabb módszer mivel jobb minőségű májat eredményez. Ez különösen a vásárlók számára fontos külső megjelenés és textúra tekintetében.

Munkám egy többéves vizsgálatsorozat egyik állomását mutatta be, amelyben bebizonyosodott, hogy van arra lehetőség, hogy tömés nélkül is előállítható hízottmáj. Nem a korábbi kutatási módszerek szerint, amelyek a madarak vándorlását megelőző környezeti körülményeket használták fel a hizlalás előidézésére, hanem a megfelelő genotípus alkalmazásával, esetleg fajtán belüli szelekcióval kialakított állománnyal, a nekik megtervezett termelési programmal.

Munkám során ugyan válaszokat is kaptunk, de annál több kérdés merült fel. Ezek megválaszolása további vizsgálatok elvégzésével a remények szerint lehetővé válik.

A jövőben számos kutatási és tenyésztési folyamatra van szükség, hogy megtaláljuk azokat az egyedeket, amelyek genetikai adottságaik és megfelelő takarmányozásnak köszönhetően

képesek lesznek kényszertömés nélkül is létrehozni hízott májat. Vizsgálatomban részt vett egyedek közel 50%-a alkalmas volt erre.

7 ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásunk célja az volt, hogy megvizsgáljuk, önhízással van-e lehetőségünk hízott libamáj előállítására, adott genotípus alkalmazásával, a megfelelő technológia kialakításával, kényszertömés nélkül. Vizsgálatunk jelentőségét az adja, hogy egyre több országban tiltják be a libák kényszertáplálását, ennek révén sürgető feladat alternatív, állatjóléti szempontból elfogadható módszer kifejlesztése.

A vizsgálatban Integrál MB 09-es végtermék májludakkal dolgoztunk. A nevelési időszak 9 hétig tartott. A nevelési időszak végén két kísérleti csoportra osztottuk az eredeti csoportokat és ismétléseket, miszerint minden ismétlés 20 egyedéből 10 egyed átkerült a tömőolba töméses hizlálásra (2 hét), míg a fennmaradó 10 egyed az eredeti helyen önhízásra (6 hét) lett beállítva. amit az egyik csoportban 2 hét kényszeretetés, a másik csoportban pedig 6 hét önhízalás követett.

Kísérletünk során több szempontból vizsgáltuk a máj szöveti változásait. A minőséget is jelző szín (CieLAB L*a*b* színrendszer Minolta Chromameter CR400) és textúra (TA XT PlusC – Exponent Connect – gömbszonda) mellett hisztokémiai vizsgálatokat végeztünk, valamint a mikrobiom jellemzőit elemeztük. Eredményeinkben igazolódott, hogy a kényszertömött libák mája világosabb és sárgább, valamint textúrája (nyírőerő) is jobb az önhízottnál. Ennek háttérében a fokozottabb zsír depositio állhat, amelyet a szövettani metszetek vizsgálata is alátámasztott. A pirossági érték azonban az önhízott libáknál volt magasabb.

A színparaméterek vizsgálatánál megállapítható, hogy a világosság fokozódásával a sárgás szín is fokozódott mindkét vizsgált csoportban. Szövettani képek igazolták, hogy a világosabb és sárgább májakban több adipocytá található. A pirosság és a nyírőerő nem mutatott azonban egyértelmű kapcsolatot a zsírbeépülés mértékével. Ennek kiderítésre további kutatások szükségesek.

A mikrobiom-analízis során a kényszertömött libák caecumában főként *Bacteriodes*, *Alistipes*, és *Escheria-Shigella*, az önhízottak esetében elsősorban *Bacteriodes* nemzetségek domináltak. Az ileumban a kényszertömött libáknál *Romboutsia*, az önhízottaknál *Escheria-Shigella* volt meghatározó. A *Lactobacillusok* alacsony aránya volt látható. A mikrobiom változás hozzájárulhat a hízott máj kialakulásához, ezért ennek további kutatása fontos lehet a jobb minőségű libamáj létrehozásában.

Összeségében elmondható, hogy kényszertömés nélkül is beindítható a zsír depositio, előállítható hízott libamáj, azonban textúrában, minőségben elmarad a kényszertömött májtól.

8 IRODALOMJEGYZÉK

1. Akerele OA, Cheema SK. Fatty acyl composition of lysophosphatidylcholine is important in atherosclerosis. *Med Hypotheses*. 2015 Dec;85(6):754-60. doi: 10.1016/j.mehy.2015.10.013. Epub 2015 Oct 17. PMID: 26604024.
2. Apostolopoulou M, Gordillo R, Koliaki C, Gancheva S, Jelenik T, De Filippo E, Herder C, Markgraf D, Jankowiak F, Esposito I, Schlensak M, Scherer PE, Roden M. Specific Hepatic Sphingolipids Relate to Insulin Resistance, Oxidative Stress, and Inflammation in Nonalcoholic Steatohepatitis. *Diabetes Care*. 2018 Jun;41(6):1235-1243. doi: 10.2337/dc17-1318. Epub 2018 Mar 30. PMID: 29602794.
3. Arita Y, Kihara S, Ouchi N, Takahashi M, Maeda K, Miyagawa J, Hotta K, Shimomura I, Nakamura T, Miyaoka K, Kuriyama H, Nishida M, Yamashita S, Okubo K, Matsubara K, Muraguchi M, Ohmoto Y, Funahashi T, Matsuzawa Y. Paradoxical decrease of an adipose-specific protein, adiponectin, in obesity. *Biochem Biophys Res Commun*. 1999 Apr 2;257(1):79-83. doi: 10.1006/bbrc.1999.0255. PMID: 10092513.
4. Baudonnet-Lenfant C, Auvergne A, Babilé R. Influence de la durée du jeûne avant l'abattage et du poids avant la mise en gavage des canards de Barbarie sur la composition chimique hépatique. *Ann Zootech*. 1991;40:161–170.
5. Bernadet MD, Laverze JB, Fernandez X, Davail S, Bonnefont CMD, Arroyo J, Ricaud K. Spontaneous steatosis stimulation in geese induces liver fattening but impacts sexual maturation and muscle growth in a sex-dependent manner. *Animal*. 2025 Jun;19(6):101533. doi: 10.1016/j.animal.2025.101533. Epub 2025 Apr 30. PMID: 40424952.
6. Bogenfürst F. (2017): *Lúdtenyésztők kézikönyve*: Forum Kiadó. ISBN: 978-88- 3283-047-7, 340.p.
7. Bogin E, Avidar J, Rivetz B, Israeli B. Fatty liver in fattened geese. Enzyme profile of liver and serum. *Zentralbl Veterinarmed A*. 1978 Nov;25(9):727-33. PMID: 104507.
8. Bogin E, Avidar Y, Merom M, Israeli BA, Malkinson M, Soback S, Kudler Y. Biochemical changes associated with fatty liver in geese. *Avian Pathol*. 1984 Oct;13(4):683-701. doi: 10.1080/03079458408418566. PMID: 18766879.
9. Chalasani N, Sanyal AJ, Brunt EM, Kleiner DE, Kowdley KV, Lavine JE, Ratziu V, McCullough A. Endpoints and clinical trial design for nonalcoholic steatohepatitis. *Hepatology*. 2011 Jul;54(1):344-53. doi: 10.1002/hep.24376. PMID: 21520200; PMCID: PMC4014460.
10. Chaurasia B, Summers SA. Ceramides in Metabolism: Key Lipotoxic Players. *Annu Rev Physiol*. 2021 Feb 10;83:303-330. doi: 10.1146/annurev-physiol-031620-093815. Epub 2020 Nov 6. PMID: 33158378; PMCID: PMC7905841.

11. Chen Z, Xing Y, Fan X, Liu T, Zhao M, Liu L, Hu X, Cui H, Geng T, Gong D. Fasting and Refeeding Affect the Goose Liver Transcriptome Mainly Through the PPAR Signaling Pathway. *J Poult Sci.* 2021 Oct 25;58(4):245-257. doi: 10.2141/jpsa.0200095. PMID: 34899020; PMCID: PMC8630407.
12. Davail S, Guy G, André J, Hermier D, Hoo-Paris R. Metabolism in two breeds of geese with moderate or large overfeeding induced liver-steatosis. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 2000 May;126(1):91-9. doi: 10.1016/s1095-6433(00)00190-2. PMID: 10908856.
13. Davail S., Rideau N., Guy G., Andre J.- M., Hermier D., Hoo-Paris R., Hormonal and metabolic responses to overfeeding in three genotypes of ducks, *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A, Mol. Integrative Physiol.* 134 (2003) 707–715.
14. Ding H, Ge G, Tseng Y, Ma Y, Zhang J, Liu J. Hepatic autophagy fluctuates during the development of non-alcoholic fatty liver disease. *Ann Hepatol.* 2020 Sep-Oct;19(5):516-522. doi: 10.1016/j.aohep.2020.06.001. Epub 2020 Jun 15. PMID: 32553647.
15. Fernandez X, Lazzarotto V, Bernadet MD, Manse H. Comparison of the composition and sensory characteristics of goose fatty liver obtained by overfeeding and spontaneous fattening1. *Poult Sci.* 2019 Nov 1;98(11):6149-6160. doi: 10.3382/ps/pez289. PMID: 31162617; PMCID: PMC6771545.
16. Ferraris RP. Dietary and developmental regulation of intestinal sugar transport. *Biochem J.* 2001 Dec 1;360(Pt 2):265-76. doi: 10.1042/0264-6021:3600265. PMID: 11716754; PMCID: PMC1222226.
17. Fournier E, Peresson R, Guy G, Hermier D. Relationships between storage and secretion of hepatic lipids in two breeds of geese with different susceptibility to liver steatosis. *Poult Sci.* 1997 Apr;76(4):599-607. doi: 10.1093/ps/76.4.599. PMID: 9106888.
18. Geng T, Xia L, Li F, Xia J, Zhang Y, Wang Q, Yang B, Montgomery S, Cui H, Gong D. The role of endoplasmic reticulum stress and insulin resistance in the occurrence of goose fatty liver. *Biochem Biophys Res Commun.* 2015 Sep 11;465(1):83-7. doi: 10.1016/j.bbrc.2015.07.134. Epub 2015 Jul 30. PMID: 26235878.
19. Geng T, Yang B, Li F, Xia L, Wang Q, Zhao X, Gong D. Identification of protective components that prevent the exacerbation of goose fatty liver: Characterization, expression and regulation of adiponectin receptors. *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol.* 2016 Apr-May;194-195:32-8. doi: 10.1016/j.cbpb.2016.01.006. Epub 2016 Jan 21. PMID: 26804769.
20. Geng T, Zhao X, Xia L, Liu L, Li F, Yang B, Wang Q, Montgomery S, Cui H, Gong D. Supplementing dietary sugar promotes endoplasmic reticulum stress-independent insulin resistance and fatty liver in goose. *Biochem Biophys Res Commun.* 2016 Aug 5;476(4):665-669. doi: 10.1016/j.bbrc.2016.05.149. Epub 2016 May 28. PMID: 27246737.
21. Gontier K, André JM, Bernadet MD, Ricaud K, Davail S. Insulin effect on lipogenesis and fat distribution in three genotypes of ducks during overfeeding. *Comp Biochem Physiol A Mol*

- Integr Physiol. 2013 Mar;164(3):499-505. doi: 10.1016/j.cbpa.2012.12.019. Epub 2012 Dec 29. PMID: 23280472.
22. Gorden DL, Myers DS, Ivanova PT, Fahy E, Maurya MR, Gupta S, Min J, Spann NJ, McDonald JG, Kelly SL, Duan J, Sullards MC, Leiker TJ, Barkley RM, Quehenberger O, Armando AM, Milne SB, Mathews TP, Armstrong MD, Li C, Melvin WV, Clements RH, Washington MK, Mendonsa AM, Witztum JL, Guan Z, Glass CK, Murphy RC, Dennis EA, Merrill AH Jr, Russell DW, Subramaniam S, Brown HA. Biomarkers of NAFLD progression: a lipidomics approach to an epidemic. *J Lipid Res.* 2015 Mar;56(3):722-736. doi: 10.1194/jlr.P056002. Epub 2015 Jan 17. PMID: 25598080; PMCID: PMC4340319.
 23. Griffin HD, Butterwith SC, Goddard C. Contribution of lipoprotein lipase to differences in fatness between broiler and layer-strain chickens. *Br Poult Sci.* 1987 Jun;28(2):197-206. doi: 10.1080/00071668708416953. PMID: 3607546.
 24. Guémené D, Guy G. The past, present and future of force-feeding and “foie gras” production. *Worlds Poult Sci J.* 2004;60(2):210–222. doi:10.1079/WPS200414
 25. Guy G, Fortun-Lamothe L, Bénard G, Fernandez X. Natural induction of spontaneous liver steatosis in Greylag Landaise geese (*Anser anser*). *J Anim Sci.* 2013 Jan;91(1):455-64. doi: 10.2527/jas.2012-5492. Epub 2012 Oct 24. PMID: 23097395.
 26. Han C, Wang J, Li L, Wang L, Zhang Z. The role of LXR alpha in goose primary hepatocyte lipogenesis. *Mol Cell Biochem.* 2009 Feb;322(1-2):37-42. doi: 10.1007/s11010-008-9937-8. Epub 2008 Oct 31. PMID: 18975056.
 27. Han C, Wei S, He F, Liu D, Wan H, Liu H, Li L, Xu H, Du X, Xu F. The Regulation of Lipid Deposition by Insulin in Goose Liver Cells Is Mediated by the PI3K-AKT-mTOR Signaling Pathway. *PLoS One.* 2015 May 6;10(5):e0098759. doi: 10.1371/journal.pone.0098759. PMID: 25945932; PMCID: PMC4422626.
 28. Han CC, Wang JW, Pan ZX, Tang H, Xiang SX, Wang J, Li L, Xu F, Wei SH. Effect of cholesterol on lipogenesis and VLDL-TG assembly and secretion in goose primary hepatocytes. *Mol Cell Biochem.* 2013 Feb;374(1-2):163-72. doi: 10.1007/s11010-012-1516-3. Epub 2012 Nov 22. PMID: 23180245.
 29. Hermier D, Rousselot-Pailley D, Peresson R, Sellier N. Influence of orotic acid and estrogen on hepatic lipid storage and secretion in the goose susceptible to liver steatosis. *Biochim Biophys Acta.* 1994 Feb 10;1211(1):97-106. doi: 10.1016/0005-2760(94)90143-0. PMID: 8123687.
 30. Hermier D, Saadoun A, Salichon MR, Sellier N, Rousselot-Paillet D, Chapman MJ. Plasma lipoproteins and liver lipids in two breeds of geese with different susceptibility to hepatic steatosis: changes induced by development and force-feeding. *Lipids.* 1991 May;26(5):331-9. doi: 10.1007/BF02537194. PMID: 1895877.

31. Hermier D, Salichon MR, Guy G, Peresson R. Differential channelling of liver lipids in relation to susceptibility to hepatic steatosis in the goose. *Poult Sci.* 1999 Oct;78(10):1398-406. doi: 10.1093/ps/78.10.1398. PMID: 10536788.
32. Horn P. (1981): *Baromfitenyésztők kézikönyve* (szerk.), Mezőgazdasági Kiadó
33. Horn P. (1991): *Baromfitenyésztés Kézikönyve*, Budapest, Mezőgazdasági Kiadó
34. Horton JD, Goldstein JL, Brown MS. SREBPs: activators of the complete program of cholesterol and fatty acid synthesis in the liver. *J Clin Invest.* 2002 May;109(9):1125-31. doi: 10.1172/JCI15593. PMID: 11994399; PMCID: PMC150968
35. Hu E, Liang P, Spiegelman BM. AdipoQ is a novel adipose-specific gene dysregulated in obesity. *J Biol Chem.* 1996 May 3;271(18):10697-703. doi: 10.1074/jbc.271.18.10697. PMID: 8631877.
36. J. Pearce, Some differences between avian and mammalian biochemistry, *Int. J. Biochem.* 8 (1977) 269–279.
37. Kaser S, Moschen A, Cayon A, Kaser A, Crespo J, Pons-Romero F, Ebenbichler CF, Patsch JR, Tilg H. Adiponectin and its receptors in non-alcoholic steatohepatitis. *Gut.* 2005 Jan;54(1):117-21. doi: 10.1136/gut.2003.037010. PMID: 15591515; PMCID: PMC1774357.
38. Kellett GL, Brot-Laroche E. Apical GLUT2: a major pathway of intestinal sugar absorption. *Diabetes.* 2005 Oct;54(10):3056-62. doi: 10.2337/diabetes.54.10.3056. PMID: 16186415.
39. Knudsen C, Arroyo J, Even M, Cauquil L, Pascal G, Fernandez X, Lavigne F, Davail S, Combes S, Ricaud K. The intestinal microbial composition in Greylag geese differs with steatosis induction mode: spontaneous or induced by overfeeding. *Anim Microbiome.* 2021 Jan 6;3(1):6. doi: 10.1186/s42523-020-00067-z. PMID: 33499980; PMCID: PMC7934468
40. Koseniuk A. Characteristic Gene Alterations During Fatty Acid Metabolism in the Goose Liver. *Genes.* 2025; 16(10):1137. <https://doi.org/10.3390/genes16101137>
41. Kozák J. (2011): A hizott liba- és kacsamáj termelése, valamint piaci kihívásai: *Gazdálkodás*, 55, 3, 309–316.p.
42. Leclercq B, Durand G, Delpech P, Blum JC (1968) Note préliminaire sur l'évolution des constituants biochimiques du foie au cours du gavage de l'oie. *Ann Biol Anim Bioch Biophys* 8(4), 549-556
43. Li Z, Agellon LB, Allen TM, Umeda M, Jewell L, Mason A, Vance DE. The ratio of phosphatidylcholine to phosphatidylethanolamine influences membrane integrity and steatohepatitis. *Cell Metab.* 2006 May;3(5):321-31. doi: 10.1016/j.cmet.2006.03.007. PMID: 16679290.
44. Liu L, Zhao X, Wang Q, Sun X, Xia L, Wang Q, Yang B, Zhang Y, Montgomery S, Meng H, Geng T, Gong D. Prosteatotic and Protective Components in a Unique Model of Fatty Liver: Gut Microbiota and Suppressed Complement System. *Sci Rep.* 2016 Aug 23;6:31763. doi: 10.1038/srep31763. PMID: 27550859; PMCID: PMC4994046.

45. Liu X, Li P, He C, Qu X, Guo S. Comparison of overfed Xupu and Landeszi geese in performance, fatty acid composition, enzymes and gene expression related to lipid metabolism. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2020 Dec;33(12):1957-1964. doi: 10.5713/ajas.19.0842. Epub 2020 Jan 13. PMID: 32054153; PMCID: PMC7649397.
46. Lu L, Chen Y, Whang Z, Li X, Chen W, Tao Z, Shen J, Tian Y, Wang D, Li G, Chen F, Fang D, Yu L, Sun Y, Ma Y, Li J, Wang J. The goose genome sequence leads to insights into the evolution of waterfowl and susceptibility to fatty liver. *Genome Biology* 16(89) 2015
47. Mourot J, Guy G, Lagarrigue S, Peiniau P, Hermier D. Role of hepatic lipogenesis in the susceptibility to fatty liver in the goose (*Anser anser*). *Comp Biochem Physiol B Biochem Mol Biol.* 2000 May;126(1):81-7. doi: 10.1016/s0305-0491(00)00171-1. PMID: 10825667.
48. Mourot J, Guy G, Peiniau P, Hermier D. Effects of overfeeding on lipid synthesis, transport and storage in two breeds of geese differing in their capacity for fatty liver production. *Anim Res.* 2006;55(5):427–442. doi:10.1051/animres:2006027
49. MR Salichon, G. Guy, D. Rousselot and JC Blum Composition des 3 types de foie gras : oie, canard mulard et canard de Barbarie *Ann. Zootech.*, 43 2 (1994) 213-220 DOI: <https://doi.org/10.1051/animres:19940210>
50. Odum, E. P. (1960): Premigration hyperphagia in birds, 621-629.p.
51. Paul B, Lewinska M, Andersen JB. Lipid alterations in chronic liver disease and liver cancer. *JHEP Rep.* 2022 Mar 26;4(6):100479. doi: 10.1016/j.jhepr.2022.100479. PMID: 35469167; PMCID: PMC9034302.
52. Pioche T, Skiba F, Bernadet MD, Seiliez I, Massimino W, Houssier M, Tavernier A, Ricaud K, Davail S, Skiba-Cassy S, Gontier K. Kinetic study of the expression of genes related to hepatic steatosis, glucose and lipid metabolism, and cellular stress during overfeeding in mule ducks. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2020 Feb 1;318(2):R453-R467. doi: 10.1152/ajpregu.00198.2019. Epub 2020 Jan 8. PMID: 31913683.
53. Poujardieu R., Rouvier R., Rousselot-Pailley D., Guy G., Rosinsky M., Wezik S., Croissance et aptitude au gavage de 3 géno- types d'oies, *Ann. Zootech.* 43 (1994) 197– 211.
54. Takeuchi K, Reue K. Biochemistry, physiology, and genetics of GPAT, AGPAT, and lipin enzymes in triglyceride synthesis. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2009 Jun;296(6):E1195-209. doi: 10.1152/ajpendo.90958.2008. Epub 2009 Mar 31. PMID: 19336658; PMCID: PMC2692402.
55. Tang J, Fang Q, Shao R, Shen J, He J, Niu D, Lu L. Digital gene-expression profiling analysis of the fatty liver of Landeszi geese fed different supplemental oils. *Gene.* 2018 Oct 5;673:32-45. doi: 10.1016/j.gene.2018.05.122. Epub 2018 Jun 5. PMID: 29879502.

56. Thorens B. GLUT2, glucose sensing and glucose homeostasis. *Diabetologia*. 2015 Feb;58(2):221-32. doi: 10.1007/s00125-014-3451-1. Epub 2014 Nov 25. PMID: 25421524.
57. Vvedenskaya O, Rose TD, Knittelfelder O, Palladini A, Wodke JAH, Schuhmann K, Ackerman JM, Wang Y, Has C, Brosch M, Thangapandi VR, Buch S, Züllig T, Hartler J, Köfeler HC, Röcken C, Coskun Ü, Klipp E, von Schoenfels W, Gross J, Schafmayer C, Hampe J, Pauling JK, Shevchenko A. Nonalcoholic fatty liver disease stratification by liver lipidomics. *J Lipid Res*. 2021;62:100104. doi: 10.1016/j.jlr.2021.100104. Epub 2021 Aug 10. PMID: 34384788; PMCID: PMC8488246.
58. Wang F, Wang Y, Qu G, Yao X, Ma C, Song M, Wang H, Jiang G. Ultralong AgNWs-induced toxicity in A549 cells and the important roles of ROS and autophagy. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2019 Dec 30;186:109742. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.109742. Epub 2019 Oct 5. PMID: 31593826.
59. Wei R, Ning R, Han C, Wei S, Teng Y, Li L, Liu H, Hu S, Kang B, Xu H. Lipidomics analysis reveals new insights into the goose fatty liver formation. *Poult Sci*. 2023 Mar;102(3):102428. doi: 10.1016/j.psj.2022.102428. Epub 2022 Dec 15. PMID: 36586388; PMCID: PMC9811251.
60. Wei R., Han C., Ye F., Wei S., He F., Liu H., Li L., Xu H., Hu S., Zeng X. Forkhead box protein O1 (FoxO1) regulates lipids metabolism and cell proliferation mediated by insulin and PI3K-Akt-mTOR pathway in goose primary hepatocytes. *Biocell*. 2022;46:171–183
61. Xia L., Wang Q., Yang B., Sun X., Zhang Y., Liu L., Geng Y., Gong D. Study on change of blood chemistry indexes, hepatic routine nutritional composition and expression of lipid metabolism-associated genes during the recovery of geese with fatty. *China An. Husband. Med*. 2016;43:967–972.
62. Yen CL, Stone SJ, Koliwad S, Harris C, Farese RV Jr. Thematic review series: glycerolipids. DGAT enzymes and triacylglycerol biosynthesis. *J Lipid Res*. 2008 Nov;49(11):2283-301. doi: 10.1194/jlr.R800018-JLR200. Epub 2008 Aug 29. PMID: 18757836; PMCID: PMC3837458.
63. Yu Y, Lyu W, Fu Z, Fan Q, Xiao Y, Ren Y, Yang H. Metabolic Profiling Analysis of Liver in Landeszi Geese During the Formation of Fatty Liver *via* GC-TOF/MS. *Front Physiol*. 2022 Jan 3;12:783498. doi: 10.3389/fphys.2021.783498. PMID: 35046836; PMCID: PMC8761942.
64. Zaefarian F, Abdollahi MR, Cowieson A, Ravindran V. Avian Liver: The Forgotten Organ. *Animals (Basel)*. 2019 Feb 15;9(2):63. doi: 10.3390/ani9020063. PMID: 30781411; PMCID: PMC6406855.
65. Zhu LH, Meng H, Duan XJ, Xu GQ, Zhang J, Gong DQ. Gene expression profile in the liver tissue of geese after overfeeding. *Poult Sci*. 2011 Jan;90(1):107-17. doi: 10.3382/ps.2009-00616. PMID: 21177450.
66. Zhu Q, Li H, Ao Z, Xu H, Luo J, Kaurich C, Yang R, Zhu PW, Chen SD, Wang XD, Tang LJ, Li G, Huang OY, Zheng MH, Li HP, Liu F. Lipidomic identification of urinary extracellular

vesicles for non-alcoholic steatohepatitis diagnosis. *J Nanobiotechnology*. 2022 Jul 27;20(1):349. doi: 10.1186/s12951-022-01540-4. PMID: 35897102; PMCID: PMC9327366.

9 KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Elsősorban szeretném kifejezni hálámat Dr. Kovács-Weber Mária egyetemi docensnek, amiért segített szakdolgozatom témájának kiválasztásában, és a munka teljes folyamata során türelemmel, mindig készségesen támogatott. Kérdéseimre és nehézségeimre minden alkalommal gyorsan reagált, rugalmasan biztosítva a konzultációs lehetőségeket. Külön köszönöm, hogy kiemelten fontosnak tartja hallgatók szakmai fejlődését és munkájuk minőségét, valamint, hogy hasznos tanácsaival és útmutatásával végig támogatta munkámat.

Hálával tartozom Pap Tibor István tudományos segédmunkatársnak, aki aktív segítséget nyújtott a kísérletek lebonyolításában, a telepi és laboratóriumi munkában, valamint a statisztikai elemzések során.

Köszönet illeti továbbá az Állattenyésztési Tudományok Intézet – Állattenyésztés-technológiai és Állatjólléti Tanszék munkatársait, különösen Dr. Pajor Ferenc és Dr. Bodnár Ákos egyetemi docenseket, aki a telepi mintavételekben nyújtott nélkülözhetetlen segítséget.

Köszönettel tartozom Dr. Szabó Rubina Tündének, aki a statisztikai analízisekben nyújtott nélkülözhetetlen segítséget.

Köszönöm Dr. Tánccsis András, Dr. Baka Erzsébet és Dr. Kovács Balázs munkáját a mikrobiom analízisek elvégzése és kiértékelése során, továbbá Dr. Lefler Kinga Katalinnak a szövettani metszetek elkészítését.

Ezúton is köszönöm a Lab-Nyúl Kft. támogatását, amiért biztosították a vizsgálatok helyszínét, és hozzájárultak a vizsgálatok megvalósításához.

Külön köszönet illeti az Integrál Zrt.-t, amiért lehetőséget kaptam, hogy részt vehessek pályázati programjukban. Hálás vagyok Vajda Tamás üzemigazgató úrnak és Rekedtné Evelin főművezetőnek a májminősítési és vágóüzemi munkák során nyújtott szakmai segítségükért.

Munkám a 2024-1.1.1-KKV_FÓKUSZ-2024-00079 azonosító számú, „Asszisztencia-mentes szteatózisra alkalmas lúd szülőpár vonal szelekciója, és okostojófészek kifejlesztése” című pályázat keretében valósult meg.

Végül szeretném megköszönni családomnak és barátaimnak a biztatást, a türelmet és az állandó támogatást, amely nélkül ez a munka nem jöhetett volna létre.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	DR.POCZIK LEVENTE
Neptun-kódja:	AZ2J23
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	X BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: TDK
Tantárgy neve/kódja*:	Tudományos diákköri pályamunka
A munka címe:	A hízalási technológia szerepe a libamáj előállításban: töméses és kímélő eljárások összehasonlítása szövevtani vizsgálatok alapján

* 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, töltsse 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)

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 eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve,	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 illeszttem. 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....., 2025. október hó 19. nap

.....
Hallgató aláírása

.....
Konzulens/Témavezető aláírása