

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

HORVÁTH ÉVA RITA

MOSONMAGYARÓVÁR

2025

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
ALBERT KÁZMÉR MOSONMAGYARÓVÁRI KAR
ÁLLATTUDOMÁNYI TANSZÉK**

**WITTMANN ANTAL NÖVÉNY-, ÁLLAT- ÉS
ÉLELMISZERTUDOMÁNYI MULTIDISZCIPLINÁRIS
DOKTORI ISKOLA**

UJHELYI IMRE ÁLLATTUDOMÁNYI DOKTORI PROGRAM

**DOKTORI ISKOLAVEZETŐ:
DR. VARGA LÁSZLÓ DSc**
EGYETEMI TANÁR, AZ MTA DOKTORA

**PROGRAMVEZETŐ:
DR. SZABÓ FERENC DSc**
EGYETEMI TANÁR, AZ MTA DOKTORA

**TÉMAVEZETŐK:
DR. TÓTH TAMÁS PhD**
KUTATÓPROFESSZOR

DR. FÉBEL HEDVIG CSc
KUTATÓPROFESSZOR

**REPCEPOGÁCSA FELHASZNÁLÁSÁNAK KOMPLEX
ÉRTÉKELÉSE A MONOGASZTRIKUS ÁLLATOK
TAKARMÁNYOZÁSÁBAN**

MOSONMAGYARÓVÁR

2025

**REPCEPOGÁCSA FELHASZNÁLÁSÁNAK KOMPLEX ÉRTÉKELÉSE A
MONOGASZTRIKUS ÁLLATOK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN**

**Írta:
HORVÁTH ÉVA RITA**

**Készült a Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar
Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi Multidiszciplináris
Doktori Iskola**

Ujhelyi Imre Állattudományi Doktori Programja keretében

Témavezetők: Dr Tóth Tamás, PhD és Dr. Fébel Hedvig, CSc

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori komplex vizsgán megfelelt.

Mosonmagyaróvár,

**.....
a Szigorlati Bizottság Elnöke**

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)

Első bíráló (Dr.) igen/nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr.) igen/nem

(aláírás)

Esetleg harmadik bíráló (Dr.) igen/nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján%-ot ért el.

Mosonmagyaróvár,

A Bírálóbizottság elnöke

Doktori (PhD) oklevél minősítése.....

Az EDT elnök

TARTALOMJEGYZÉK

KIVONAT	7
ABSTRACT	9
RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE	10
1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	12
1.1 AZ ÉRTEKEZÉS CÉLKITŰZÉSEI	15
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	16
2.1. A BIOÜZEMANYAG-ELŐÁLLÍTÁS MELLÉKTERMÉKEI	16
2.2. A REPCEALAPÚ MELLÉKTERMÉKEK TAKARMÁNYOZÁSI SZEMPONTBÓL FONTOS TÁPLÁLÓANYAGAI	20
2.3. A REPCEALAPÚ MELLÉKTERMÉKEK FELHASZNÁLÁSÁT AKADÁLYOZÓ ANTINUTRITÍV VEGYÜLETEK	25
2.4. REPCEKEZELÉSI ELJÁRÁSOK	28
2.4.1. NÖVÉNYNEMESÍTÉS	28
2.4.2. FIZIKAI KEZELÉSEK	30
2.4.3. KÉMIAI KEZELÉSEK	32
2.4.4. KOMBINÁLT KEZELÉSEK	34
2.5. REPCEPOGÁCSÁVAL ÉS EXTRAHÁLT REPCEDARÁVAL FOLYTATOTT TAKARMÁNYOZÁSI KÍSÉRLETEK MONOGASZTRIKUS ÁLLATFAJOKKAL	35
2.5.1. BROJLERCSIRKE	35
2.5.2. SERTÉS	37
2.5.3. TOJÓTYÚK	40
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	42
3.1. TAKARMÁNYOZÁSI KÍSÉRLET BROJLERCSIRKÉKKEL	42
3.1.1. ÁLLATOK ÉS ELHELYEZÉSÜK	42
3.1.2. TAKARMÁNYOK ÉS KEZELÉSEK	42
3.1.3. VIZSGÁLATOK	46
3.2. TAKARMÁNYOZÁSI KÍSÉRLET HÍZÓSERTÉSEKKEL	49
3.2.1. ÁLLATOK ÉS ELHELYEZÉSÜK	49
3.2.2. TAKARMÁNYOK ÉS KEZELÉSEK	50
3.2.3. VIZSGÁLATOK	52
3.3. TAKARMÁNYOZÁSI KÍSÉRLET TOJÓTYÚKOKKAL	54
3.3.1. ÁLLATOK ÉS ELHELYEZÉSÜK	54
3.3.2. TAKARMÁNYOK ÉS KEZELÉSEK	54

3.3.3. VIZSGÁLATOK	57
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	59
4.1. BROJLERCSIRKÉKKEL VÉGZETT KÍSÉRLET EREDMÉNYE	59
4.1.1. TERMELÉSI PARAMÉTEREK	59
4.1.2. PAJZSMIRIGY VIZSGÁLATA	61
4.1.2.1. PAJZSMIRIGYSÚLYOK	61
4.1.2.2. PAJZSMIRIGYHORMONOK	61
4.1.2.3. SZÖVETTANI VIZSGÁLAT	62
4.1.3. HÚSMINŐSÉGI VIZSGÁLAT EREDMÉNYEI	66
4.1.3.1. KÉMIAI VIZSGÁLAT	66
4.1.3.2. ZSÍRSAVÖSSZETÉTEL	68
4.1.3.3. MDA-ÉRTÉK	71
4.1.3.4. HÚSSZÍN	74
4.1.3.5. ORGANOLEPTIKUS VIZSGÁLAT	75
4.2. HÍZÓSSERTÉSEKKEL VÉGZETT KÍSÉRLET EREDMÉNYE	76
4.2.1. TERMELÉSI PARAMÉTEREK	76
4.2.2. A PAJZSMIRIGY VIZSGÁLATA	78
4.2.2.1. PAJZSMIRIGY SÚLYOK	78
4.2.2.2. PAJZSMIRIGY HORMONOK	78
4.2.3. HÚSMINŐSÉGI VIZSGÁLAT EREDMÉNYEI	79
4.2.3.1. VÁGÓHÍDI HÚSMINŐSÍTÉS	79
4.2.3.2. ZSÍRSAVÖSSZETÉTEL	80
4.3 TOJÓTYÚKOKKAL VÉGZETT KÍSÉRLET EREDMÉNYE	83
4.3.1. TERMELÉSI EREDMÉNYEK	83
4.3.2. A PAJZSMIRIGYHORMONOK KONCENTRÁCIÓJA	84
4.3.3. TOJÁSMINŐSÉGI VIZSGÁLAT EREDMÉNYEI	85
4.3.3.1. ÖSSZETÉTEL ÉS TÁPLÁLÓANYAG-TARTALOM	85
4.3.3.2. ZSÍRSAVÖSSZETÉTEL	86
4.3.3.3. SZÍNMRÉSI VIZSGÁLAT	88
4.3.3.4. ORGANOLEPTIKUS VIZSGÁLAT	89
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	94
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	99
7. ÖSSZEFOGLALÁS	100
8. SUMMARY	103
9. IRODALOMJEGYZÉK	107

10. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK
11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

128
132

KIVONAT

A világ növekvő élelmiszer-szükségletének kielégítéséhez az olajipar melléktermékeként keletkező hidegen sajtolt repcepogácsa alternatív és fenntartható fehérjeforrást jelent valamint segít csökkenteni a szójadaratól való függőséget. Az egyes repcefajták/- hibridek antinutritívanyag-tartalma jelentős mértékben különbözik, így a biztonságos felhasználás érdekében elengedhetetlen a kezelésük.

Takarmányozási kísérleteinkben a hidegen sajtolt repcepogácsa kezelésére olyan ásványianyag-tartalmú (Ca, P, Fe) takarmány-kiegészítőt („Peelko”) használtunk, amely egyes kedvezőtlen vegyülettel (glükózinolátok, fenolcsoport) kémiai kötést képes létesíteni és ezáltal megakadályozza a repcében visszamaradt antinutritív anyagok bélbeli felszívódását.

A kezeletlen repcepogácsa (R) etetése brojlercsirkében és hízósertésben csökkentette az élősúlyt a kontrollhoz képest ($P < 0,05$). A „Peelko”-kezeléssel (R+) mindkét állatfajban javult ($P < 0,05$) a fajlagos takarmányértékesítés. A tojótyúkrok termelési adataiban nem találtunk szignifikáns különbséget a csoportok között.

A brojlercsirkékben a pajzsmirigy súlyát valamint a T3 hormon koncentrációját az R és R+ is növelte a kontrollhoz viszonyítva. A kialakult struma mérete valamint a szövettani elváltozás súlyossága az R+ csoportban csökkent. Ugyanígy kedvező változást találtunk a vér T4 szintjében is, az R+ csoportban a kontrollal megegyező koncentrációt mértünk. Sertésekben a pajzsmirigy súlyát csak a kezeletlen repcepogácsa etetése növelte. Sertésben, illetve tojótyúkban a pajzsmirigyhormonok koncentrációját nem befolyásolta egyik kezelés sem.

Az R, illetve R⁺ takarmánykeverékek etetése szűkítette a húsmintákban (csirkemell és comb, sertéscomb), illetve a tojássárgájában az n-6/n-3 többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) arányát. A „Peelko”-kiegészítéssel tovább szűkült az arány, a legkedvezőbb értékeket a sertéscomb- és a tojássárgája-mintákban találtuk. A kiegészítés további kedvező hatását a brojlerhúsminták malondialdehid (MDA) koncentrációjában tapasztaltuk. A mell-, illetve a combminták nagyobb PUFA aránya ellenére a „Peelko” alkalmazása megakadályozta a lipidperoxidációt, a kontrollesoporttal közel azonos MDA értékeket mértünk. A tojássárgája kolorimetriás vizsgálata szerint a legélénkebb szín (szignifikánsan nagyobb a* és b* érték) az R⁺ csoport tojásában volt. A repcepogácsa és a „Peelko”-kezelés használata a csirkehús, illetve a tojás érzékszervi tulajdonságait kis mértékben befolyásolták, markáns eltérés a kontrollal összehasonlítva nem mutatkozott.

Az eredményeink alapján megállapítható, hogy a „Peelko”-kezelés ellensúlyozta a kezeletlen repcepogácsa tireosztatikus hatását és alkalmazása elősegíti a vizsgált olajipari melléktermék biztonságosabb felhasználását a monogasztrikus állatok takarmányozásában.

ABSTRACT

The objective of the PhD work was to apply a specific treatment procedure („Peelko”) that allows to reduce the antinutritional effect of rapeseed cake. Untreated cold-pressed rapeseed cake (R) and rapeseed cake treated with 'Peelko' supplementation (R+) were tested in fattening pigs, broilers and laying hens. Significant improvement was observed in feed conversion ratio of broiler chickens and fattening pigs fed R+ diet. The severity of thyroid gland lesions was reduced by R+ treatment. The feeding of R or R+ diet reduced the ratio of n-6/n-3 polyunsaturated fatty acids in meat samples (chicken breast and thigh, pork leg) and egg yolk. The ratio was further reduced by the addition of "Peelko". R+ successfully prevented lipid peroxidation in breast and thigh. „Peelko” supplementation was found to be effective in counteracting the thyreostatic effect of the rapeseed cake.

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

a*:	green-red axis, zöld-vörös tengely
AID:	apparent ileal digestibility, látszólagos ileálisan emészthető
AMEn:	metabolisable energy, metabolizálható energia
b*:	blue-yellow axis, kék-sárga tengely
BE:	gross energy, bruttó energia
CANola:	canadian-oil-low-acid
CGF:	corn gluten feed, kukorica glutén
CV:	coefficient of variation, átlagos eltérés
DDGS:	distillers dried grains with solubles, szárított gabonatörköly
DE:	digestible energy, emészthető energia
DHA:	docosahexaenoic acid, dokozahexaénsav
EPA:	eicosapentaenoic acid, eikozapentaénsav
EU:	European Union, Európai Unió
FMO ₃ :	flavin-containing monooxygenases gene
FVM:	Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium (Agrárminisztérium)
HDL:	high density lipoprotein, magas sűrűségű koleszterin
HPLC:	high performance liquid chromatography
ISO:	International Organization for Standardization
ITC:	isothiocyanate, izotiocianát
K:	kontroll
L*:	lightness index, világossági index
LA:	linoleic acid, linolsav
LDL:	low density lipoprotein, alacsony sűrűségű koleszterin

MDA:	malondialdehyde, malondialdehyd
MSZ:	Magyar Szabvány
MUFA:	monounsaturated fatty acid, egyszeresen telítetlen zsírsav
n-6:	omega-6 többszörösen telítetlen zsírsavak
n-3:	omega-3 többszörösen telítetlen zsírsavak
NaCl:	nátrium-klorid, só
NE:	net energy, nettó energia
OZT:	5 vinyl-1,3-oxazolidine-2-thione, oxazolidion-2-tion
Pm:	pajzsmirigy
PUFA:	polyunsaturated fatty acid, többszörösen telítetlen zsírsav
R:	receptogácsa
R+:	receptogácsa+”Peelko”-kiegészítés
SCFAs:	short-chain fatty acids, rövid szénláncú zsírsavak
SFA:	saturated fatty acid, telített zsírsav
SID:	standardized ileal digestibility, standardizált ileálisan emészthető
T ₃ :	triiodothyronine, trijód-tironin
T ₄ :	thyroxine, tiroxin
TBARS:	thiobarbituric acid reactive substances, tiobarbitursav reaktív anyagok
TG:	thyroid glands, pajzsmirigy
TMA:	trimethylamine, trimetilamin
USA:	United States of America, Amerikai Egyesült Államok

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A hús- és tojástermelés növeléséhez egyre nagyobb mennyiségű takarmányra, illetve vízre van szükség. A takarmánykeverékek iránti megugrott kereslet miatt fokozódik az igény a gyártáshoz szükséges fehérjeforrásokra is. A fehérjehordozó takarmánynövények megtermelése nehezen tud lépést tartani a kereslettel. A szántóterületek csökkenése, a globális klímaváltozás, az édesvíz hiánya, továbbá a magas patogenitású madárinfluenza, illetve afrikai sertéspestis terjedése mind megnehezíti a növekvő fehérjeigény kielégítését. Ebben az összefüggésben érdemes alternatív és fenntartható fehérjeforrásokat alkalmazni, amelyek hozzájárulhatnak a globális élelmezésbiztonsághoz (*Slimen és mtsai, 2023*).

A monogasztrikus állatok keveréktakarmányaiban a fő fehérjehordozó alapanyag az extrahált szójadara. A hazai állatállomány takarmányához a szójaigény töredékét tudjuk megtermelni, importra szorulunk (*Popp és mtsai, 2018*). Az extrahált szójadara takarmányokban való részleges helyettesítésének igényét különböző fehérjehordozókkal elsősorban a takarmányköltségek csökkentése hívta életre (*Popp és mtsai, 2015*). Az alternatív fehérjehordozók alkalmazása olyan országok számára jelentős szempont, amelyek éghajlati adottságukat tekintve nem, vagy csak kis mennyiségben képesek szójatermesztésre (*Chiang és mtsai, 2010; Kralovánszky, 2012; Nega és Woldes, 2018*). A repcemag olajipari feldolgozásakor a melléktermékként nagy mennyiségben keletkező hidegen sajtolt repcepogácsa lehetőséget nyújt egyrészt a környezeti fenntarthatóság és a környezetbarát koncepció előmozdításában, másrészt egy olcsóbb és értékes takarmány-alapanyag, amely csökkentheti a

szójadarától való függőséget (*Wengerska és mtsai, 2022; Rakita és mtsai, 2023*).

Az olajnövények, ezen belül a repce, mint lehetséges fehérjehordozó előre törésében meghatározó szerepet játszott, hogy a repcemag az elmúlt 20 évben a biodízel előállítás elsődleges alapanyagát képezte az EU-ban (*Tikász, 2014; Carré és Pouzet, 2014; Golebiewska és mtsai, 2022*). A biodízel-előállítás során a repcemagból az olajat préssel, hideg (50-70°C-on) vagy meleg (100-150°C-on) sajtolási eljárással nyerik ki. Így melléktermékként repcepogácsa keletkezik. Az olajpogácsában maradt olajat egy további művelettel, az extrakcióval vonják ki. A folyamat végén kapjuk meg az extrahált repcedarát (*Baker és mtsai, 2020*).

A repcealapú melléktermékek táplálékanyag-tartalmát, valamint azok emészthetőségét nagymértékben befolyásolja a repcemag minősége és a feldolgozás módja (*Drazbo és mtsai, 2018; Olukomaiya és mtsai, 2020*). A repcében több antinutritív összetevő is előfordul. A goitrogén (golyvaképző) hatású glükoszínolátok másodlagos jódhányt okoznak a szervezetben (*Tripathi és Mishra, 2007*). A növénynevelők előállítottak olyan úgynevezett dupla nullás repcefajtákat melyekben jelentősen csökkentették az antinutritív anyagok mennyiségét. Az élelmiszeriparban valamint takarmányozás céljára kizárólag olyan repce használható, melyben az erukasavtartalom az összes olajtartalomnak kevesebb, mint 2%-a, a glükoszínolátok mennyisége pedig kevesebb mint 20 µmol/g (*Radfar és mtsai, 2017*).

A repcepogácsa jelentős mennyiségű fehérjét tartalmaz, kéntartalmú aminosavakban gazdag. Nagyobb olajtartalmának köszönhetően jobb energiaforrás, mint az olaj extrakciója után visszamaradó extrahált repcedara (*Hayder, 2018*). Hátránya a szójával/szójadarával szemben,

hogy lizinből kevesebbet tartalmaz. Ezt mindenképp figyelembe kell venni, mivel lizinkiegészítés hiányában romlanak a termelési mutatók (súlygyarapodás, takarmányértékesítés) (*Swiatkiewicz és mtsai, 2010*). A duplanullás repce olaja nagy mennyiségben tartalmaz telítetlen zsírsavakat (olajsav C18:1, linolsav C18:2n-6, linolénsav C18:3n-3), a telített zsírsavak (palmitinsav C16:0, sztearinsav C18:0) aránya alacsony (*Szydlowska-Czerniak és mtsai, 2021*). A többszörösen telítetlen zsírsavak nagyobb részaránya rontja az oxidatív stabilitást (*Heszky, 2007*), ezáltal a végtermék eltarthatóságának ideje csökkenhet. A repcepogácsa alkalmazásakor erre tekintettel kell lenni.

A szójafehérje repcével való helyettesítésekor célszerű olyan repcekezelési eljárást választani, amely alternatívát szolgáltat ahhoz, hogy a repce és melléktermékeinek alkalmazásával a szója minél nagyobb mértékben kiváltható legyen. A PhD disszertációban egy ilyen lehetséges kezelési eljárást és annak hatását tanulmányoztam komplex vizsgálati elrendezésben. A kutatások főbb célkitűzését a következő fejezetben ismertetem.

1.1. AZ ÉRTEKEZÉS CÉLKITŰZÉSEI

Célul tűztük ki olyan egyedi kezelési eljárás alkalmazását, amely hatásmechanizmusán keresztül lehetővé teszi a repce melléktermékben esetlegesen még jelenlévő antinutritív hatás csökkentését. A vizsgált téma aktualitását és újdonságtartalmát az importált fehérjeforrások (pl. extrahált szójadara) részarányának csökkentése, illetve a repcedara/-pogácsa antinutritív anyagainak mérséklésére kidolgozott kezelés („Peelko” takarmány adalékanyag, M1101164 azonosítószámú védjegy, gyártó: ROP Kft., Magyarország) adja.

A gazdasági haszonállatok takarmányozásában a repcealapú termékek alkalmazása folyamatos növekedést mutatott az elmúlt években. A PhD kutatás vizsgálatai komplex megközelítésben több hasznosítási irányt (hízósertés, brojlercsirke, tojótyúk) is átfognak. Ennek célja, hogy minél pontosabban meghatározhassuk a natúr, illetve a „Peelko”-kiegészítéssel kezelt repcepogácsa monogasztrikus állatok takarmányozásában való felhasználását.

A doktori munkám vizsgálatai az alábbi kérdések megválaszolására irányultak:

1. Igazolható-e a kezelés hatékonysága élettani vizsgálatok segítségével?
2. A natúr, illetve „Peelko”-kiegészítéssel kezelt, hidegen sajtolt repcepogácsa felhasználásával készített takarmány befolyásolja-e a brojlercsirke, a sertés, illetve a tojótyúk pajzsmirigyműködését?
3. A natúr, illetve „Peelko”-kiegészítéssel kezelt, hidegen sajtolt repcepogácsa alkalmazása milyen hatást gyakorol az állatok termelési paramétereire, az állati termékek (csirkehús, serteshús, tojás) minőségére (táplálóanyag-tartalom, zsírsavösszetétel), a hús

eltarthatóságára (lipidperoxidációra utaló malondialdehid koncentráció), illetve a hús/tojás érzékszervi (organoleptikus) tulajdonságaira?

A kutatómunka eredményei iránymutató adatokat szolgáltathatnak a gyakorlat számára a kezeletlen, illetve kezelt repce megfelelő bekeverési arányáról. Így segíthetjük a natúr, illetve „Peelko”-kiegészítéssel kezelt repce biztonságos felhasználását a monogasztrikus állatfajok (sertés, brojlercsirke és tojótyúk) takarmányozásában.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A BIOÜZEMANYAG-ELŐÁLLÍTÁS MELLÉKTERMÉKEI

A bioüzemanyag-előállítás alapanyaga a bioetanol-gyártáshoz a nagy keményítő- és cukortartalmú növények (elsősorban kukorica és cukornád), míg a biodízel-gyártásban olajnövényeket alkalmaznak (elsősorban repcét és szóját) (*Oláh és Popp, 2022*).

A bioüzemanyag-előállítás egyik lehetséges terméke a bioetanol (*Osman és mtsai, 2021*). A globális etanoltermelés mintegy 80%-a bioüzemanyagként kerül felhasználásra, a fennmaradó részből szeszessital és ipari alkohol készül. Az üzemanyagcélú-etanolgyártás alapanyagának közel 55%-át kukorica, 34%-át cukornád, 6%-át melasz, 3,5%-át búza és 1,5%-át egyéb nyersanyag képezi (*Popp és mtsai, 2010*).

Az üzemanyagcélú-bioetanol legnagyobb előállítója az Amerikai Egyesült Államok (USA) (51 milliárd liter) és Brazília (21 milliárd liter), vagyis a két ország együttesen a globális termelés 80%-át teszi ki, míg az EU a harmadik legjelentősebb termelő 4,3 milliárd liter bioetanol-kibocsátással (*Popp, 2013*).

Az etanolgyártás során az alkohol előállítása történhet cukor kivonásával és fermentációval, keményítő hidrolízisével és fermentációval vagy cellulóz hidrolízisével és fermentációval (Somogyi, 2012).

A jelenleg alkalmazott legnépszerűbb eljárás a keményítő hidrolízisén és fermentációján alapul, amelyen belül megkülönböztethető a száraz-örléses és a nedves-örléses etanolgyártás. A száraz örléses bioetanolgyártás során minden 100 kg kukoricából 30-32 kg etanol, 30 kg CO₂ és 29 kg szárított gabonatörköly (DDGS) keletkezik. Az eljárás során a desztilláció utáni cefremaradványt centrifugálással és/vagy bepárlással nyerik ki (Sakib és Haque, 2024). A nedves örléses eljárással gyártott bioetanol technológiájának alkalmazásakor 100 kg kukoricából 29 kg etanol, 20 kg kukoricaglutén (CGF), 5 kg kukoricahej, 3 kg kukoricacsíra nyerhető (Sipos, 2014).

A DDGS táplálóanyag-tartalmát tekintve fehérjében, energiában és ásványianyagokban gazdag melléktermék (Böttger és Südekum, 2018). A szárítás során azonban a hőhatás jelentősen ronthat a termék nyersfehérje-tartalmának emészthetőségén. A CGF táplálóanyag-tartalmát leginkább a korpa és az áztatófolyadék aránya határozza meg (Mézses, 2018). A kukoricaglutén felhasználását korlátozó tényezők közül a nyersfehérje-tartalom és az aminosav-profil a leglényegesebbek (De Godoy és mtsai, 2009). Mindkét melléktermék konzisztenciája, illetve minősége (táplálóanyag-tartalom) a takarmányban való felhasználás eredményességét közvetlenül befolyásolja (Révész, 2021). A DDGS és CGF ára alapvetően a kukoricáéhoz köthető, azonban figyelembe véve azt a ténytet, hogy a takarmányozáshoz használt DDGS és CGF a szója részleges helyettesítésére is használható, a DDGS és CGF árát a szójadara mindenkori árának alakulása is befolyásolja (Abudabos és mtsai, 2021).

A biodízel előállítása jellemzően két lépcsőre tagolódik: növényolaj-előállításra és átészterezésre (Musharavati és mtsai, 2023). 1 tonna repcére vetítve a növényolaj-előállítás során 420 kg olaj és 540 kg dara keletkezik (43% olajtartalommal számolva) (Jobbágy, 2013). A hidraulikus préselés eredménye az olajpogácsa, amelyből zsírdúsítóval végzett extrakciót követően extrahált dara nyerhető (Schmidt, 2003) (1. ábra).



1. ábra. Biodízel-előállítás folyamatai és a takarmányozásban felhasználható melléktermékei (Hajdú, 2006)

Az olaj kinyerése hideg sajtolási eljárással egy horizontális csavarprés segítségével egy menetben, gőzhasználat nélkül történik, amely 50–70%-os olajextrakciót eredményez (Kaldmae és mtsai, 2010). A sajtolás során a hőmérséklet az 50–60°C-ot éri el (Pál és mtsai, 2011). A mechanikai

olajkinyerés az ún. expeller-előállítás is. Ebben az esetben a préselést megelőzően az alapanyag hőmérsékletét gőz alkalmazásával 110–115°C-ra emelik, majd egyszeri vagy többszöri préselést követően nyerik ki az olaj 75%-át (*Cakaloglu és mtsai, 2018*).

A száraz extrudálással összekapcsolt technológia során a pogácsát extrudálják 120-130°C-on, 20 másodpercig, majd újból kipréselik (*Agwa és mtsai, 2023*). A préselés során kb. 62-70 kg repcepogácsa keletkezik 100 kg repcemagból. Az olajpogácsából extrakcióval további olajkivonás lehetséges, amelyet követően extrahált repcedarát kapunk. A nyersolaj (30-38 kg) észterképzési folyamat során válik felhasználhatóvá (biodízel 28-36 kg). Egy molekula triglicerid (zsír vagy olaj) lép reakcióba metanollal katalizátor jelenlétében, amely folyamat eredményeként metilészterkeverék (az ún. biodízel) és glicerin (3-4 kg 100 kg repceből) keletkezik (*Fébel, 2018; Zieniuk és mtsai, 2020*).

Az 1. táblázatban a biodízel gyártása során képződött melléktermékek, az extrahált repcedara, repcepogácsa, valamint az etanolgyártás során keletkezett DDGS és főként a keményítőgyártásból származó CGF (*De Corato és Viola, 2023*) táplálóanyag-tartalma hasonlítható össze.

1. táblázat A biodízel és a bioetanol előállítása során keletkező melléktermékek táplálóanyag-tartalma (%)

Paraméterek	Szójadara	Repcedara	Repcepogácsa	DDGS	CGF
Szárazanyag	90,00	88,87	91,32	92,76	89,54
Nyersfehérje	45,90	32,80	31,87	28,48	19,06
Nyerszsír	2,10	1,90	11,64	12,37	2,33
Nyersrost	5,00	13,15	11,06	6,05	7,22
Nyershamu	6,20	6,76	5,93	4,71	5,05

(*Fébel, 2018*)

2.2. A REPCEALAPÚ MELLÉKTERMÉKEK TAKARMÁNYOZÁSI SZEMPONTBÓL FONTOS TÁPLÁLÓANYAGAI

A repcedara fontos fehérjehordozó alapanyag, mivel nyersfehérje-tartalma átlag 35-40% (2. és 3. táblázat). A repcedara és -pogácsa nyersfehérje-tartalmát a repce típusa, termesztési helye, rosttartalma stb. befolyásolja (Theodoridou és Yu, 2013). Radfar és mtsai (2017) vizsgálatai szerint a sárga magvú *Brassica juncea*-ból előállított dara nyersfehérje-tartalma nagyobb, mint a fekete magvú *Brassica napus canola*-é. Slominski és mtsai (2012) negatív korrelációt írtak le a dara nyersfehérje- illetve rosttartartalma között ($P < 0,05$).

A repcedara és -pogácsa nyersfehérje-tartalmának látszólagos emészthetősége kisebb a szójadarával összehasonlítva (Nega és Woldes, 2018).

2. táblázat Az extrahált szójadara, a repcedara és a repcepogácsa kémiai összetétele és energiatartalma

Paraméterek	Szójadara	Repcedara	Repcepogácsa
Nyersfehérje (g/kg)	450-485	380-400	290-320
Lizin (g/kg)	33	22	20
Metionin (g/kg)	7	7	7
Nyerszsír (g/kg)	10	30-40	100-150
Nyersrost (g/kg)	35-50	110-130	90-110
Lignin (g/kg)	10	80	80
Keményítő (g/kg)	160	140	110
DE (MJ/kg) ¹	16,4	13,3	15,0
AME _n (MJ/kg) ²	12,0	8,4	10,2

¹DE= emészthető energiatartalom; ²AME_n= zéró (0) N-visszatartásra korrigált, látszólagos metabolizálható energiatartalom

(Magyar Takarmánykódex, 2004)

A repcedara, illetve –pogácsa kisebb nyersfehérje-tartalma következtében az aminosavak abszolút mennyisége, a metionin kivételével, nem éri el az extrahált szójadarában mért értékeket (3. táblázat).

3. táblázat Az extrahált szójadara, a repcedara és a repcepogácsa esszenciális aminosavtartalma a nyersfehérje %-ában

Paraméterek	Szójadara	Repcedara	Repcepogácsa
Nyersfehérje	43,8	38,60	35,70
Arginin	3,49	1,83	1,82
Hisztidin	1,21	0,86	0,83
Izoleucin	2,15	1,29	1,24
Leucin	3,66	2,34	2,26
Lizin	2,99	1,30	1,33
Metionin	0,60	0,63	0,60
Fenilalanin	2,35	1,45	1,35
Treonin	1,89	1,49	1,40
Triptofán	0,66	0,43	0,42
Valin	2,24	1,74	1,62

(Banaszkiewicz, 2011; Feng és Zuo, 2015)

Amennyiben azonban 1 egység extrahált szójadarát 1,3–1,4 egység repcepogácsával helyettesítünk, úgy metioninben, cisztinben és treoninban gazdagabb keveréket kapunk (Kakuk és Schmidt, 1988; Rakita és mtsai, 2023). A szójadara kiváltásakor, a repcedara aminosavainak kisebb ileális emészthetősége miatt, különösen fontos az összes aminosav helyett a különböző korú és hasznosítási irányú sertés, illetve baromfifélék takarmányreceptúra összeállításakor a standardizált ileálisan emészthető aminosav mennyiségét (SID, Standardized Ileal Digestibility) figyelembe venni (Fébel, 2018). A szója lizinben gazdag takarmány, amely a repcével

együtt etetve nagyon jól kiegészítik egymás aminosav-garnitúráját (Salazar-Villanea és mtsai, 2016; Cheng és mtsai, 2022).

A repce típusa, a szennyezőanyag-tartalom, a feldolgozási technológia, a különböző termőterületek ültetési körülményei (éghajlat) és egyéb tényezők egyaránt befolyásolhatják a repceből előállított melléktermék beltartalmi értékeit (Adewole és mtsai, 2016). A repcemag préselése után a repcepogácsában még jelentős mennyiségű olaj marad, amit a nyerszsírtartalom viszonylag nagy értéke (100–150 g/kg) mutat (2. táblázat). A hidegen préselt repce nyerszsírtartalma megközelítően 120–130 g/kg, míg a nagyobb hőmérsékleten és nyomással préselt repce esetén 100–150 g/kg (Orosz és Tóth, 2010). Theodoridou és Yu (2012) kutatásai szerint a barna magvú *Brassica napus*-ból készült repcepogácsa nyerszsírtartalma jól lehet nagyobb, mint a sárga magvú *Brassica juncea*-é és *Brassica napus*-é, azonban a nyersfehérje jobb emészthetősége (vékonybéli) és a kisebb rosttartalom miatt a sárga magvú repce alkalmazása eredményezhet kedvezőbb minőségű alapanyagot a gazdasági haszonállatok takarmányozásában.

A duplanullás változatú repce olaja nagy mennyiségben tartalmaz telítetlen zsírsavakat (olajsav C18:1(9), linolsav C18:2 (9,12), linolénsav C18:3 (9,12,15), míg a telített zsírsavak (palmitinsav C16:0, sztearinsav C18:0) aránya kicsi. A többszörösen telítetlen zsírsavak viszonylag nagy aránya rontja az oxidatív stabilitást. Ennek megelőzésére az élelmiszeriparban a repceolajat hidrogénezéssel stabilizálják. A zsírsavak átalakítása előnytelen hatású transz-izomerek képződésével jár (Danthine és mtsai, 2022). A transz-izomerek ugyanis növelik a vérben az LDL-koleszterin-szintet (Low Density Lipoprotein) és csökkentik a HDL-koleszterin-szintet (High Density Lipoprotein). A vérben lévő nagyobb

LDL-koleszterin-szint (2 mmol/l felett) és a kisebb HDL-koleszterintartalom (0,9 mmol/l >HDL< 5,2 mmol/l) növeli a szív- és érrendszeri megbetegedések (pl. érelmeszesedés) kialakulásának valószínűségét (Brouwer és mtsai, 2010; Wang és mtsai, 2024). A növénynemesítési eljárásokkal igyekeznek a repcemagban az olajsav-tartalmat további növelni, illetve kisebb linolsav és linolénsav arányt elérni. Ez ugyanis lehetővé tenné a hidrogénezési folyamat alkalmazásának csökkentését, illetve elhagyását (Heszky, 2007; Delgado és Kleber, 2019).

4. táblázat Extrahált repcedara és repcepogácsa zsírsavösszetétele

Paraméterek	Extrahált repcedara		Hidegen sajtolt repcepogácsa	
	mg/g	%	mg/g	%
Zsírsavak				
C12:0 (Laurinsav)	0,01	0,05	-	-
C14:0 (Mirisztinsav)	0,07	0,34	0,14	0,14
C15:0 (Pentadekánsav)	0,04	0,19	0,07	0,07
C16:0 (Palmitinsav)	2,33	11,89	7,20	7,25
C16:1 (Palmitoleinsav)	0,34	1,73	0,69	0,70
C17:0 (Heptadekánsav)	0,03	0,17	0,09	0,09
C18:0 (Sztearinsav)	0,35	1,77	1,88	1,89
C18:1n-9c (Olajsav)	7,20	36,69	45,99	46,27
C18:2n-6c (Linolsav)	7,47	38,05	30,15	30,33
C18:3n-3 (α -Linolénsav)	1,58	8,04	11,34	11,40
C20:0 (Arachidsav)	0,09	0,46	0,61	0,62
C20:1n-9 (Eikozénsav)	0,09	0,48	1,13	1,14
C20:2n-6 (Eikozadiénsav)	0,01	0,05	0,07	0,07
C22:1 (Erukasav)	0,02	0,09	0,05	0,05
Összes zsírsav (mg/g)	19,62		99,41	
Nyerszsír (g/kg)	19,00		116,4	

(Fébel, 2018)

Az olajkinyerés során keletkező melléktermékek, az extrahált repcedara és a repcepogácsa mért zsírsavösszetételének adataiból (4. táblázat) kitűnik, hogy az extrahált repce olajsavtartalma (C18:1n-9c), linolsavtartalma (C18:2n-6c), illetve α -linolénsav-tartalma (C18:3n-3) kisebb a repcepogácsával összehasonlítva, ami a technológia során a repcepogácsában visszamaradt nagyobb olajtartalom eredménye (Schmidt, 2003).

A repcedara és -pogácsa viszonylag gazdag ásványi anyagokban (5. táblázat), beleértve a kalciumot, foszfort, káliumot, vasat és cinket (Beyzi és mtsai, 2019; Kolláthová és mtsai, 2019).

5. táblázat A szója- és repcepogácsa makro- és mikroelem-tartalmának összehasonlítása

Paraméterek	Szójapogácsa	Repcepogácsa
Kalcium (g/kg szárazanyag)	3,49	6,63
Foszfor (g/kg szárazanyag)	6,08	12,23
Magnézium (g/kg szárazanyag)	2,09	4,08
Nátrium (g/kg szárazanyag)	0,23	0,18
Kálium (g/kg szárazanyag)	20,47	13,81
Réz (mg/kg szárazanyag)	14,68	8,90
Vas (mg/kg szárazanyag)	88,97	107,94
Mangán (mg/kg szárazanyag)	25,62	54,07
Cink (mg/kg szárazanyag)	44,77	52,38

(Kolláthová és mtsai, 2019)

A szójadarához képest a repcedara kalcium-és foszfortartalma nagyobb, ami viszont a vitaminösszetételét tekintve a repce nagy mennyiségben tartalmaz B-vitamint, biotint, folsavat, niacint, riboflavint, tiamint,

valamint E-vitamint (*Szydłowska-Czerniak, 2013*). Statisztikailag erős, pozitív korrelációt találtak a repceminták és a prooxidáns fémek mennyisége között, ami szinergizmusra utalhat ezen elemek együttes kapcsolatában (*Szydłowska-Czerniak és Laszewska, 2015*). Ezenkívül a repce gazdag fenolos és más bioaktív vegyületekben, mint pl. tokoferolokban és kolinban (*Vuorela és mtsai, 2004*).

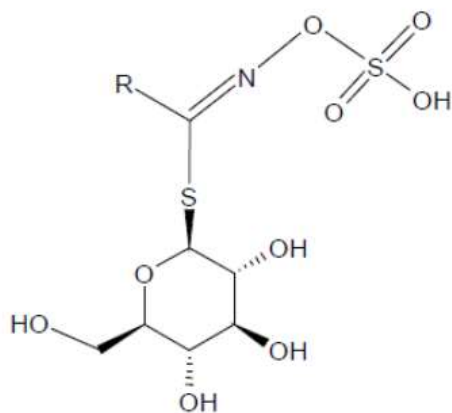
2.3. A REPCEALAPÚ MELLÉKTERMÉKEK FELHASZNÁLÁSÁT AKADÁLYOZÓ ANTINUTRITÍV VEGYÜLETEK

A repce felhasználhatóságát antinutritív hatású összetevői (erukasav, cstersav (tannin), glükozinolát (mustárolajglikozid), szinapin, fitát) korlátozzák (*Mawson és mtsai, 1994; Cheng és mtsai, 2022*).

Az erukasav, illetve trigliceridjei karcinogén hatásúak, károsítják a szívizmot, a májat és a mellékvesét (*Rudas és Frenyó, 1995*). A kis erukasav-tartalmú repcét Kanadában fejlesztették ki, innen az elnevezése: CANOLA (CANadian-Oil-Low-Acid). A tannin a növényekben lévő polifenol-származékok gyűjtőneve, amely csökkenti a fehérje emészthetőséget, valamint a fehérjeburokkal körbezárt endospermium hasznosítását is monogasztrikus állatoknál (*Schmidt, 2003; Das és mtsai, 2020*).

A repce szemtermése és vegetatív részei kéntartalmú, jellegzetes szagú mustárolaj-glikozidokat, összefoglaló néven glükozinolátokat tartalmaznak (2. ábra). Nevüket onnan kapták, hogy hatóanyaguk béta-glikozid kötéssel kapcsolódik egy, vagy több monoszacharid molekulához. Ma már több mint ötven ismert glükozinolátot tartanak számon (*Yan és Chen, 2007; Vermeulen, 2009*). Valamennyi glükozinolátra jellemző, hogy gátolják a jódbéépülését a tiroxin pajzsmirigyhormonba (*Pasko és mtsai,*

2018; Goyal és mtsai, 2021), valamint károsítják a máj és vese működését (Kállai és Kralovánszky, 1978; Lee és mtsai, 2020).



2. ábra A glükozinolát általános szerkezete, R változó oldallánc (Wittstock és Halkier, 2002; Golebiewska és mtsai, 2022)

A repcemagban található glükozinolátok és az azt bontó mirozináz (tioglükozid glükohidroláz EC 3.2.3.1) egymástól elkülönülve, külön sejtterekben helyezkednek el (Maskell és Smithard, 1994). Az előkészítő eljárásokkal (darálás, pépesítés, áztatás) a sejtfalak sérülnek, az enzim és a glükozinolátok kölcsönhatásba léphetnek. Az enzim hidrolízis hatására a pajzsmirigy működését károsan befolyásoló vegyületek (izotiocianát, goitrin, nitrilek, tiocianát) képződnek (Goyal és mtsai, 2021). A repce feldolgozás során alkalmazott eljárások, mint a hőkezelés azonban a hőérzékeny mirozináz inaktiválását eredményezi (Schmidt, 2003). A glükozinolátok takarmányban való előfordulásának minimalizálására azért van szükség, mert egészségkárosító metabolitjaik goitrogén, mutagén,

hepatoxikus és nefrotoxikus hatásúak az állat szervezetében (*Tripathi és Mishra, 2007*). Ugyanazt a kiindulási alapanyagot feltételezve, a kezelési technológia a repcepogácsában kisebb, az extrahált repcedarában viszont nagyobb glükozinoláttartalmat hoz létre (*Rymer és Short, 2003*). A duplanullás repceből készült repcepogácsában a glükozinolát koncentrációja 18,5 mmol/kg szárazanyag, míg az extrahált repcedarában mintegy 30 mmol/kg szárazanyag volt (*Schöne és mtsai, 1996; Hill, 2003*).

A repce szinapintartalma is antinutritív hatású. A repceből kb. 1% mennyiségben található szinapin lebontása során keletkező trimetilamin tehető felelőssé a barna héjú tojást termelő tyúkok tojásában megjelenő halszagért (*Tripathi és Mishra, 2007*).

A glükozinolátok és szinapin mellett számolni kell a fitáttartalommal. A fitinsav (mioinozitol-hexafoszforsav) a foszfor raktározott formája a gabonákban, hüvelyesekben, diófélékben és olajos magvakban (*Jacela és mtsai, 2010*). A fitinsav fehérjékkel és számos ásványi anyaggal (Zn, Ca és Fe) oldhatatlan komplexeket képez. Ez a kölcsönhatás megváltoztathatja a fehérje szerkezetét és a fehérje oldhatóságát, ami az állat bélrendszerében gátolja a felszívódást (*Nissar és mtsai, 2017*). A fitáz hatására felszabaduló fehérjék stimulálják azon bélbaktériumok aktivitását, amelynek eredményeképpen a glükozinolátok hidrolízise toxikus vegyületek felszabadulásához vezet (*Smulikowska és mtsai, 2010*).

A repcepogácsa, illetve az extrahált repcedara felhasználhatóságát nyersrosttartalmuk is korlátozza, mindkettő kétszer-háromszor annyit tartalmaz, mint az extrahált szójadara (*Hansen és mtsai, 2017*). A rostos belüli lignintartalom nagyobb, mintegy nyolcszorosa a repcepogácsában és az extrahált repcedarában is, a szójadarához viszonyítva. A lignin nagymértékben rontja a cellulóz bakteriális lebonthatóságát. A nagyobb

nyersrosttartalom, ezen belül a lignin, sertésben, illetve baromfifélékben megakadályozza a táplálóanyagok (szerves anyag, nyersfehérje, aminosavak, nitrogénmentes kivonható anyag) hozzáférhetőségét a bélcsatornában, így jelentősen csökkenti azok látszólagos emészthetőségét (Cheng és mtsai, 2022).

Az antinutritív hatású anyagok összességében rontják a takarmány ízletességét, az emészthetőséget és nagyobb mennyiségben károsak a létfontosságú szervek állapotára is. Ebből következően a gazdasági állatok takarmányozásában a repceből készült melléktermékek felhasználásához, a termelési mutatók valamint az anyagforgalmi paraméterek romlásának megelőzése érdekében elengedhetetlen azok kezelése (Nega és Woldes, 2018; Cheng és mtsai, 2022; Golebiewska és mtsai, 2022).

2.4. REPCEKEZELÉSI ELJÁRÁSOK

2.4.1. NÖVÉNYNEMESÍTÉS

A növénynemesítés során az első lépés az antinutritív hatású anyagok csökkentésére, a „0” (nullás) változatú repcemag kinemesítése volt. Az erukasav mennyisége 50%-ról 1% alá csökkent, Kanadában és Nyugat-Európában gyorsan elterjedt használata (Shahidi, 1990). Ezt követően a „00” (duplanullás), vagy CANola repce nemesítésére került sor, ami a csökkentett erukasav-mennyiségen túl, glükozinolát-tartalomban is kisebb volt, mint az addig alkalmazott repcefajták, hibridek. Glükozinolát-tartalma 100 $\mu\text{mol/g}$ -ról 18 $\mu\text{mol/g}$ alá csökkent (Ewing, 1997). A duplanullás repcét a „000” (triplanullás) és „0000” (tetranullás) változatok követték, amelyekben kisebb a nyersrosttartalom a korábbi köztermesztésű fajtákhoz viszonyítva (Mailer és mtsai, 2008). A tripla-, és tetranullás változatok 20-30%-kal kevesebb nyersrostot, illetve 50%-kal

kisebb mennyiségű lignint tartalmaznak (Slominski és mtsai, 2012; Yahbi és mtsai, 2024) (6. táblázat).

6. táblázat **Különböző nemesített repcefajták összehasonlítása**

Nemesítés	Olaj erukasav-tartalom (%)	Mag olajtartalom (%)	Mag glükozinolát-tartalom ($\mu\text{mol/g}$)
Nagy erukasav	48-52	45-47	90-140
Duplanullás	2>	42-44	20-30
Triplanullás	0,5>	42-44	20>
Tetranullás	nyomokban	45<	10>

(Hoffmann, 2011)

Jelenleg a hazai gyakorlatban alkalmazott duplanullás repcefajták olajminősége tekinthető a legkedvezőbbnek az itthon termesztett olajnövények közül, mind élelmiszer (étolaj), mind hajtóanyag célú (biodízel) felhasználáshoz (Tóth és mtsai, 2014). A nemesítés spontán és indukált mutációval, mutánsok szelekciójával és mutációs nemesítéssel próbál olyan fajtákat előállítani, melyekben az olaj zsírsav-összetétele megfelel a kívánalmaknak (Falusi és mtsai, 2013). A nemesítés biotechnológiai úton transzgenikus fajták előállításával kívánja az élelmiszeripar, illetve a biodízel-előállítás követelményeit teljesíteni. Az élelmiszer célú módosítások elsődleges célja (*in vitro* nemesítéssel) olyan olajrepce fajták előállítása, amelyekben a telített zsírsavak aránya 4% alatt van (jelenleg a köztermesztésű fajtákban lévő telített zsírsavak aránya 7% alatti) (Heszky, 2007). A nemesítés minőségi követelményei az olajtartalom növelése (jelenleg 42-47%, cél 45-50%, az erukasav-mentesség (0,1%), mérsékelt glükozinolát-tartalom (25 $\mu\text{mol/g}$ alatt), kicsi

tannin-tartalom, illetve kedvezőbb zsírsav-összetétel elérése (*Hoffmann, 2011*).

Az USA-ban köztermesztésbe került a Monsanto (Calgene) két szabadalmaztatott génkonstrukciója (LauricalTMCanola névvel), amelyek laurinsav-tartalma elérte a 45%-ot. Az új zsírsav megjelenése a repceolajban nem okozott negatív hatást a repce növekedésére, fejlődésére és termőképességére (*Ton és mtsai, 2020*). Az Európai Unióban a GM növények felhasználása jogilag szabályozott, Magyarország pedig moratóriumot hirdetett e növények termesztésére (*Vértes, 2010*). A magyar nemesítési munka az olajsavtartalom növelésére irányul, amely elsősorban a repceolaj hidrogénezésének csökkentését, ezáltal a transzszírsavak keletkezésének megakadályozását vonja maga után, másodsorban hasznos a biodízel célú felhasználásnál az üzemanyag cetánszáma, stabilitása, illetve a hőmérséklettel szembeni ellenállása szempontjából. A GK TRENDI HO nevű repcefajta 74% olajsavat tartalmaz, 2011-ben kapott állami minősítést hazánkban (*Falusi és mtsai, 2013*).

2.4.2. FIZIKAI KEZELÉSEK

A hőkezelés csökkenti a repcedara glükozinolát-tartalmát. Hidrotermikus eljárásnál gőzzel, vagy víz hozzáadásával történik a kezelés. A száraz termikus módszernél a hőn kívül nem alkalmaznak más segédanyagot. Előbbihez tartozik pl. a tósztolás, míg a száraz termikus eljárásoknál a mikronizálást, a mikrohullámú kezelést vagy a száraz extrudálást alkalmazzák (*Paya és mtsai, 2022*). Összehasonlítva a két különböző típusú hőkezelést, a nedves közegben végzett változat hatékonyabb a glükozinolát mennyiségének csökkentése szempontjából,

mint a száraz, függően a kezelt repce fajtájától/hibridjétől a hevítési idő hosszától, illetve a hevítési hőmérséklettől. Hidrotermikus eljárással 630-950 $\mu\text{mol}/\text{mmol}$ a teljes glükozinolát mennyiségének (63-95%) bontása. 100°C-on 30 másodpercig történő hőkezelés 50%-kal csökkenti a glükozinolát mennyiségét a fehérje minőségének befolyásolása nélkül (Wang és mtsai, 2018). Alapvetően a magvak termikus (száraz) és hidrotermikus kezelése kedvező hatással van takarmányozási értékükre, ami egy összetett hatásmechanizmusra vezethető vissza. Abban ugyanis egyaránt szerepet játszanak a fizikai változások hatására létrejövő kémiai folyamatok, valamint az ezeket kísérő egyéb hatások (pl. a mikrobiológiai állapot javulása). Jeroch és mtsai (1999) kísérletében hidrotermikus úton kezelt repcedarát alkalmazott, amelynek szinapintartalma 6152 mg/kg-ról 50 mg/kg-ra csökkent az eljárásnak köszönhetően, míg glükozinoláttartalma 13,8 mmol/kg-ról 1,4 mmol/kg-ra.

A repcedara héjtalanítását és zsirtalanítását követő 30 másodpercig tartó tósztolás (gőzös hőközlés 115-120°C-on, 14-20 másodpercig) 17%-kal csökkenti a darában lévő szinapin-tartalmat (Salazar-Villanea és mtsai, 2016).

A mikronizálás módszerével infravörös generátorok közvetlenül hevítik az egyenletes hatás érdekében egyrétegben elterített magvakat, amelyekben a meginduló hőtermelő molekuláris rezgés hatására a víztartalom gőzzé válva felrobbantja a magot (Schmidt, 2003). Az eljárás (195°C-on 90 másodpercig tartó mikronizálás) a repcedara teljes glükozinoláttartalmát 370 $\mu\text{mol}/\text{mmol}$ mennyiségben képes csökkenteni (Fenwick és mtsai, 1986).

A 2450 MHz-en történő, 2,5 másodpercig tartó mikrohullámú kezelés 70-254 $\mu\text{mol}/\text{mmol}$ glükozinolát bomlást eredményez. A bomlás

fokozható nagyobb nedvesség-tartalommal, a mikrohullámú sugárzás idejének növelésével és a hőmérséklet emelésével (*Zhang és mtsai, 2023*). A préselés vagy sajtolás a repcemag olajtartalmának kinyeréséhez alkalmazott fizikai kezelés, amely során a visszamaradó mellékterméket repcepogácsának nevezzük (*Orosz és Tóth, 2010*). Két különböző eljárást különböztetünk meg, az alacsony hőfokon történő hidegen préselés (50-70°C) módszerét, illetve a nagyobb hőfokon (100-150°C) történő meleg sajtolás (*Baker és mtsai, 2022*).

A száraz extrudálás mechanikus erőhatással, magas hőmérsékleten (110-140°C-on) 110-120 bar nyomás mellett történik. A repcedara száraz extrudálása a teljes glükozinolát-tartalom csökkenéséhez (193-428 µmol/mmol) vezet (*Fenwick és mtsai, 1986; Martin és mtsai, 2021*).

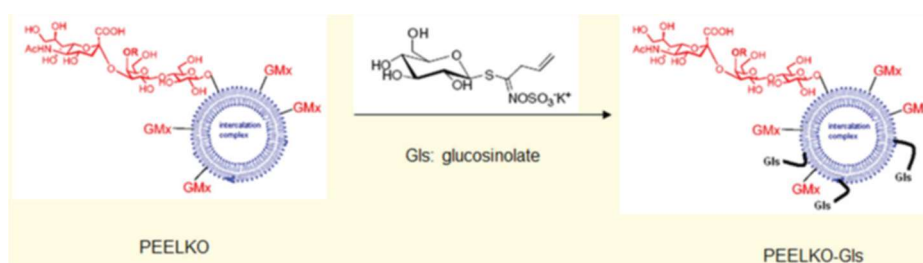
2.4.3. KÉMIAI KEZELÉSEK

Az extrahálás a legismertebb olyan kémiai eljárás, ami a repcedara szinapintartalmát csökkenti jelentősen (*Rymer és Short, 2003*). A feldolgozás során alkalmazott oldószer többek között etanolt, karbinolt, acetont és vizet tartalmaz, amelyek csökkentik a glükozinolát molekulatömegét (*Feng és Zuo, 2007*). A metanol-ammónia-víz/hexán extrakció módszerével a repcedara glükozinolát-tartalma 1,6 µmol/g-ra, fenoltartalma 5 mg/g-ra (*Naczk és mtsai, 1992; Von der Haar és mtsai, 2014*) csökkenthető.

Ammóniakezeléssel az olajdara fenolvegyületei mérsékelhetők, amely vagy gázosítással, vagy alkoholos megoldással történik (*Naczk és mtsai, 1998*). *McGregor és mtsai (1983)* gáz-ammonizációval kezelték a kísérletünkben alkalmazott *Brassica juncea* darát, amelynél a kezelés hatására a szinapin-tartalom 74%-át távolították el. Az etanolos ammónia-

módszerrel (0,2 M) a „Candle” és „Tower” típusú canola repcedarokban lévő fenolvegyületek mennyisége 82, illetve 39%-kal csökkent (Higgs és mtsai, 1982).

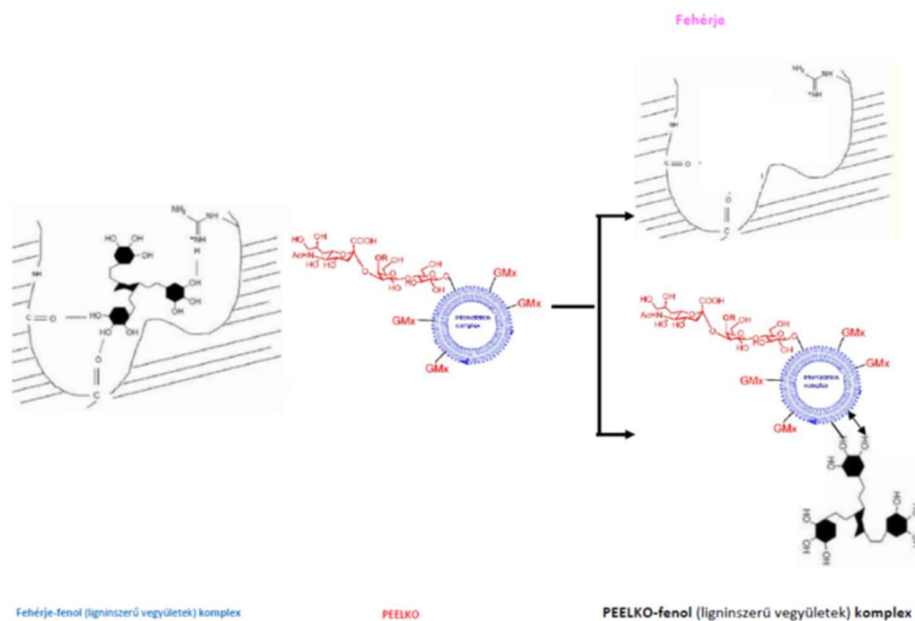
A doktori munkámban alkalmazott „Peelko” takarmánykiegészítő a repcedara vagy repcepogácsa antinutritív anyagait (glükozinolátokat, tanninokat stb.) kémiai átalakítja (3. ábra), a képződött vegyület pedig kisebb mértékben szívódik fel. A kémiai előállítás lényege, hogy a hidegen vagy melegen préselt repcepogácsát, vagy extrahált repcedarát Al, Ca, vagy Mg elemek reaktív anionnal képzett sóját és polimerekkel alkotott vegyes sóját, ambivalens hőmérsékleten – célszerűen 15-30°C-on reagáltatjuk (EP2520176; CA2774831) (Wallace és mtsai, 2202).



3. ábra „Peelko” kémiai kötése a glükozinolátokkal

(M1101164 azonosítószámú védjegybejegyzés alapján, 2011)

Az ily módon előkészített takarmánykiegészítő („Peelko”) nemcsak a glükozinolátokkal, de a fenolcsoportokat tartalmazó vegyületekkel is képes kémiai kötést létesíteni (4. ábra). Ez a módszer megakadályozza a glükozinolátok kb. 95%-nak felszívódását az emésztőcsatornából, másrészt csökkenti a vízben nem oldódó polimerek (pl. rostok) térfogatát (Lee és mtsai, 2020; Cheng és mtsai, 2022).



4. ábra „Peelko”-fenol komplex keletkezésének folyamata

Forrás: M1101164 azonosítószerű védjegybejegyzés alapján (2011)

2.4.4. KOMBINÁLT KEZELÉSEK

A fizikai típusú hidrotermikus módszer (expander) kémiai kezeléssel (10% nátrium-bikarbonát, szóda-bikarbóna) történő kombinációja révén (Brettschneider, 2006; Jeroch és mtsai, 2009) a repcemagban lévő glükozinolát mennyisége hatékonyabban csökkenthető (91% szárazanyag-tartalom mellett 13,8 $\mu\text{mol/g}$ -ról 1,5 $\mu\text{mol/g}$ -ra), mint a tósztolási technológia az olajdarában (Kozłowski és Jeroch, 2014).

A savas és lúgos bomlás eredménye csökkent antinutritív hatás, ami elérhető H_2SO_4 (kénsav), NaOH (nátrium-hidroxid), KOH (kálium-hidroxid), $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (kalcium-hidroxid) alkalmazásával hőkezelés mellett. A kombinált kezelés kivitelezése azonban drága és környezetszennyező. A

repcedara savval és lúggal való kezelésekor az alapanyag minősége és íze jelentősen romlik (*Feng és Zuo, 2007*).

2.5. REPCEPOGÁCSÁVAL ÉS EXTRAHÁLT REPCEDARÁVAL FOLYTATOTT TAKARMÁNYOZÁSI KÍSÉRLETEK MONOGASZTRIKUS ÁLLATFAJOKKAL

2.5.1. Brojlersirke

A modern baromfitakarmányozásban a takarmányok szükségletnek megfelelő energia-, táplálóanyag-, ásványianyag- illetve vitamintartalma elengedhetetlen a genetikai potenciál szerinti termeléshez. A fehérje kiemelkedő szereppel bír, ezért súlyos problémát jelent a világszerte jelentkező hiánya (*Hafez és mtsai, 2021*). Napjainkban fontos feladat alternatív, helyben elérhető fehérjeforrások keresése és alkalmazási lehetőségük feltárása (*Khan, 2018*). A repce jó minőségű növényi fehérjeforrás, viszonylag nagy (35-45%) nyersfehérje-tartalommal és kiegyensúlyozott aminosavprofíllal, amelyek elengedhetetlen, kulcsfontosságú tényezők a baromfi intenzív növekedéséhez (*Agazzi és mtsai, 2016*). Elsősorban a fajta, az eredet valamint a feldolgozási mód határozza meg a repce minőségét (*Oliveira és mtsai, 2020; Jiang és mtsai, 2024*). Az utóbbit a különböző antinutritív anyagok (glükozinolátok, erukasav, tannin, fitinsav vagy egyes rostkomponensek) jelenléte, mennyisége is befolyásolja és így korlátozhatják a repcedara vagy -pogácsa használatát (*Zhu és mtsai, 2018*).

A közelmúltban új, megnövelt fehérjetartalmú és kisebb rosttartalmú repcefajtákat nemesítettek, ami kedvező takarmányozási hatással jár. A feldolgozott extrahált repcedara AME_n-tartalma, illetve emészthető aminosav-koncentrációja nagyobb (P<0,05) a hagyományos fajtából származó repcedarához képest (*Gorski és mtsai, 2017*). A nemesítésen

(Gaganov és mtsai, 2020) kívül számos fizikai, kémiai (Ivanova és mtsai, 2017) és biológiai (Dolatifard és Jafari, 2020) kezelés, illetve ezek kombinációja javíthatja a repce táplálóanyag-tartalmát és emészthetőségét brojlerek takarmányozásában (Nega és Woldes, 2018; Gao és mtsai, 2020; Zaworska-Zakrewska és mtsai, 2023).

A repce hőkezelése nemcsak a glükozinolat mennyiségét csökkentheti, hanem inaktíválhatja a mirozináz enzimet is, amely a glükozinolatok hidrolízisén keresztül az oxazilidion-2-tion-t (OZT), izotiocianátot (ITC) és nitrileket tartalmazó toxikus metabolitok termeléséért felelős (Xie és mtsai, 2022). A nem szakszerűen végzett hőkezelés azonban károsíthatja az esszenciális aminosavakat, így csökkenhet, pl. a lizin- és treonintartalom (Liu és mtsai, 2019).

A fermentáció, mint repcekezelési technológia amellelt, hogy kiküszöböli az antinutritív vegyületek káros hatását, kedvezően befolyásolja a takarmány táplálóanyag-tartalmát, kiváló minőségű fehérjét eredményez (Khalil, 2006; Gao és mtsai, 2020). A repcefehérje enzimatis hidrolízise során olyan peptidek keletkeznek, amelyek nagyobb hatékonysággal szívódnak fel a vékonybélből (Hayes, 2021). Ashayerizadeh és mtsai (2018) kísérletében a repce baktériumokkal (*Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus subtilis* és *Aspergillus niger*) történt kezelése növelte a brojlerek vágási testtömegét és csökkentette a hasúri zsír mennyiségét. Aminosavval kiegészített (6-9%) extrahált repcedara etetésekor hasonló eredményről számolt be Toghiani és mtsai (2017). A repcepogácsában visszamaradt olajtartalom nagyobb metabolizálható energiátartalmat jelent az extrahált repcedarával szemben, ezért mint energiaforrás alkalmasabb komponens lehet a brojlerek takarmányában (Rakita és mtsai, 2023). Ezenkívül a repcepogácsa zsírsav-összetelét

elemezve kitűnt, hogy szűkebb az n-6/n-3 zsírsavak aránya a baromfi takarmányokban használt zsírok többségéhez képest (*Drazbo és mtsai*, 2019). Ezt igazolta *Gao és mtsai* (2020) vizsgálati eredménye. Repcepogácsa etetésekor a brojlerek értékes húsrészeiben kedvezőbb n-6/n-3 PUFA arányt találtak, ami humán táplálkozás-egészségi szempontból előnyösnek tekinthető.

A feldolgozott tanulmányok eredményei alapján a brojlercsirkék takarmányában a jó minőségű (kedvező táplálóanyag-tartalmú, kis glükozinolátszint) extrahált repcedara vagy repcepogácsa a hizlalás nevelő szakaszában legfeljebb 10, a befejező fázisban maximum 15% arányban ajánlható a hizlalási eredményekre, a pajzsmirigy működésre, illetve az állati termék minőségére gyakorolt negatív hatás nélkül. A teljes olajtartalmú (full-fat) repcemag a brojlerek energiaellátását jelentősen javíthatja amennyiben a 40-41% olajtartalmú repce 8-10%-os részarányban van jelen a brojlertápban a nevelő, illetve a befejező szakaszban.

2.5.2. Sertés

A sertés takarmányozásában még napjainkban is a szója jelenti a fő fehérjeforrást. A főként Észak- és Dél-Amerikában termesztett szójabab előállítása valamint szállítása a nagy költségek mellett hatalmas környezet-terheléssel is jár. A szója fontos szerepet tölt be a humán táplálkozásban is, ezért a közvetlen verseny az emberi fogyasztással, jelentős hatást gyakorol mind az élelmiszer mind az állattenyésztés fenntarthatóságára (*Martins és mtsai*, 2021). A termelési költségek csökkentése valamint a fenntartható sertésenyésztés megvalósítása érdekében egyre fontosabb feladat a szójadarát helyettesítő alternatív

fehérjeforrások keresése (*Lestingi, 2024*). Olyan fehérjehordozót kell találni, amivel kielégíthető a jó minőségű és fenntartható fehérjék iránti kereslet (*Ponnampalam és Holman, 2023*). További fontos szempont, hogy nemcsak kedvező táplálóanyag-tartalommal rendelkezzen, illetve javítsa a takarmányértékesítést, hanem kiváló minőségű állati terméket biztosítson az erőforrások hatékonyabb felhasználásával (*Poppi és mtsai, 2010*). Így felerősödött a haszonállatok takarmányozásában felhasználható alternatív, hosszú távon olcsóbb fehérje- és energiaforrások felkutatása, amely a COVID-19 világjárvány után stratégiai célkitűzéssé vált (*Al-Yahyaey és mtsai, 2023; Lestingi, 2024*).

A sertések hizlalásakor is figyelembe kell venni azt a ténytet, hogy a repce melléktermékek táplálóanyag-összetételét jelentősen befolyásolja a fajta, a termesztési feltételek, a betakarítási idő és a feldolgozási technológia, ami megnehezíti a megfelelő receptúra készítését (*Cheng és mtsai, 2022*). A precíziós takarmányozás megvalósítása érdekében elengedhetetlen a repce valamint a melléktermékek aminosavainak vékonybélbeli emészthetőségének (SID) pontos ismerete (*Stein és mtsai, 2007; Li és mtsai, 2023*). Ebben jelentős eltérések lehetnek, amit több vizsgálat is igazolt. Így a préselt repcedara emészthető aminosav- ($P < 0,05$), illetve az emészthető valamint metabolizálható energiatartalma nagyobb ($P < 0,01$) volt mint az oldószerrel extrahált repcedarái (*Woyengo és mtsai, 2010*). *Maison és Stein* (2014) emészthetőségi kísérletében amerikai és európai termesztésű, duplanullás repcékből készített extrahált darák és pogácsák aminosav emészthetőségét vizsgálták. A repcepogácsa fehérje-, treonin-, triptofán- és glicintartalmának emészthetősége jobbnak bizonyult a darákkal szemben. Ennek oka az extrahálásnál használt nagyobb hőmérséklet fehérjekárosító (denaturáció) hatása.

Sertés esetében is fontos tekintettel lenni a repce antinutritív vegyületeire. Ezek között a glükozinolátok és azok mennyisége meghatározó jelentőségű a pajzsmirigy működésére gyakorolt negatív hatása miatt. Az extrahált repcedara (3,07 μmol glükozinolát/g repce) arányát 3%-ról 12%-ra emelve lineárisan nagyobb pajzsmirigyet találtak a sertésekben (*Choi és mtsai*, 2015). A szerv megnagyobbodása ugyanakkor nem járt együtt a T3 és T4 hormonszintek változásával. A repcepogácsa arányának növelése (0, 10, 20 és 30%) szignifikánsan befolyásolta a pajzsmirigy működését (*Velayudhan és mtsai*, 2017). A pajzsmirigy súlya és a szérum T3 szintje szignifikánsan nagyobb volt, illetve csökkent a T4 koncentrációja.

A repce antinutritív hatásának következményeit enzimkiegészítéssel enyhíthetjük. Az extrahált repcedara fitáz kiegészítése *Kasprowicz-Potocka és mtsai* (2020) vizsgálatában javította ($P < 0,05$) hízósertésekben a foszfor és a kalcium felszívódását. *Long és mtsai* (2020) ileálisan kanülözött sertésekben a celluláz és az alkalikus takarmányozás hatását tanulmányozta. Eredményeik szerint a kezelés jelentősen megváltoztatta ($P < 0,001$) a mikrobiomot, továbbá javult a repcedara nyersrost-tartalmának emészthetősége ($P < 0,05$). *Long és mtsai* (2020) az extrahált repcedara etetésekor cellulázt és pektinázokat alkalmaztak, amelynek hatására szignifikánsan megváltozott a sertésbélben a mikrobiális közösség ($P < 0,05$; $P < 0,01$). Emellett nőtt a mikrobiális rostbontó enzimek aktivitása és ennek következtében a fermentáció hatásfoka ($P < 0,05$; $P < 0,01$), amit a nagyobb ecetsav-, propionsav- és vajsav-koncentráció jelzett ($P < 0,05$; $P < 0,01$).

A hízósertések takarmányozásában alacsony glükozinoláttartalmú extrahált repcedara etethetőségének felső határa 15%. E szint fölött a

súlygyarapodás, a takarmányfelvétel, a takarmányértékesítés, illetve a vágási paraméterek romlásával kell számolni. Ajánlatos korlátozni a repcepogácsa etetését a hizlalás végső szakaszában – az elzsírosodásra való hajlam növekedése, illetve a lágyabb szalonna miatt – a repceolaj nagyobb nyerszsír- és többszörösen telítetlen zsírsavtartalma miatt.

2.5.3. Tojótyúk

A repce és melléktermékei tojótyúkoknál való alkalmazásakor figyelembe kell venni azt a jelenséget, hogy a repce nem csak a tojássárgájának színét változtathatja meg, hanem az illatára is befolyással lehet (*Tan és mtsai, 2022*). A repcében kb. 1% mennyiségben jelen lévő szinapin bontása során keletkező trimetilamin (TMA) tehető felelőssé a tojásban megjelenő halszagért. A TMA biokémiai átalakítása nem tökéletes néhány tojóhibridben. Így például a Rhode Island Red tojók olyan génmutációt („*flavin-containing monooxygenases gene*”: FMO₃-gén) hordozhatnak, ami miatt nem termelődik TMA-oxidáz a vesében, illetve a májban. Az enzimhiány következtében a repcében található szinapinból keletkező TMA-t a madár nem képes szagtalan TMA-oxidá alakítani, így az visszamarad a szervezetben és felhalmozódik a tojássárgájában (*Long és mtsai, 2017*). Az ilyen jellegű tojás kellemetlen, romlott halszagú, ami a fogyasztóban bizalmatlanságot kelt és megkérdőjelezi a tojás frissességét (*Tossenberger és mtsai, 2011*). Az egyes tojóhibrideket összehasonlítva a tárgyalt genetikai probléma nem jelentkezik a fehér Leghorn valamint a New Hampshire Red állományában.

Halle és Schöne (2013) vizsgálata szerint a takarmányban a repcepogácsa arányát 5%-ról 15%-ra növelve csökkent a tojássárgája, illetve nőtt a

tojásfehérje aránya ($P < 0,001$). Ugyanezen tanulmány eredményei alapján a repcepogácsával etetett tyúkokban a tojáshéj százalékos aránya is nagyobb volt, mint a lenmagpogácsát fogyasztó csoportban ($P < 0,001$). *Kopacz és mtsai* (2021) a Hy-Line Brown tojóhibridek takarmányában 20%-os arányban nyers, hidrobarotermikusan kezelt, valamint fermentált repcepogácsát használtak. A repcepogácsa kezelések közül a tojássárgája színére a legintenzívebb hatást a hidrobarotermikus eljárás gyakorolta ($P = 0,005$). A natúr repcepogácsa, a hidrobarotermikus és fermentált kezelések növelték a linolsav-, linolénsav- és DHA-tartalmat ($P = 0,001$), míg a hidrobarotermikus kezelésű repcepogácsával csökkent a tojássárgája arachidonsav-tartalma ($P = 0,002$) a többi csoporthoz képest. Mindhárom repcepogácsát tartalmazó takarmányt fogyasztó tyúkok tojásaiban megnőtt a PUFA, n-6 és n-3 zsírsavak mennyisége ($P = 0,001$), továbbá kedvezőbb volt az n-6/n-3 PUFA aránya is ($P = 0,001$) a szójadarát tartalmazó csoport mintáihoz képest. *Orczewska-Dudek és mtsai* (2020) megfigyelték, hogy a repcepogácsát tartalmazó takarmánnyal a tojás sárgájának nagyobb színintenzitása volt, ugyanakkor nem változott a tojáshéj tömege, a tojáshéj vastagsága, sűrűsége és a tojáshéj aránya. Nem találtak negatív hatást a tojás érzékszervi profiljában. A fermentált repcedara (3%) alkalmazása sem rontotta a tojás érzékszervi megítélését (*Konkol és mtsai*, 2024).

Az irodalmi adatokat áttekintve az alacsony glükozinoláttartalmú repcetermékek (extrahált repcedara, repcepogácsa) egyes tojóhibridek takarmányozásában perspektivikus takarmánykomponens lehet.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. TAKARMÁNYOZÁSI KÍSÉRLET BROJLERCSIRKÉKKEL

3.1.1. ÁLLATOK ÉS ELHELYEZÉSÜK

A brojlerekkel a repceetetési kísérletet a Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar állatkísérleti telepén végeztük. 600 db Ross-308 típusú brojler kakast napos korban 24 fülkében helyeztünk el, fülkénként 25-25 madárral (12,5 csirke/m² férőhelyen). A később (3.1.2. fejezet) bemutatandó három kezelés alapján ez az elrendezés 8 ismétlést jelentett összesen 200 madárral (n= 8 fülke/kezelés).

A fülkék betonpadozatára alomanyagként fűrészport, illetve szalmaszecsakát tettünk. A víz szelepes önitatón keresztül, a takarmány félautomata adagolós etetőkből *ad libitum* állt a madarak rendelkezésére. A hőmérsékletet folyamatosan szabályoztuk, az első 5 nap 32°C-ot biztosítottunk, amit a nevelés előrehaladtával folyamatosan csökkentettünk a 42. etetési napra 21°C-ra. 23 órás megvilágítást és 1 óra sötét periódust alkalmaztunk a kísérletben.

A vizsgálatokat az Európai Bizottság irányelve (86/609/EEC) és a kutatásban résztvevő állatok védelméről szóló törvény (XXVIII. Törvény 32. cikke) előírásai szerint végeztük el.

3.1.2. TAKARMÁNYOK ÉS KEZELÉSEK

A brojlerek takarmányozását indító (1-21. nap), nevelő (22-32. nap) és befejező (33-42. nap) szakaszokra osztottuk (7. táblázat). Kukorica-búza-extrahált szójadara alapú takarmánykeveréket használtunk.

7. táblázat Brojler takarmányok összetétele (%)

Megnevezés	Indító	Nevelő			Befejező		
	E ¹	K ²	R ³	R+ ⁴	K ²	R ³	R+ ⁴
Kukorica	49,45	43,45	40,40	40,40	38,85	33,70	33,70
Búza	10,00	15,00	15,00	15,00	25,00	25,00	25,00
Extr. szójadara	28,30	27,80	20,70	20,70	23,20	13,20	13,20
Hidegen sajtolt repcepogácsa ³	0	0	10,00	9,62	0	15,00	14,62
„Peelko” ⁴	0	0	0	0,38	0	0	0,38
Kukoricaglutén	5,00	3,75	3,75	3,75	2,50	2,50	2,50
Napraforgóolaj	0,50	2,00	2,00	2,00	2,10	2,10	2,10
Energoacid-40 ⁵	2,00	4,50	4,50	4,50	5,00	5,00	5,00
L-lizin HCl ⁶	0,75	0	0,15	0,15	0,35	0,50	0,50
Premix 1 ⁷	4,00	3,50	3,50	3,50	0	0	0
Premix 2 ⁸	0	0	0	0	3,00	3,00	3,00
Összesen (%)	100	100	100	100	100	100	100

¹egységes; ²kontroll; ³hidegen sajtolt repcepogácsa; ⁴hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” takarmánykiegészítő; ⁵komponensek: növényi olaj, búzaborpa, kukoricapehely, összetétel: szárazanyag (88%), ME baromfi (21,50 MJ/kg takarmány), nyersfehérje (6,75%), nyerszsír (40%), nyersrost (4%), nyershamu (8,5%); ⁶L-lizin HCl 79%; ⁷komponensek: búza, búzaliszt, CaCO₃, MCP, NaCl, lizin (45,08 g), metionin (40,06 g), treonin (0,51 g) triptofán (0,22 g), valin (0,74 g), mikroelemek (Fe: 1143 mg, Zn: 2859,5 mg, Mn: 3427,8 mg), vitaminok (A: 287250 NE, D₃: 128750 NE, E: 1430 mg) és fitáz enzim (14300 FTU/kg); ⁸komponensek: búza, búzaliszt, CaCO₃, MCP, NaCl, lizin (64,98 g), metionin (80,08 g), treonin (0,17 g) triptofán (0,07 g), valin (0,25 g), mikroelemek (Fe: 1332 mg, Zn: 3335,5 mg, Mn: 4002 mg), vitaminok (A: 333300 NE, D₃: 116750 NE, E: 1000 mg) és fitáz (16700 FTU/kg) ^{5,6,7,8}gyártó: Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft (Nagyigmánd, Magyarország).

Az indító szakaszban minden fülkében azonos takarmányt ettünk, azaz a madarak az 1.-21. nap között kezelés szerint nem különültek el. A 22. naptól, a nevelő szakaszban kezdtük meg a három kezelés alkalmazását, ami a kísérlet befejezéséig tartott. A 24 fülkéből 8-ban kontroll, 8-ban kezeletlen repcepogácsát, 8-ban pedig kezelt („Peelko”) repcepogácsát tartalmazó takarmányt adagoltunk. A nevelő és befejező fázisokban a szójadarát részlegesen helyettesítettük (nevelő szakaszban 10%-ban, befejezőben 15%-ban) az R jelű csoportban hidegen sajtolt

repepegácsával, illetve az R+ kezelés esetén hidegen sajtolt repepegácsa + „Peelko” kiegészítéssel. A kontrolltápok nem tartalmaztak repepegácsát és „Peelko” kiegészítőt.

A brojlerekísérlésben etetett takarmányok táplálóanyag-, energia- és ásványianyag-tartalmát a 8. táblázat foglalja össze.

8. táblázat Brojlertakarmányok számított táplálóanyag-, energia- és ásványianyag-tartalma

Megnevezés	Indító	Nevelő			Befejező		
	E ¹	K ²	R ³	R ⁴	K ²	R ²	R ³
Száranyag (%)	88,86	88,79	88,93	88,93	88,76	88,98	88,98
Nyersfehérje (%)	21,43	19,95	19,95	19,95	18,38	18,38	18,38
Nyerszsír (%)	3,98	6,55	6,58	6,58	6,75	6,80	6,80
Nyersrost (%)	2,74	3,40	4,10	4,10	3,25	4,30	4,30
Nyershamu (%)	5,66	5,36	5,07	5,07	5,15	5,25	5,27
Keményítő (%)	39,32	37,01	36,89	36,89	39,60	39,45	39,45
Ca (%)	0,83	0,80	0,80	0,90	0,75	0,75	0,85
P (%)	0,64	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55
Na (%)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Mg (g)	2,10	2,10	2,10	2,11	1,96	1,96	1,97
Fe (mg/kg)	45,70	40,00	40,00	43,04	39,96	39,96	43,00
SID ⁵ Lizin (%)	1,20	1,10	1,10	1,10	0,95	0,95	0,95
SID ⁵ M+C ⁶ (%)	0,82	0,78	0,79	0,79	0,67	0,67	0,67
SID ⁵ Treonin (%)	0,68	0,67	0,68	0,68	0,59	0,60	0,60
SID ⁵ Triptofán (%)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,17	0,17	0,17
SID ⁵ Valin (%)	0,81	0,81	0,82	0,82	0,72	0,72	0,72
AME _n ⁷ (MJ/kg)	12,42	13,20	13,20	13,20	13,40	13,40	13,40

¹egységes; ²kontroll; ³hidegen sajtolt repepegácsa; ⁴hidegen sajtolt repepegácsa + 0,38% „Peelko”-kiegészítés; ⁵standardizált ileálisan emészthető; ⁶metionin+cisztein; ⁷zéró (0) N-visszatartásra korrigált, látszólagos metabolizálható energiatartalom.

A takarmánykeverékekben felhasznált repce (*Brassica napus L.*) hazai termesztésű és feldolgozású (V+V Szövetkezet, Héreg) volt. A repcepogácsát hideg sajtolási technológiával, egy horizontális tengelyű csavarprés segítségével, egy menetben, gőz használata nélkül készítették el (V+V Szövetkezet, Héreg). A repcepogácsa glükoszínolát-tartalmát (18,5 µmol/g) a Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft. laboratóriuma (Nagyigmánd, Magyarország) állapította meg HPLC (High Performance Liquid Chromatography) módszerrel, a Magyar Szabvány (MSZ) ISO 9167-1:2000 Szabvány (*International Organization for Standardization*) szerint (Magyar Takarmánykódex, 2004).

A „Peelko” takarmánykiegészítőt (M1101164 azonosítószámon és HU 16100063 regisztrációs számon bejegyzett védjegy) a gyártó (ROP Kft., Érd, Magyarország) felhasználási javaslatának megfelelően alkalmaztuk (9. táblázat).

9. táblázat A „Peelko” takarmánykiegészítő kémiai összetétele

Megnevezés	g/kg takarmánykiegészítő
Szárazanyag	950,0
Nyersfehérje	60,0
Nyerszsír	20,0
Nyersrost	15,0
Nyershamu	721,5
Ca	270,0
Mg	35,0
Fe	0,8

A brojlercsirkékkel etetett takarmánykeverékeket Bestmix® szoftverrel (Adifo, Industrielaan 11B, 9990 Maldegem, Belgium) állítottuk össze. A

recepteket azonos metabolizálható energiatartalom (ME, MJ/kg), illetve standardizált ileálisan emészthető aminosavtartalom (SID) alapján optimalizáltuk. A takarmányok kémiai összetételét az AOAC (2005) módszer szerint állapítottuk meg. A szárazanyag esetében AOAC; 930.15, a nyershamunál AOAC; 942.05 módszer. A nyersfehérje meghatározásához Kjeldahl módszert (AOAC; 984.13); a nyerszsírtartalom megállapításához a Soxhlet extrakciót (AOAC; 920.39A) használtuk, míg a nyersrosthoz Foss Fibertec 1020 készüléket (AOAC; 978.10) alkalmaztunk.

3.1.3. VIZSGÁLATOK

Termelési paraméterek elemzése

Az állatok súlyát fülkénként, egyedileg mértük BAT 1 mérleg segítségével (Veit Electronics, Moravany, Cseh Köztársaság). Az egyedi súlyméréseket az 1., 21., 32. és 43. napon végeztük. A súlymérések egybeestek a takarmányváltásokkal. Mivel a kezelések szempontjából a nevelő (22. - 32. nap), illetve a befejező (33. - 43. nap) szakaszok értékelhetőek, ezen időszakok elején, illetve végén mértük be és mértük vissza a nevelő, illetve befejező fázisok takarmányait. Erre az időszakra vonatkozóan a csirkék súlya valamint takarmányfelvétele alapján kiszámítottuk a fajlagos takarmányfelhasználást.

Pajzsmirigy vizsgálata

Plazma T3 és T4 koncentrációjának elemzése

A pajzsmirigyhormonok (T3, T4) meghatározásához vért gyűjtöttünk csoportonként 10-10 állat szárnyvénájából (*vena cutenea ulnaris*) a

kísérlet végén (43. nap). A hormonok koncentrációját humán célra előállított, de különböző madárfajokra módosított és validált I-RIA módszerrel mértük (T3: I-T3 RIA kit; T4: I-T4 RIA kit). A standard deviációt (CV) ugyanazon a vizsgálaton belül (intra assay) és a vizsgálatok között (interassay) határoztuk meg 3-5 párhuzamos kis és nagy koncentrációjú kontrollplazma mérésével minden egyes tesztorozatban (T3: 0,61 és 2,33 nmol/l; T4: 12,44 és 94,38 nmol/l).

Szövettan

A vérvételt követően a madarakat extermináltuk és kivettük a pajzsmirigyet (*glandula thyreoidea*). A szerv súlyának lemérését (NB-600, Demandy, Budapest hitelesített labormérleg) követően szövettani vizsgálatra mintát vettünk. A szervmintákat 10%-os semleges formalinoldatba helyeztük (Histosec®, Merck Millipor, Burlington, NJ, USA). A pajzsmirigy szövettani vizsgálatát az Autopsy Path Kft (Budapest, Magyarország) végezte el. A mintadarabból egy 5 µm vastag metszetet vágtak ún. mikrotommal és hematoxilin eosin festés után a mikroszkóp tárgylemezére helyezték. A kettős festési eljárásnál a sejtmagokat a hematoxilin, a cytoplasmát az eosin festi.

Húsminőség vizsgálata

Kezelésenként 10-10 brojlercsirke comb- és mellizommintáinak **kémiai összetételét** (szárazanyag-, fehérje- és zsírtartalom) a MSZ 6920-4:1987 szerint határoztuk meg.

A brojlercsirkék comb- és mellizommintáinak **zsírsav-összetételét** gázkromatográfiás módszerrel elemeztük. A szöveti lipidtartalom kivonása valamint a zsírsavak elválasztását és elemzését megelőző származékképzés az MSZ ISO 5508:1992 szabványnak megfelelően

történt. A zsírsavak méréséhez HP Agilent Technologies 6890N gázkromatográfot (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA) használtunk. Az elválasztó oszlop típusa Supelco SPTM 2560 (Merck KGaA, Darmstadt, Németország) 100 m x 0,25 mm x 0,2 µm volt.

Az izomszövet **oxidációs stabilitását** a malondialdehid (MDA) koncentráció mérésével határoztuk meg (*Ramanathan és Das, 1992*). Rózsaszín fluoreszcencia spektrofotometriát (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA) használtuk, amelynél MDA-tiobarbitursav (MDA-TBA) komplex keletkezik 2-tiobarbitursavval való reakció után (*Janero, 1990*). A húsminták oxidációs stabilitásának vizsgálatát a vágást követő 1 órán belül (friss minta), illetve mélyhűtőben (-16°C) egy hónapig (MDA 1), illetve két hónapig (MDA 2) tartó tárolást követően végeztük el. Az MDA 1 és 2 vizsgálatot megelőzően a húsmintákat eltávolítottuk a fagyasztóból, tálcákra helyezve, kereskedelmi hűtőszekrényben 3-4 °C-on 24 órán keresztül olvasztottuk fel (*Buckiuniene és mtsai, 2016*). A kiengedésnél a minták oxidációtól való megvédése érdekében butil-hidroxitoluol/hexán oldatot (Sigma-Aldrich, Massachusetts, USA) tettünk közvetlenül a húsmintára. A TBA-értéket (µg MDA/kg-ban kifejezve) a kalibrációs görbe ($Y = -4,11 \times 10^{-3} + 6,68 \times 10^{-3} X$) alapján számítottuk ki (*Botsglou és mtsai, 1994*), ahol az Y a csúcsmagasság 521,5 nm-en mérve, az X pedig a koncentráció (µg MDA/ml). A mérést Spekol 10 (Carl Zeiss, Jena, Németország) készüléssel végeztük el.

A húsminták (comb- és mellizom) **színének** vizsgálatát a Széchenyi István Egyetem Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar Fizikai és Kémiai Tanszékének laboratóriumában végeztük. A tesztekhez egy MiniScan XE Plus (HunterLab, Virginia, USA) koloriméter készüléktípust használtunk EasyMatch vezérlőszoftverrel. A mérést CIE

D65 xenonlámpa megvilágítással, 45/0°-os szabványos mérési geometriával végeztük. A vizsgált minták reflexiós spektrumát a 400-700 nm-es intervallumban ábrázolta a készülék 10 nm-en a különböző szabványok által meghatározott CIE színkoordinátákon (L^* , a^* , b^*).

A brojlerhús **organoleptikus értékelését** a Campden BRI Hungary (Budapest) regisztrált (NAT-1-1152/2007) laboratóriuma végezte MSZ ISO 6685:2007 5.4.3 módszerrel. Szakértői értékelőkkel (5 fő) kódolt mintákon egyenként rangsorolták a vizsgált paramétereket két ismétlésben. A Williams Latin Square intenzitásskála alapján 0-9 között helyezték el az egyes tulajdonságok pontszámait.

Statisztikai vizsgálat

A statisztikai eredmények kiértékeléséhez Windows SPSS 23.0 programot (IBM Corp., Armonk, NY, USA) használtunk. Egyváltozós általános lineáris modellt hajtottunk végre Tukey teszttel a parametrikus adatsorok szignifikáns különbségeinek vizsgálatára. Kruskal–Wallis tesztet végeztünk Bonferroni-korrigált páronkénti összehasonlítással, hogy megvizsgáljuk a nem parametrikus adatok szignifikáns különbségeit. Minimum $P < 0,05$ értéket tekintettük szignifikáns különbségnek.

3.2. TAKARMÁNYOZÁSI KÍSÉRLET HÍZÓSERTÉSEKKEL

3.2.1. ÁLLATOK ÉS ELHELYEZÉSÜK

A kísérletet az Állattenyésztési-, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet (Herceghalom) sertéstelepén végeztük 27 magyar nagy fehér \times lapály F_1 kocasüldővel ($n=9$ sertés/kezelés).

A felül nyitott, 1 m² alapterületű beton rácspadlós egyedi kutricákban a sertések szabadon fértek hozzá az etetőhöz és itatóhoz (Schauer Agrotronic

GmbH, Prambachkirchen, Ausztria). Automatizált szellőztetést (Microfan Bravo-E, Schauer Slc, BM2 Arcotherm GA / N 45 C, Lubing Top, Schauer Agrotronic GmbH, Prambachkirchen, 6 Ausztria) és 12 óra világos (természetes és mesterséges fényforrás), illetve sötét világítási programot alkalmaztunk. A süldőket 94 napos korukban állítottuk kísérletbe. A hizlalás 67 napig tartott.

A vizsgálatokat az Európai Bizottság irányelve (86/609/EEC) és a kutatásban résztvevő állatok védelméről szóló törvény (XXVIII. Törvény 32. cikke) előírásai szerint végeztük el.

3.2.2. TAKARMÁNYOK ÉS KEZELÉSEK

A kísérletben egy fázisú hízó takarmányt ettünk 94 napos kortól (39 kg induló átlagsúlytól) 161 napos korig (~ 90 kg záró súlyig). Három kezelést alkalmaztunk (*10. táblázat*).

A kontroll (K) csoport takarmánykeveréke nem tartalmazott repcepogácsát. Az R kezelés esetében az extrahált szójadarát részlegesen helyettesítettük 8% hidegen sajtolt repcepogácsával. Az R+ csoportban pedig a hidegen sajtolt repcepogácsa (7,62%) mellett 0,38% „Peelko” kiegészítőt alkalmaztunk.

A sertéskísérletben alkalmazott repce forrása, a feldolgozásának módja, valamint a „Peelko”-kiegészítés összetétele megegyezik a 3.1. fejezetben leírtakkal.

A hízó takarmányban felhasznált repcepogácsa glükozinolát-tartalma 3,1 $\mu\text{mol/g}$ volt. A laboratóriumi vizsgálat részleteit a 3.1.2. fejezet tartalmazza.

A sertéstakarmányok recept összeállítását a 3.1.2. fejezetben ismertetett Bestmix® szoftverrel végeztük.

10. táblázat A hizótakarmányok összetétele az egyes csoportokban (%)

Megnevezés	Kezelések		
	K ¹	R ²	R+ ³
Kukorica	47,95	46,35	46,35
Árpa	25,00	25,00	25,00
Extrahált szójadara	23,50	17,30	17,30
Hidegen sajtolt repcefogácsa	0	8,00	7,62
„Peelko” kiegészítő	0	0	0,38
Takarmánymész	1,30	1,20	1,20
MCP	1,10	1,00	1,00
NaCl	0,40	0,40	0,40
L-Lizin HCl ⁴	0,13	0,15	0,15
DL-Metionin ⁵	0,10	0,10	0,10
L-Treonin ⁶	0,02	0	0
Premix ⁷	0,50	0,50	0,50
Összesen	100	100	100

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcefogácsa; ³hidegen sajtolt repcefogácsa + „Peelko” kiegészítő; ⁴L-Lizin HCl 79%; ⁵DL-Metionin 99%; ⁶L-Treonin 98,5%; ^{4,5,6}gyártó: Evonik GmbH (Hanau-Wolfgang, Németország); ⁷összetétel: vas (28800 mg/kg), mangán (10880 mg/kg), réz (3600 mg/kg), cink 28800 mg/kg), szelén (72 mg/kg), jód (200 mg/kg), A-vitamin (2163000 NE/kg), D₃-vitamin (400000 NE/kg), E-vitamin (6815 kg), K₃-vitamin (349 mg/kg), B₁-vitamin (216 mg/kg), B₂-vitamin (658 mg/kg), B₆-vitamin (590 mg/kg), B₁₂-vitamin (4,91 mg/kg), pantoténsav (2394 mg/kg), folsav (58,8 mg/kg), biotin (18,48 mg/kg), niacin (4326 mg/kg), kolinklorid (72100 mg/kg), C-vitamin (1470 mg/kg)

A kísérletben etetett takarmányok táplálóanyag-, energia- és ásványianyag-tartalmát a 11. táblázatban foglaltuk össze.

11. táblázat Sertéstakarmányok számított táplálóanyag- energia- valamint ásványianyag-tartalma

Megnevezés	Kezelések		
	K ¹	R ²	R ³
Száranyag (%)	88,00	88,63	88,92
Nyersfehérje (%)	17,40	17,12	17,12
Nyerszsír (%)	2,51	2,59	2,59
Nyersrost (%)	3,28	4,09	4,09
Nyershamu (%)	7,90	6,41	6,41
Ca (%)	0,89	0,89	0,99
P (%)	0,61	0,61	0,61
Na (%)	0,16	0,16	0,16
Mg (g)	2,50	2,50	2,51
Fe (mg/kg)	144,00	144,00	154,94
SID Lizin (%)	0,85	0,85	0,85
SID Metionin (%)	0,32	0,32	0,32
SID Metionin+Cisztin (%)	0,60	0,60	0,60
SID Treonin (%)	0,59	0,59	0,59
SID Triptofán (%)	0,18	0,18	0,18
SID Valin (%)	0,62	0,62	0,62
DE (MJ/kg)	13,60	13,78	13,78

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítés.

3.2.3. VIZSGÁLATOK

Termelési paraméterek elemzése

Az állatok egyedi mérlegelése a kísérlet beállításakor, a süldők 94 napos életkorában történt. Ezt követően 124, illetve 161 napos korban mértük le az állatokat. Az elfogyasztott takarmányt folyamatosan, naponta mértük,

és az állatok súlyának mérési napján összegeztük az addig elfogyasztott takarmány mennyiségét. A mérési adatokból az alábbi termelési paramétereket számoltuk ki:

súlygyarapodás, takarmányfelvétel, fajlagos takarmányértékesítés.

Pajzsmirigy vizsgálata

A hizlalási kísérlet végén (67. hizlalási nap) a sertések vágását megelőzően az összes állatból (9 sertés/kezelés, összesen 27) vért vettünk az elülső üres vénából (*vena cava cranialis*). A T3 és T4 hormon vizsgálati módszere megegyezett a 3.1.3 fejezetben írtakkal. Az állatok levágása után eltávolítottuk és lemértük a pajzsmirigyet (*glandula thyreoidea*).

Húsminőség vizsgálata

Minden egyednél vágóhídi húsminősítést végeztünk a SEUROP minősítési rendszer „a vágósertések vágás utáni minősítéséről és a hasított féltettek kereskedelmi osztályba sorolásáról szóló 136/2011 (XII.22) VM rendeletben” foglaltaknak megfelelően.

A zsírsavösszetétel vizsgálatához a mintákat a combizomból (*m. semimembranosus*) vettük a vágóhídi húsminősítést követően. A gázkromatográfiás elemzés a 3.1.3. fejezetben leírt módon történt.

Statisztikai vizsgálat

Az eredmények statisztikai értékeléséhez Windows SPSS 23.0 programot (IBM Corp., Armonk, NY, USA) használtunk. Az összefüggések vizsgálatára normál eloszlású, azonos szórású változók esetén egyszempontos varianciaanalízist (one-way ANOVA), normál eloszlású, eltérő szórású adatoknál Welch-próbát végeztünk. Az egyes

kategória páronkénti összehasonlításokat azonos szórású adatok esetén Bonferroni, eltérő szórású adatoknál Dunett C post hoc teszttel készítettük el. A normalitást Kolmogorov-Szmirnov teszttel, a szórásazonosságot Levene teszttel ellenőriztük.

3.3. TAKARMÁNYOZÁSI KÍSÉRLET TOJÓTYÚKOKKAL

3.3.1. ÁLLATOK ÉS ELHELYEZÉSÜK

A kísérletben 96 Lohmann tojóhibridet használtunk, amelyeket 21 hetesen a Széchenyi István Egyetem Állattudományi Intézetének Kísérleti telepén (Mosonmagyaróvár) helyeztünk el. A madarakat három szintes Big Dutchman Eurovent 1250/a-EU típusú ketrecben tartottuk. Szintenként 8-8 fülkét alakítottunk ki, fülkénként 4 madárral. A ketrec 1”x1,5’ finomságú, 7°-os dőlésű, feszítőhuzalokon helyezkedett el, ami biztosította a tojások optimális legördülését. A fülkék mérete 60 cm x 63 cm x 50 cm. Valamennyi fülke vízfogó csészével felszerelt szelepes itatóval és vályús etetővel rendelkezett. A vályús etetőt fülkénként leszakasztottuk, így az egyes fülkék madarainak takarmányfogyasztását mérni tudtuk. A vizsgált időszakban napi 16 órás világítási programot biztosítottunk a tyúkok számára.

A vizsgálatokat az Európai Bizottság irányelve (86/609/EEC) és a kutatásban résztvevő állatok védelméről szóló törvény (XXVIII. Törvény 32. cikke) előírásai szerint végeztük el.

3.3.2. TAKARMÁNYOK ÉS KEZELÉSEK

A 21 hetes madarak 24 hetes korukig előkészítő takarmányt (18,4% nyersfehérje, 11 MJ/kg AME_N, 3,8% Ca-, illetve glükozinoláttartalom 1,3

μmol/g) kaptak. Majd ezt követően 3 különböző tojó takarmánykeveréket etettünk a tyúkokkal az 56. élethétig (12. és 13. táblázat).

12. táblázat A tojó takarmánykeverékek összetétele (%)

Megnevezés	K ¹	R ²	R+ ³
Kukorica	35,00	50,00	50,00
Búza	22,50	7,00	7,00
Extrahált szójadara	25,00	16,00	16,00
Hidegen sajtolt repcepogácsa ²	0	15,00	14,62
„Peelko”-kiegészítő ³	0	0	0,38
Zsírpor 40% ⁴	5,50	0	0
Takarmánymész	9,20	9,20	9,20
MCP	1,20	1,20	1,20
NaCl	0,40	0,40	0,40
DL-Metionin	0,10	0,10	0,10
Zeolit takarmánykiegészítő ⁵	0,60	0,60	0,22
Tojótyúk premix ⁶	0,50	0,50	0,50
Összesen	100,00	100,00	100,00

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko”; ⁴összetevők: állati zsír, kukoricapehely, búzakorpa (AMEn: 22 MJ/kg; Nyerszsír: 443 g/kg; zsírsavösszetétel: C12:0 1,00 g; C14:0 4,34 g; C16:0 61,44 g; C16:1 5,53 g; C18:0 34,39 g; C18:1 125,94 g; C18:2 163,19 g; C18:3 3,06 g), gyártó: Europrotein Kft (Verőce, Magyarország); ⁵összetevők: Si: 31,8%, Al: 4,8%, Ca: 0,7%, K: 1,5%, Mg: 0,3%, Na: 0,1%; ⁶összetevők: CaCO₃ (0,18%), búza takarmányliszt (0,05%), vitaminok (A-vitamin: 12.000 NE; D₃-vitamin: 3.000 NE; E-vitamin: 30 mg/kg; C-vitamin: 148,5 mg/kg; B₁-vitamin: 2,00 mg/kg; B₂-vitamin: 5,9 mg/kg; B₆-vitamin: 3,2 mg/kg; B₁₂-vitamin: 0,02 mg/kg; Niacin: 31,29 mg/kg; Fe: 49,95 mg/kg; Zn: 80,00 mg/kg; Cu: 15,00 mg/kg; Mn: 100 mg/kg; NSP-enzim: 100 mg/kg, Fitáz: 25 mg/kg); ^{5,6}gyártó: Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft (Nagyigmánd, Magyarország).

A takarmányozási kezelések a következők voltak:

- Kontroll (K): 25% extrahált szójadara (repcepogácsa, „Peelko”-kiegészítés nélkül);
- Repcepogácsa kezelés (R): 15% hidegen sajtolt repcepogácsa „Peelko”-kiegészítés nélkül;

- Repcepogácsa „Peelko” kiegészítővel (R+): 14,62% hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítés.

A repcetartalmú tápok glükózinnoláttartalma 2,5-3,1 $\mu\text{mol/g}$ közötti volt.

13. táblázat A tojótápok számított táplálóanyag-, energia- és ásványianyag-tartalma

Megnevezés	K ¹	R ²	R+ ³
Szárazanyag (%)	89,10	89,10	89,10
Nyersfehérje (%)	17,20	17,30	17,30
Nyerszsír (%)	4,30	4,10	4,20
Nyersrost (%)	2,60	3,40	3,40
Nyershamu (%)	13,70	13,90	13,90
Keményítő (%)	38,85	38,75	38,75
SID ⁴ Lizin (%)	0,73	0,73	0,73
SID ⁴ Metionin+Cisztin (%)	0,32	0,32	0,32
SID ⁴ Treonin (%)	0,51	0,51	0,51
SID ⁴ Triptofán (%)	0,17	0,17	0,17
SID ⁴ Valin (%)	0,66	0,66	0,66
AMEn ⁵ (MJ/kg)	11,42	11,40	11,40
Ca (%)	3,80	3,80	3,80
P (%)	0,60	0,60	0,60
Na (%)	0,17	0,17	0,17

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + „Peelko” kiegészítő; ⁴standardizált ileálisan emészthető; ⁵zéró (0) N-visszatartásra korrigált, látszólagos metabolizálható energiatartalom.

A tyúkok naponta adagoltan 120 g takarmányt (480 g/fülke) kaptak valamennyi kezelésben 24-33. élethétig, majd 130 g takarmányt (520 g/fülke) a 34-56. élethetek között. Egy kezelés takarmányát 8 fülke, azaz

32 madár fogyasztotta (n=96 tojó/kísérlet, n=32 tojó/kezelés, n=4 tojó/fülke, r=8 fülke/kezelés).

3.3.3. VIZSGÁLATOK

Pajzsmirigyhormon vizsgálatok

A kísérlet befejezésekor, a tyúkok 56 hetes korában a szárnyvénából vért vettünk kezelésként 10 állatból. A T3 és T4 hormon vizsgálat módszere megegyezett a 3.1.3. fejezetben írtakkal.

Tojástermelés és a tojások minőségének vizsgálata

A kísérlet során naponta feljegyeztük a termelt tojások mennyiségét és heti három alkalommal mértük a tojások súlyát (BluMagix BM-KSC615 konyhai mérlegen).

A tojásokból kezelésként a feltüntetett mintaszámmal a következő vizsgálatokat végeztük el:

- tojássárgája színének meghatározása (4 db/kezelés, összesen a kísérlet egész időszakában 120 tojás/kezelés);
- tojás táplálóanyagtartalmának meghatározása (2 db/kezelés, összesen a kísérlet egész időszakában 60 tojás/kezelés);
- tojássárgája zsírsavösszetételének mérése (2 db/kezelés, összesen a kísérlet egész időszakában 60 tojás/kezelés);
- tojások érzékszervi tulajdonságainak mérése (10 tojás/kezelés a kísérlet befejezésekor).

A tojások táplálóanyagtartalmát (szárazanyag-, fehérje-, zsír-, és hamutartalom) a Magyar Takarmánykódex (2004) szerint elemeztük. A kémiai összetétel alapján számítással határoztuk meg a tojások

energiatartalmát a Magyar Élelmiszerkönyv 1-1-90/496 számú előírása alapján (152/2009. (XI. 12.) FVM rendelet 1. melléklet).

A tojások zsírsavösszetételét a minta előkészítése (zsírkioldás, elszappanosítás, metilészterezés, hexánban való mintafelvétel) után Agilent Technologies 689N Network típusú lángionizációs detektorral (FID) felszerelt gázkromatográfval állapítottuk meg. Az elválasztást Supelco SpTM 2560 Fused Silica kapilláris oszlopon (100 mm×0,25 mm×0,2 µm) végeztük. A vizsgálathoz Supelco TM 37 Component FAME Mix (Catalog No. 47885-U) standardot használtunk.

A tojás sárgájának színét a HunterLab XE Plus színmérő készülékkel mértük. A szín jellemzésére a CIELab színteret alkalmaztuk. A méréseket CIE D65-ös xenonlámpa megvilágítással, 45°/0° szabványos megvilágítási és mérési geometriával végeztük.

Értékeljük a kísérletben termelt tojások érzékszervi tulajdonságait a Campden BRI Kft. (Budapest) szakembereinek közreműködésével. Főtt tojást (forrástól számítva 10 perc főzés), illetve tojásrántottát (felforrósított napraforgó étolajban a fehérje megkötésig sütés) készítettek. A kóddal ellátott mintákat 6 képzett bíráló egyénileg értékelte 2 ismétlésben, 0-9 pontig terjedő intenzitás skála (Williams Latin Square) alapján.

Statisztikai vizsgálat

Az érzékszervi tulajdonságokra vonatkozó eredményeket varianciaanalízissel (ANOVA, 5%) értékeltük, majd az átlagértékeket Newman-Keuls (5%) módszerrel hasonlítottuk össze. A tyúkok teljesítményére (tojástermelés, tojás súly, tojásmassza), valamint a tojások kémiai és zsírsav-összetételére vonatkozó adatok értékelésekor az SPSS 23.0 program (IBM Corp., Armonk, NY, USA) segítségével

egyszempontos varianciaanalízist végeztünk $P < 0,05$ szignifikanciaszint mellett.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. BROJLERCSIRKÉKKEL VÉGZETT KÍSÉRLET EREDMÉNYE

4.1.1. TERMELÉSI PARAMÉTEREK

A brojlercsirkék termelési teljesítményét a *14. táblázat* foglalja össze. A táblázatban a teljesség igényével feltüntettük az etetés egész időszakára vonatkozó valamennyi értéket, így az indító fázist is, amikor minden madár azonos takarmánykeveréket evett. Értelemszerűen a repceetetés és a „Peelko”-kiegészítő hatása a nevelő, illetve a befejező szakaszokban értékelhető. A kontrollhoz viszonyítva a kezelések szignifikánsan csökkentették a brojlercsirkék 43. napon mért átlagsúlyát (K: 2914,5 g/állat; R+: 2834,0 g/állat; R: 2805,1 g/állat). A kezeletlen, illetve a kezelt repcepogácsát tartalmazó takarmányokkal etetett csirkék 43. napon mért súlyában nem találtunk különbséget. Jól lehet a kezelt csoportokban (R és R+) a madarak súlya kisebb volt, a napi súlygyarapodás értékei egyik mérési időpontban sem mutattak szignifikáns eltérést. A 22-43. napos életkor között a takarmány-felvételben nem találtunk szignifikáns eltérést, de az abszolútértéke az R+ csoportban volt a legkisebb. Az előbbi változások következtében a kísérlet nevelő és befejező szakaszában valamint a két fázist együttesen értékelve az R+ kezelés javította a fajlagos takarmányértékesítést. A 22-43. napos életkor között az R+ csoportban 1,84 g/g volt, ami szignifikánsan ($P < 0,05$) jobb mint az R csoporté (2,02 g/g), illetve a kontrollé (2,03 g/g). Az elhullás az R+ csoportban volt a legkisebb (1%) a csoportok között (R: 4,5%; K: 4%).

14. táblázat Brojlerkísérlet termelési eredménye*

Paraméterek	Életkor (nap)	K ¹	R ²	R ³
Élősúly (g)	1	48,4±2,5	48,4±2,4	48,4±2,5
	21	966,2±28,2	952,0±31,1	989,1±29,5
	33	2038,6±33,3	2067,1±27,3	2044,0±28,5
	43	2914,5±42,1 ^a	2805,1±33,8 ^b	2834,0±44,5 ^b
Súlygyarapodás (g)	1-21	917,8±25,1	903,6±26,3	940,7±25,8
	22-33	1072,4±26,0	1115,1±29,0	1054,9±27,0
	34-43	875,9±23,3	738,0±25,4	790,0±21,0
	22-43	1948,3±24,7	1853,1±27,2	1844,9±26,4
Takarmányfelvétel (g/madár)	1-21	2000,0±0,1	2060,0±0,2	2050,0±0,1
	22-33	1700,0±0,2	1760,0±0,4	1680,0±0,3
	34-43	1260,0±0,2	1300,0±0,3	1210,0±0,1
	22-43	2960,0±0,2	3060,0±0,3	2890,0±0,2
Takarmányértékesítés (g/g)	1-21	2,06±0,01	1,93±0,01	2,07±0,02
	22-33	1,45±0,03 ^{ab}	1,56±0,04 ^a	1,21±0,02 ^b
	34-43	2,83±0,02 ^a	2,63±0,05 ^{ab}	2,17±0,04 ^b
	22-43	2,03±0,03 ^a	2,02±0,05 ^a	1,84±0,03 ^b
Elhullás (%)	22-43	4,0	4,5	1,0

*az 1-21. nap között minden egyed egységesen brojler indító takarmánykeveréket evett, nincsenek kezelések. A mért, táblázatban szereplő termelési paraméterek a kísérleti kezelések szempontjából nem relevánsak, de tájékoztatásul fontosnak tartottuk közölni.

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepor; ³hidegen sajtolt repcepor + 0,38% „Peelko”-kiegészítés; ^{a,b} azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten; n=8 fülke/kezelés

Az eredményeinktől eltérően *Smulikowska és mtsai (2006)* a repcepor etetésekor kisebb takarmányfelvételt valamint súlygyarapodást figyeltek meg. *Gao és mtsai (2020)* a fermentált repceporát értékes szójadara alternatívának találták a brojler takarmányában, mivel a melléktermék vizsgálataikban a növekedési teljesítményt és a fajlagos takarmányértékesítést nem befolyásolta a kontrollhoz képest. *Zaworska-Zakrzewska és mtsai (2023)* szerint a repcepor fermentált termékekkel való kiegészítése javítja a testtömeg-gyarapodást a nevelő fázisban és

csökkenti a takarmányfelvételt a befejező szakaszban, továbbá javítja a fajlagos takarmányértékesítést a termelés minden időszakában.

4.1.2. PAJZSMIRIGY VIZSGÁLATA

4.1.2.1. PAJZSMIRIGY SÚLYOK

A pajzsmirigy abszolút, illetve relatív (élősúlyhoz viszonyított) súlyát a 15. táblázat mutatja. Pajzsmirigy megnagyobbodást (struma) figyeltünk meg a hidegen préselt repcét tartalmazó takarmánnyal (R és R+ csoport) etetett csirkékben. A legnagyobb pajzsmirigysúlyt az R csoportban találtuk (556 mg). A „Peelko” kiegészítés (R+ csoport) az R csoporthoz képest szignifikánsan csökkentette a struma mértékét (491 mg), de a szerv súlya továbbra is szignifikánsan nagyobb volt a kontrollhoz viszonyítva. A legkisebb szervsúlyokat a K csoportban mértük (180 mg).

15. táblázat A pajzsmirigy súlya a brojlerkísérletben

Paraméterek	Mértékegység	K ¹	R ²	R+ ³
Élősúly ⁴	g	2915±42 ^a	2805±34 ^b	2834±45 ^b
Pajzsmirigy súlya ⁵	mg	180±34 ^c	556±207 ^a	491±161 ^b
Pajzsmirigy súlya ⁶	%	0,06±0,01	0,20±0,06	0,17±0,05

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítés; ⁴élősúly a 43. napon, vágás előtt; ⁵pajzsmirigyek abszolút súlya; ⁶pajzsmirigyek relatív súlya; ^{a,b,c}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten; n=10 kezelésenként

4.1.2.2. PAJZSMIRIGYHORMONOK

A repcepogácsa etetése, illetve a „Peelko”-kiegészítés alkalmazása különböző módon befolyásolta a brojlercsirkék szérum trijód-tironin (T3) és tiroxin (T4) szintjét (16. táblázat). Mindkét kezelt csoportban (R és R+) a kontrollhoz viszonyítva szignifikánsan nagyobb T3 szintet mértünk. A

csoportok T3 átlagértékei szinte leképezték a pajzsmirigy súlyában talált változást. A legnagyobb T3 szint az R csoportban volt (4,68 nmol/l). A „Peelko”-kiegészítést tartalmazó takarmánnyal etetett csirkékben az R csoporthoz viszonyítva már szignifikánsan kisebb T3 koncentrációt (3,92 nmol/l) mértünk, de ez az érték még szignifikánsan nagyobb volt a kontrollcsoporttal összehasonlítva, ahol 2,95 nmol/l értéket találtunk. A T4 koncentrációja a kezeletlen repcepogácsát fogyasztó (R csoport) csirkékben volt a legnagyobb (61,22 nmol/l). A kontroll, illetve az R+ csoport madaraiban közel azonos T4 szintet mértünk, 50,13 nmol/l, illetve 50,99 nmol/l. A fenti eredmények (struma mértéke, T3 és T4 hormonszintek) azt jelzik, hogy az ásványianyag-kezelés (R+) képes volt ellensúlyozni a repcepogácsa tireosztikus hatását ($P < 0,05$).

16. táblázat A vér T3 és T4 hormonszintjeinek változása a brojlerkísérletben

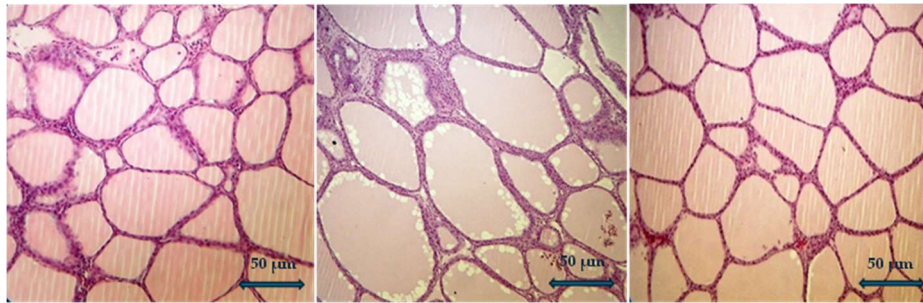
Paraméter	Egység	K ¹	R ²	R+ ³
T3 ⁴	nmol/l	2,95±0,45 ^c	4,68±0,81 ^a	3,92±0,55 ^b
T4 ⁵	nmol/l	50,13±4,60 ^b	61,22±7,69 ^a	50,99±7,19 ^b

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítés; ⁴trijód-tironin hormon; ⁵tetrajód-tironin = tiroxin hormon; ^{a,b,c}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól $P < 0,05$ szinten; n=10 kezelésként.

4.1.2.3. SZÖVETTANI VIZSGÁLAT

A kontrollcsoport metszeteiben az acinusokat egyrétegű lapos és/vagy köbhám bélelte. A kolloid homogén festődést mutatott valamint nem volt felismerhető vakuolizáció (5a. ábra). Az R csoport madarainak szövettani képében az acinusok szerkezete megváltozott, egyrétegű köbhám és/vagy

hengerhám, illetve néhány helyen az utóbbi két sorban látható. A kolloidban vakuólumokat figyeltünk meg az acinus epiteliális sejtjei közelében (5b. ábra). Az R+ metszetekben az acinusokat egyrétegű lapos és/vagy köbhám bélelte, homogén acidofil festődést mutató kolloiddal voltak kitöltve, sejtüregecskék nélkül (5c. ábra).



(a) K kezelés¹

(b) R kezelés²

(c) R+ kezelés³

5. ábra A különböző takarmánnyal etetett csirkék pajzsmirigyének szövettani metszete

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítés

A brojlercsirkék pajzsmirigyének *acinus* átmérőjét a 17. táblázat tartalmazza.

17. táblázat A pajzsmirigy szövettani metszetében az acinusok átmérői

Paraméter	Mértékegység	K ¹	R ²	R+ ³
Átmérő	µm	100,6±37,5 ^a	119,6±45,3 ^b	105,9±38,0 ^a

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko”-kiegészítés, ^{a,b}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten; n=10 kezelésenként.

Az R takarmánnyal etetett csirkéknél az *acinus* átmérők szignifikánsan nagyobbak voltak (119,6 µm). Az R+ csoportban az *acinus* átmérők nem

mutattak eltérést a kontrollcsoporthoz képest: az átlagos *acinus* átmérő 105,9 μm volt, ami mindössze 5,3 μm -rel haladta meg a kontrollcsirkék értékét (100,6 μm).

A pajzsmirigyhormonok (T3 és T4) a szervezet valamennyi sejtjének aktivitását befolyásolják, elősegítve a sejtek oxigén felvételét. Szabályozzák a takarmány fő táplálóanyagainak (fehérje, szénhidrát, lipidek) sejtszintű hasznosítását, vagyis a sejtek energiafelhasználását. A jódtartalmú hormonok növekedésben betöltött szerepe jól megmutatkozik hipotireózis esetében, amikor a csirkék súlygyarapodása lelassul, megtorpan. A brojlerekben a hizlalási periódus napjainkban már kevesebb mint 6 hét alatt befejeződik, így a pajzsmirigyhormonok létfontosságú szerepet játszanak a csirkék megfelelő ütemű növekedésében (*Stojevic és mtsai*, 2000). *Woyengo és mtsai* (2011) az extrahált-expeller repce arányának növelésével (0-40%) párhuzamosan a szérum tiroxin (T4) koncentrációjának emelkedését figyelték meg brojlercsirkékben ($P=0,0019$), míg a pajzsmirigy élősúlyhoz viszonyított tömege és a szérum T3 szintje nem változott. Másik vizsgálatban ugyanakkor 20% extrahált repcedarát tartalmazó takarmány etetésekor a brojlerekben kisebb ($P<0,05$) tiroxinszintet mértek valamint nagyobb ($P<0,05$) volt a pajzsmirigyek relatív tömege (*Rabie és mtsai*, 2015). A kisebb tiroxinkoncentráció élettani magyarázata az lehet, hogy a glükozinolátok bomlástermékei gátolják a pajzsmirigyben a T4 szintéziséhez szükséges jódd felvételét. A tiroxin képződésének csökkenése visszahat a hipofízisre (negatív feed-back), fokozódik a pajzsmirigy-stimuláló hormon (TSH) szekréciója, aminek következménye a pajzsmirigy méretének növekedése (*Schöne és mtsai*, 1997).

A glükozinolátok az állatok termelésére valamint élettani folyamataira gyakorolt negatív hatásának mérséklésére különböző kezelési módszereket dolgoztak ki és teszteltek. A legtöbb ilyen módszer magában foglalja a glükozinolát hidrolízisét vagy lebontását. Kémiai kezeléssel és/vagy kiegészítéssel is kísérleteztek a glükozinolátokkal összefüggő toxicitás leküzdésére (*Tripathi és Mishra, 2007*). Brojlerek és sertések takarmányában a réz-szulfáttal (80 vagy 160 g/kg) kezelt repcedara etetése javította a súlygyarapodást, a pajzsmirigy működését, a jódszintet, a szérum Zn-tartalmát és az alkalikus foszfatáz aktivitást (*Schöne és mtsai, 1990*). Természetesen figyelembe kell venni azt a tényt is, hogy az EU brojlertakarmánykeverékek réztartalmát az elmúlt időszakban jelentős mértékben szigorította (jelenleg: 25 mg réz/takarmány kg, EFSA 2016). Egy másik, brojlerekkel végzett vizsgálatban (*Schöne és mtsai, 1993*) mirozinázzal kezelt repcedarát valamint jód-, illetve rézkiegészítést alkalmaztak. A jód nélküli repcedara etetésekor jelentősen megnőtt a madarak pajzsmirigyének súlya, valamint a vér T4-koncentrációja. Ez az eredmény azt jelzi, hogy jódhiányos körülmények között a repcedara különböző hatást gyakorol a tiroxinszintre, ami eltérő pajzsmirigy-aktivitást jelez. A jódkiegészítés szignifikáns hatással volt a pajzsmirigy súlyára *Zeb* (1998) munkájában is.

Az R csoportban a struma parenchymatosa kezdeti szövettani jeleit figyelhettük meg, amit az acinusok átmérőjének növekedése, a mirigyhám kocka alakú és/vagy oszlopos epitéliummá történő átalakulása, valamint a kolloid homogenitásában bekövetkezett változások mutattak. A takarmányozási kísérletben alkalmazott ásványi-kiegészítés (0,38% „Peelko”) megakadályozta a hidegen sajtolt repcepogácsa pajzsmirigyre

gyakorolt negatív hatásait, a kontroll és az R+ csoport acinus átmérője között nem találtunk különbséget.

Artukovic és mtsai (2015) hasonló szövettani elváltozásokról számoltak be a pajzsmirigyben a repcefogácsa (5-15%) etetése következtében. Az extrahált repcedarával végzett vizsgálatokban a takarmányban lévő melléktermék arányának 5-ről 20%-ra növelése a hámsejtek számának, az acinusok átmérőjének és a szövetminták magasságának növekedéséhez vezetett a brojlersirke pajzsmirigy szövetében (*Abidmoradi és Pedram*, 2007). A repce-melléktermékekkel etetett állatok pajzsmirigyében tapasztalható közepesen nagy tüszőnövekedés, valamint a minták részleges proliferációja a repcefogácsa goitrogén hatását jelzik. A morfológiai változások specifikitását befolyásolja a glükozinolát hidrolízis termékeinek mennyisége, az expozíció időtartama és a baromfi fajtája (*Koreleski és mtsai*, 2011; *Mikulski és mtsai*, 2012; *Wickramasuriya és mtsai*, 2015). Az elvégzett szövettani vizsgálat során azt találtuk, hogy a repcefogácsa ásványianyag-kiegészítése („Peelko”) enyhíti az R-kezelés negatív hatását a pajzsmirigyben az acinus átmérőjére. Az ásványianyag-kiegészítő Ca-, Mg- és Fe-tartalma jótékony hatást fejtett ki azáltal, hogy a hidegen sajtolt repcefogácsában stabil komplexeket képeztek a glükozinolátokkal, így korlátozva a goitrogén faktorok felszívódását. Egy másik magyarázat az lehet, hogy a fém sók befolyásolják a glükozinolátok hidrolízisét.

4.1.3. HÚSMINŐSÉGI VIZSGÁLAT EREDMÉNYEI

4.1.3.1. KÉMIAI VIZSGÁLAT

A vizsgálatunkban alkalmazott kezelések (R, R+) nem befolyásolták a húsminták (comb és mell) szárazanyag-tartalmát, de a fehérje- és

zsírtartalomban változást ($P < 0,05$) tapasztalhattunk a kontrollhoz képest (18. táblázat). Az R kezelés szignifikánsan ($P < 0,05$) csökkentette a mellizomminták fehérje (R: 859,4) és növelte a comb zsírtartalmát (R: 534,7) a kontroll (mell fehérjetartalom: 897,3; comb zsírtartalom: 339,0) vagy R+ kezeléshez képest (mell fehérjetartalom: 891,5; comb zsírtartalom: 406,1). Az R+ csoportban a brojlercsirkék fontos izommintáinak kémiai összetételének értékei nem mutattak szignifikáns eltérést a kontrollcsoporthoz viszonyítva.

18. táblázat A brojlerhúsminták kémiai összetételének vizsgálati eredménye

Paraméter	Minta	K ¹	R ²	R+ ³
Száranyag (g)	Comb	254,7±32,9	251,8±20,6	264,4±10,1
	Mell	258,5±6,7	250,9±7,9	256,1±9,9
Fehérje (g/kg szá. ⁴)	Comb	730,3±53,2	687,8±33,9	696,0±23,9
	Mell	897,3±26,9 ^a	859,4±33,4 ^b	891,5±18,9 ^a
Zsír (g/kg szá. ⁴)	Comb	339,0±56,6 ^b	534,7±57,6 ^a	406,1±97,8 ^b
	Mell	54,7±21,1	71,3±15,4	68,5±8,4

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko”-kiegészítés; ⁴száranyag; ^{a,b}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól $P < 0,05$ szinten; n=10 kezelésként.

Korábbi vizsgálatban (Banaszkiewicz, 2013) szójadarát tartalmazó kontrolltáphoz viszonyítva 15–20% repcepogácsa alkalmazása nem befolyásolta a húsminták zsírtartalmát. Más szerzők (Cortinas és mtsai, 2005; Shen és mtsai, 2005) a teljes szöveti zsírtartalom csökkenése mellett a többszörösen telítetlen zsírsavak szintjének emelkedését figyelték meg. A paradox változás valószínűleg a nagyobb mértékű lipidkatabolizmus,

illetve a fokozott zsírsavszintézis következménye (*Mandal és mtsai, 2014*).

4.1.3.2. Zsírsavösszetétel

A comb-, illetve a mellizomminták zsírsav-összetételének eredményeit a 19. és 20. táblázatban összegeztük. A kontrollcsoporttal összehasonlítva mindkét izomszövetben a főbb és meghatározó zsírsavak valamint zsírsavcsoportok %-os arányában hasonló irányú szignifikáns változásokat figyelhettünk meg a kezelések hatására. Az R és R+ csoportok húsmintáinak (comb és mell) zsírsavprofil eredményei között ugyanakkor nem találtunk eltérést. Ez azt mutatja, hogy a zsírsavak változásában a hidegen préselt repcepogácsaolaj zsírsavösszetétele a meghatározó. E tekintetben a „Peelko”-kiegészítésnek nincs hatása. Mind a comb- mind a mellizommintákban a telített zsírsavak (SFA) %-os aránya szignifikánsan kisebb, a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya pedig szignifikánsan nagyobb volt a kezelt csoportokban a kontrollhoz képest. A telített zsírsavak csökkenését a palmitinsav kisebb (mértéke 3,5%) aránya idézte elő. A PUFA-k közül a linolsav, illetve a linolénsav aránya mutatott markáns emelkedést a repcepogácsatartalmú csoportokban.

Az összes egyszeresen telítetlen zsírsavaknak (MUFA) aránya nem változott. Az ebbe a csoportba tartozó egyes zsírsavak arányait áttekintve kitűnik, hogy a repcepogácsa etetésekor (R és R+) mindkét izommintában a mirisztoleinsav, illetve a palmitoleinsav aránya csökkent. A combizommintákban pedig nőtt az olajsav (C18:1) %-os mennyisége.

Humán táplálkozás-egészségügyi szempontból fontos eredmény, hogy jól lehet az n-3 és n-6 többszörösen telítetlen zsírsavak arányát is növelte

a repceogácsa etetése (R, R+), de az n-6 és n-3 zsírsavak egymáshoz viszonyított aránya szűkült a kontrollhoz viszonyítva ($P < 0,05$).

19. táblázat Brojler combminták zsírsavprofil eredménye (g/100 g összes zsírsav)

Zsírsav	Jelölés	K ¹	R ²	R+ ³
Mirisztinsav	C14:0	0,05±0,05 ^a	0,41±0,03 ^b	0,40±0,03 ^b
Palmitinsav	C16:0	21,21±1,00 ^a	17,62±0,83 ^b	17,73±0,92 ^b
Sztearinsav	C18:0	5,91±0,34	5,63±0,48	5,79±0,26
Telített zsírsavak	SFA ⁴	28,03±0,98 ^a	24,13±0,60 ^b	24,36±0,93 ^b
Mirisztolénsav	C14:1	0,12±0,03 ^a	0,06±0,02 ^b	0,06±0,02 ^b
Palmitolénsav	C16:1	5,00±0,73 ^a	3,27±0,65 ^b	3,07±0,44 ^b
Olajsav	C18:1	36,82±1,41 ^b	38,33±0,98 ^a	38,18±0,50 ^a
Vakcénsav	c-C18:1	1,19±0,12	1,24±0,09	1,20±0,09
Egyszeresen telített zsírsavak	MUFA ⁵	43,65±1,83	43,50±1,46	43,09±0,88
Linolsav	C18:2 n-6	24,86±1,83 ^b	28,21±1,30 ^a	28,55±1,45 ^a
Linolénsav	C18:3 n-3	0,94±0,07 ^b	1,60±0,08 ^a	1,64±0,14 ^a
Arachidonsav	C20:4 n-6	0,82±0,20	0,86±0,30	0,80±0,17
Dokozapentaénsav	C22:5 n-3	0,08±0,02 ^b	0,11±0,03 ^a	0,10±0,02 ^{ab}
Dokozahexaénsav	C22:6 n-3	0,04±0,01	0,06±0,03	0,05±0,02
Többszörösen telítetlen zsírsavak	PUFA ⁶	27,86±2,19 ^b	31,92±1,60 ^a	32,11±1,62 ^a
n-6		26,41±1,54 ^b	29,71±1,37 ^a	29,93±1,44 ^a
n-3		1,10±0,18 ^b	1,81±0,13 ^a	1,83±0,15 ^a
n-6/n-3		24,01±0,83 ^a	16,41±0,51 ^b	16,36±0,45 ^b

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repceogácsa; ³hidegen sajtolt repceogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítés; ⁴saturated fatty acids; ⁵monounsaturated fatty acids; ⁶polyunsaturated fatty

acids; ^{a,b}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten; n=10 kezelésként.

20. táblázat **Brojler mellminták zsírsavprofil eredménye (g/100 g összes zsírsav)**

Zsírsav	Jelölés	K ¹	R ²	R ³
Mirisztinsav	C14:0	0,50±0,07 ^a	0,29±0,04 ^b	0,40±0,04 ^b
Palmitinsav	C16:0	21,24±0,95 ^a	17,65±0,70 ^b	17,45±1,12 ^b
Sztearinsav	C18:0	6,37±0,48	5,96±0,35	6,10±0,38
Telített zsírsavak	SFA ⁴	28,73±1,22 ^a	24,60±0,70 ^b	24,53±1,32 ^b
Mirisztoleinsav	C14:1	0,11±0,03 ^a	0,05±0,01 ^b	0,05±0,01 ^b
Palmitoleinsav	C16:1	4,27±0,80 ^a	2,72±0,43 ^b	2,38±0,55 ^b
Olajsav	C18:1	34,88±2,27	36,83±1,00	35,87±1,18
Vakcénsav	c-C18:1	1,27±0,14	1,36±0,08	1,29±0,07
Egyszeresen telített zsírsavak	MUFA ⁵	40,82±2,70	41,54±1,23	40,15±1,54
Linolsav	C18:2 n-6	24,55±2,00 ^b	28,04±1,30 ^a	28,76±2,10 ^a
Linolénsav	C18:3 n-3	0,90±0,07 ^b	1,57±0,08 ^a	1,63±0,17 ^a
Arachidonsav	C20:4 n-6	1,63±0,72	1,48±0,40	1,70±0,57
Dokozapentaénsav	C22:5 n-3	0,16±0,08	0,22±0,06	0,24±0,09
Dokozahexaénsav	C22:6 n-3	0,10±0,06	0,11±0,04	0,14±0,06
Többszörösen telítetlen zsírsavak	PUFA ⁶	28,98±2,16 ^b	32,88±1,33 ^a	34,00±2,04 ^a
	n-6	27,31±1,62 ^b	30,45±1,56 ^a	31,46±1,58 ^a
	n-3	1,23±0,14 ^b	1,96±0,11 ^a	2,08±0,12 ^a
	n-6/n-3	22,20±0,89 ^a	15,54±0,46 ^b	15,13±0,43 ^b

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítés; ⁴saturated fatty acids; ⁵monounsaturated fatty acids; ⁶polyunsaturated fatty acids; ^{a,b}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten; n=10 kezelésként.

Az állati termékek zsírsavprofiljára vonatkozó eredményeink megegyeznek *Gao és mtsai* (2020) adataival. Kimutatták, hogy a C18:2n-6 és C18:3n-3 zsírsavakban gazdag olajok takarmányban való használata növeli a baromfihús izomzatának n-3 és n-6 PUFA szintjét (*López-Ferrer és mtsai*, 2001; *Newman és mtsai*, 2002; *Kitessa és Young*, 2009). A megfelelő mennyiségű többszörösen telítetlen zsírsavak (*Halle és Schöne*, 2013), azon belül is az n-3 zsírsavak (*Fébel és mtsai*, 2008) biztosítása a takarmányozás révén az állati eredetű termékekben előnyös lehet az emberi szervezet számára (*Agah és mtsai*, 2010; *Mandal és mtsai*, 2014), segítheti az esszenciális zsírsavigény kielégítését (*Simopoulos*, 2002), illetve a szív- és érrendszeri betegségek megelőzését és kezelését (*Gebauer és mtsai*, 2006).

4.1.3.3. MDA-érték

A combból és a mellizomból vett mintákban a lipidperoxidációt jelző MDA szintek minden vizsgálati időpontban az R csoportban volt a legnagyobb (21. táblázat). Az állatok vágása után frissen kivett combminták MDA szintje szignifikánsan nagyobb volt a K és R+ csoportban mért értéknél. A mellizom esetében pedig az R és R+ minták között találtunk szignifikáns eltérést (0,26, illetve 0,17 mg MDA/kg). Egy hónapos tárolás után (MDA 2.) továbbra is a K és R+ húsminták MDA szintje kisebb volt a kezeletlen repcepogácsát fogyasztó csirkék húsmintáiban talált MDA szinteknél. Szignifikáns eltérést az R csoportból származó combizom esetében a K-hoz és R+-hoz viszonyítva, a mellizomnál a K és R között. Az MDA 3. minták (két hónapos tárolás) elemzésekor az R csoport combizommintáiban az MDA-szint

szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontrollban. Az R csoport mellizommintáinak MDA szintje két hónapos tárolást követően a kontroll, illetve az R+ kezelés MDA értékeit is szignifikáns mértékben meghaladta.

21. táblázat Brojler húsminták (comb, mell) MDA eredménye

MDA (mg/kg)	Minta	K ¹	R ²	R+ ³
MDA 1. ⁴	Comb	0,22±0,03 ^B	0,32±0,04 ^A	0,18±0,04 ^B
	Mell	0,21±0,06 ^{AB}	0,26±0,05 ^A	0,17±0,04 ^B
MDA 2. ⁵	Comb	0,19±0,06 ^B	0,37±0,05 ^A	0,20±0,07 ^B
	Mell	0,27±0,04 ^b	0,36±0,06 ^a	0,33±0,07 ^{ab}
MDA 3. ⁶	Comb	0,22±0,02 ^b	0,33±0,08 ^a	0,24±0,10 ^{ab}
	Mell	0,20±0,04 ^b	0,28±0,06 ^a	0,21±0,02 ^b

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítés; ⁴friss húsminta; ⁵1 hónap mélyfagyasztott tárolás után; ⁶2 hónap mélyfagyasztott tárolás után; ^{a,b}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten; ^{A,B}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,01 szinten; n=10 kezelésenként.

A repcepogácsa alkalmazásakor a takarmánnyal több PUFA-t vesznek fel csirkék, aminek következtében nagyobb mennyiségben szívódhatnak fel telítetlen zsírsavak. A több kettős kötésű zsírsav a szervezetben a szöveti lipidperoxidáció sebességének növekedését idézheti elő. Az R csoport húsmintáiban a nagyobb MDA érték a fokozott mértékű lipidperoxidációt jelzi, mivel ez a vegyület ezen folyamat végterméke (Agah és mtsai, 2010). Olajos mag brojlertakarmányhoz való hozzáadásakor csökkent (P<0,001) a húsminták oxidatív stabilitása (Rahimi és mtsai, 2011). Kísérletünkben is kezeletlen repcemagpogácsával etetett brojlercsirkék comb- és mellizom mintáiban mértük a legnagyobb MDA értéket. Az MDA főként a több kettős kötést tartalmazó zsírsavak peroxidációjakor keletkezik. Ehhez még

hozzájárult az is, hogy a combminták zsírtartalma is az R csoportban volt a legnagyobb (18. táblázat), azaz szignifikánsan több lipidet tartalmazott a combizom. Korábbi vizsgálatok eredményei szerint a húspan mért MDA-szint, a nagyobb telítetlen zsírsav-koncentráció valamint lipidtartalom között szoros kapcsolat van (Ruiz és mtsai, 1999; Zanini és mtsai, 2006). Ezt a világosan megfogalmazott összefüggést ugyanakkor egyes kezelések befolyásolhatják. Doktori munkámban vizsgált ásványianyag-kiegészítő, a „Peelko” ugyanis megakadályozta a húspanmintákban a lipidperoxidációt. Etetések (R+) a csirkék húspanmintáiban a kontrollal azonos MDA értéket mértünk. Ezt az eredményt annak fényében kell értékelnünk, hogy a mell- és a combizommintákban a PUFA aránya szignifikánsan nagyobb volt (19. és 20. táblázat). Vagyis a kiegészítőben lévő ásványianyagok a kettős kötést tartalmazó, azaz oxidációra rendkívül hajlamos zsírsavak jelenlétében is képesek voltak a lipidperoxidáció megakadályozására.

Az egyes izomszövetek a bennük lévő eltérő mennyiségű hem pigmenttartalom miatt eltérően reagálhatnak az oxidatív folyamatokra. A mellizom a combnál kisebb hem pigmenttartalma miatt csökkent MDA képződést indukál (Zanini és mtsai, 2006). Az egyes izomminták MDA koncentrációját áttekintve megállapítható, hogy nem tudtuk igazolni a hem pigment és a lipidperoxidáció mértéke közötti kapcsolatot. Függetlenül a kezeléstől a kétféle izom MDA értékei nem különültek el élesen, sőt két esetben (MDA 2. időpont K és R+ minták) a mellizomban jóval nagyobb MDA koncentrációt találtunk.

4.1.3.4. Hússzín

A 22. táblázatban megfigyelhető, hogy a repcepogácsa (R kezelés) befolyásolta a mellminták színparamétereit. Az R csoportban a világossági index (L*:59,90) és a vörös-zöld színindex (a*: 8,71) eltért a kontrolltól (L*: 57,99; a*: 10,58) és az R+ kezeléshez képest (L*: 56,67). A b* színindex értéke az R+ csoportban szignifikánsan kisebb volt, mint a kontrollcsoportban (22,69 és 24,53).

22. táblázat A brojlercsirke húsminták színvizsgálati eredménye

Szín paraméter	Minta	K ¹	R ²	R+ ³
L* ⁴	Comb	56,76±1,38	56,38±1,44	55,83±1,19
	Mell	57,99±1,26 ^b	59,90±1,13 ^a	56,67±0,93 ^b
a* ⁵	Comb	11,53±0,90	10,67±0,51	11,09±0,65
	Mell	10,58±0,72 ^a	8,71±0,55 ^b	9,49±0,74 ^{ab}
b* ⁶	Comb	19,75±1,40	18,84±0,89	18,61±1,12
	Mell	24,53±1,68 ^a	24,21±0,91 ^{ab}	22,69±1,08 ^b

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítő; ⁴világossági index; ⁵zöld-vörös szín index; ⁶sárga-kék szín index; ^{a,b}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten; n=10 kezelésként.

Az extrahált szójadara részleges helyettesítése növekvő részarányú (10-40%) extrahált repcedarával, eredményeinkkel ellentétben, nem változtatta meg a csirkemell minták L*, a* és b* értékét (*Akamittath és mtsai*, 1990). Más szerzők (*Gopinger és mtsai*, 2014) szerint is az extrahált repcedara akár 40%-ban is etethető brojlerekkel anélkül, hogy a hús színét vagy egyéb érzékszervi tulajdonságait negatívan befolyásolná.

4.1.3.5. Organoleptikus vizsgálat

Repepogácsa alkalmazásakor (R, R+) a bírálók nagyobb színegyenletességet jelöltek a csirkék combmintáiban (R: 7,8; R+: 7,8; K: 5,3). A rántott mellre jellemző íz az R csoportban volt a legnagyobb (23. táblázat). Egyes érzékszervi tulajdonságokban (zsíros utóíz és rostosság) szignifikánsan rosszabb megítélés figyelhető meg az R hatására a többi csoporthoz (K, R+) viszonyítva (zsíros utóíz comb R: 3,9 < R+: 2,8 < K: 2,7; zsíros utóíz mell R: 1,0 < R+: 0,6 < K: 0,2; rostosság comb R: 2,9 < R+: 2,1 < K: 1,6; rostosság mell R: 4,6 < R+: 3,6 < K: 3,3).

23. táblázat Brojler húsminták organoleptikus vizsgálatának eredménye (pont, preferenciaskála)

Érzékszervi tulajdonság	Minta	K ¹	R ²	R ³	P-érték
Színárnyalat	Comb	4,5	4,9	4,3	0,5887
	Mell	3,4	2,6	3,2	0,2845
Színegyenletesség	Comb	5,3 ^B	7,8 ^A	7,8 ^A	<0,0001
	Mell	7,4	7,5	6,8	0,3911
Jellemző íz	Comb	6,9	7,2	6,3	0,0566
	Mell	6,5 ^B	8,2 ^A	6,1 ^B	<0,0001
Jellemző illat	Comb	7,3	7,7	7,3	0,5141
	Mell	7,1	7,8	7,1	0,1644
Zsíros utóérzet	Comb	2,7 ^b	3,9 ^a	2,8 ^b	0,0086
	Mell	0,2 ^b	1,0 ^a	0,6 ^{ab}	0,0245
Rostosság	Comb	1,6 ^C	2,9 ^A	2,1 ^B	<0,0001
	Mell	3,3 ^B	4,6 ^A	3,6 ^B	0,0006

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa+ 0,38% „Peelko” kiegészítés; ^{a,b}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek

egymástól $P < 0,05$ szinten; ^{A,B,C}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól $P < 0,001$ szinten; $n=10$ kezelésenként.

Wood és mtsai (2017) szerint a baromfihús ízében talált eltérés hátterében a hús lipiddtartalmában valamint annak összetételében található különbségek áll. Ezt a véleményt erősíti *Moraes és mtsai* (2016) kísérleti eredménye is. Extrahált repcedara etetésekor a vágást (42 napos életkor) követően a brojlercsirkék mellizommintáiban nagyobb zsírtartalmat mértek. A lipiddtartalom növekedésével hozták összefüggésbe a repcedarával takarmányozott csirkék húsanak, a szójadarát tartalmazó kontrollhoz képest kedvezőbb organoleptikus minősítési eredményét.

4.2. HÍZÓCERTÉSEKKEK VÉGGZETT KÍSÉRLET EREDMÉNYE

4.2.1. Termelési paraméterek

A sertésekkel végzett etetési kísérlet termelési eredményeit a 24. táblázat foglalja össze. Jól látható, hogy a kísérlet beállításakor (94 napos életkor) homogén állományt alakítottunk ki, az állatok súlya 39 kg körül volt mindhárom csoportban. A repcepogácsa etetése szignifikánsan csökkentette a sertések napi súlygyarapodását, melynek következtében a 124, illetve 161 napos életkorban mért súlyok kisebbek ($P < 0,05$) voltak. Így az R+ és K takarmányt fogyasztó hízósertések kedvezőbb élősúlyt értek el (M2-K: 63,7; M3-K: 92,9; M2-R+: 65,9; M3-R+: 95,1) az R kezeléssel összehasonlítva (M2-R: 59,4; M-3-R:85,1). A takarmányfelvételben nem találtunk eltérést a csoportok között. A fajlagos takarmányértékesítés az egész etetési időszakban az R+ csoportban volt a legkedvezőbb. A kapott érték (1,86 kg/kg) szignifikánsan jobb volt a kontrollcsoport (2,03 kg/kg) valamint a kezeletlen repcepogácsát (R) fogyasztó állatokétól (2,08).

24.táblázat A sertések termelési eredménye

	Mérés (M)	Kor (nap)	K ¹	R ²	R ³
Élősúly (kg)	M1	94	39,2±2,5	39,0±2,3	39,1±2,6
	M2	124	63,7±3,5 ^a	59,4±3,9 ^b	65,9±3,8 ^a
	M3	161	92,9±4,3 ^a	85,1±4,8 ^b	95,1±4,4 ^a
SGy ⁴ (g/nap)	M1-2	94-124	816±138 ^a	678±158 ^b	894±142 ^a
	M2-3	125-161	790±163	695±171	788±169
	M1-3	94-161	802±151 ^a	687±165 ^b	835±156 ^a
TF ⁵ (kg)	M1-2	94-124	45,9±1,3	40,7±1,7	44,7±1,6
	M2-3	125-161	62,9±2,2	55,1±2,3	61,2±2,2
	M1-3	94-161	108,9±1,8	95,8±2,0	104,1±1,9
FTÉ ⁶ (kg/kg)	M1-2	94-124	1,87±0,02 ^{ab}	2,00±0,03 ^a	1,60±0,02 ^b
	M2-3	125-161	2,16±0,03	2,14±0,04	2,10±0,03
	M1-3	94-161	2,03±0,03 ^a	2,08±0,04 ^a	1,86±0,03 ^b
Elhullás (%)	M1-3	94-161	0	0	0

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítés; ⁴átlagos napi súlygyarapodás; ⁵takarmányfelvétel; ⁶fajlagos takarmányértékesítés; ^{a,b} azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten; n=9 kezelésenként.

Az extrahált repcedara etetése nem befolyásolta a sertéshús minőségét, de csökkentette a súlygyarapodást több szerző tapasztalata alapján (*Choi és mtsai, 2015; Zmudzinska és mtsai, 2020*). *Grabez és mtsai (2020)* kísérletében a repcedara rontotta a fajlagos takarmányértékesítést. Hasonló eredményt kaptunk mi is kísérletünkben, ugyanis az R kezelés negatív hatást gyakorolt a napi súlygyarapodásra, illetve a fajlagos takarmányértékesítésre. Más kutatások szerint kis mennyiségű repcedara felhasználható a sertéstápokban anélkül, hogy káros hatással lenne a növekedési teljesítményre és a húsminőségre (*Cheng és mtsai, 2022*). *Shi és mtsai (2016)* azt találták, hogy a 10% repcedarát tartalmazó takarmány nincs káros hatással a hízósertések termelésére. A fentiekből kitűnik, hogy nem egyértelmű a repcedara hatása. Az eredményekben mutatkozó

különbségek az eltérő repcefajtákkal és feldolgozási kezelésekkel, valamint a kísérleti sertések különböző fajtaival és életszakaszaival magyarázhatók (Cheng és mtsai, 2022).

A hízőkísérlet eredményeinek értékelésekor fontos kiemelni, hogy a repcepogácsa „Peelko” kezelése (R+ csoport) esetében ugyanakkor a kontrollesoporttal (K) azonos súlygyarapodást kaptunk, a takarmányértékesítés pedig még jobb is volt a K-val összehasonlítva.

4.2.2. A pajzsmirigy vizsgálata

4.2.2.1. Pajzsmirigy súlyok

A hidegen préselt kezeletlen repcepogácsa etetése (R csoport) szignifikánsan növelte a pajzsmirigyét (25. táblázat). A szerv súlya a 3 kezelést összehasonlítva a legnagyobb volt, 11,2 g. A struma mértékét a „Peelko” kiegészítés mérsékelte (8,9 g). Az R+ és a K csoportban a pajzsmirigy súlya között nem találtunk szignifikáns eltérést.

25. táblázat A pajzsmirigy súlyának alakulása a sertéskísérletben

Paraméter	Mértékegység	K ¹	R ²	R+ ³
Élősúly	kg	92,9±4,3 ^a	85,1±4,8 ^b	95,1±4,4 ^a
Pajzsmirigy	g	7,5±0,7 ^b	11,2±2,5 ^a	8,9±2,6 ^{ab}

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítés; ^{a,b}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten; n=9 kezelésenként

4.2.2.2. Pajzsmirigyhormonok

Az R csoportban talált struma ellenére a pajzsmirigyhormonok (T3, T4) szérum szintjében nem tapasztaltunk mérhető különbséget a csoportok között (C, R, R+, 26. táblázat).

26. táblázat A pajzsmirigyhormonok (T3 és T4) koncentrációja

Paraméter	Mértékegység	K ¹	R ²	R ³
T3 ⁴	nmol/l	0,66±0,19	0,68±0,13	0,67±0,19
T4 ⁵	nmol/l	50,11±8,83	40,51±4,80	42,98±10,38

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítés; ⁴trijód- tironin hormon; ⁵tetrajódtironin=tiroxin hormon; ^{a,b}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten; n=9 kezelésként.

Eredményeinkhez hasonlóan nem tapasztaltak (*Shi és mtsai*, 2016) eltérést a szérum T3 és T4 szintekben a fermentált, illetve fermentálás nélküli extrahált repcedara etetésekor, amit a szerzők a repcében található izotiocianátok kis mennyiségével hoztak összefüggésbe. *Xu és mtsai* (2012) eredményei is azt erősítik meg, hogy a repcében lévő alacsony antinutritív összetevők nem befolyásolják a monogasztrikusok pajzsmirigy működését. Mindezzel szemben *Svetina és mtsai* (2003) kutatási eredményeik alapján azon a véleményen vannak, hogy a sertések pajzsmirigyének hipertrófiáját idézi elő az 5 µmol/g glükozinoláttartalom alatti duplanullás extrahált repcedara alkalmazása is. Ennek hátterében a pajzsmirigyhormonok különböző mértékű szekrécója és hatáserőssége állhat (*Danforth és Burger*,1989). A T3 biológiai hatása a tiroxinnál négyszer erősebb, illetve a pajzsmirigysejtek a jódfelvétel szabályozásával valamint a véráramba juttatott T3/T4 arányával képesek a hormonok hatását regulálni (autoreguláció).

4.2.3. Húsminőségi vizsgálat eredményei

4.2.3.1. Vágóhídi húsminősítés

A vágóhídon minősítettük a színhús %-os mennyiségét, valamint különböző helyeken (mar, hát, ágyék) lemértük a szalonnavastagságot. Egyik paraméter esetében sem találtunk szignifikáns eltérést (27. táblázat), az értékek közel azonosak voltak a csoportokban (K, R, R+).

27. táblázat **Hízósertések vágóhídi eredménye**

Paraméter	Mértékegység	K ¹	R ²	R ³
Színhús	%	53,6±3,4	52,8±4,0	53,2±3,1
Marszalonna	mm	36,7±10,6	36,3±4,7	36,6±9,0
Hátszalonna	mm	21,0±4,0	21,7±6,0	21,4±4,8
Ágyékszalonna	mm	18,0±4,4	18,8±4,3	18,4±5,1

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítés; n=9 kezelésként.

Hüvelyes magvakat és repcedarát tartalmazó táp etetése nem rontotta sertésekben a húsminőséget, de a szójadarához képest szignifikánsan kisebb hátszalonna-vastagságot mértek (*Grabez és mtsai*, 2020). Hasonló eredményről számol be *Zaworska-Zakrewska és mtsai* (2019). Kísérletükben az extrahált repcedara csökkentette a hátszalonna-vastagságot. A doktori munkámban a sertésekkel elvégzett etetési kísérletben a hidegen sajtolt repcepogácsa nem befolyásolta a szalonnavastagságot. Feltételezhető, hogy az extrahált repcedara és a hidegen sajtolt repcepogácsa eltérő zsírtartalma, az alkalmazott sertéshibridek anyagforgalma, illetve az etetés hossza áll összefüggésben a hátszalonna-vastagsággal.

4.2.3.2. Zsírösszetétel

A sertések combmintáiban a zsírsav-összetételt a kezelések szignifikáns mértékben befolyásolták (28. táblázat). A telített zsírsavak aránya a kontrollcsoportban volt a legnagyobb (42,76%), ami szignifikánsan csökkent a „Peelko” kezelés hatására (40,69%).

28. táblázat Hízósertések combmintáinak zsírsavösszetétele (g/100 g)

Zsírsav	Jelölés	K ¹	R ²	R ³
Mirisztinsav	C14:0	1,50±0,20	1,36±0,11	1,30±0,15
Palmitinsav	C16:0	27,83±0,98	26,93±0,91	26,13±1,14
Sztearinsav	C18:0	12,53±0,92	12,54±0,62	12,41±1,27
Telített zsírsavak	SFA ⁴	42,76±1,20 ^a	41,84±1,54 ^{ab}	40,69±1,77 ^b
Mirisztoleinsav	C14:1	0,01±0,20	0,01±0,18	0,01±0,19
Palmitoleinsav	C16:1	4,91±1,02	4,74±0,63	4,19±0,99
Olajsav	C18:1	32,79±3,29 ^b	34,79±3,01 ^a	34,14±4,10 ^a
Egyszeresen telítetlen zsírsavak	MUFA ⁵	38,41±4,13	40,23±2,82	39,16±4,81
Linolsav	C18:2 n-6	13,06±2,31	12,60±2,52	14,36±3,22
Linolénsav	C18:3 n-3	0,47±0,04 ^b	0,58±0,13 ^{ab}	0,79±0,20 ^a
Arachidonsav	C20:4 n-6	4,16±1,38 ^a	3,68±0,99 ^b	3,79±1,26 ^b
Többszörösen telítetlen zsírsavak	PUFA ⁶	19,32±3,38 ^{ab}	18,39±3,46 ^b	20,63±4,29 ^a
n-6		18,35±3,82 ^{ab}	17,35±3,64 ^b	19,31±4,58 ^a
n-3		0,49±0,03 ^b	0,59±0,12 ^{ab}	0,84±0,25 ^a
n-6/n-3		37,75±0,30 ^a	29,51±0,11 ^b	22,96±0,05 ^c

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítés; ⁴saturated fatty acids; ⁵monounsaturated fatty acids; ⁶polyunsaturated fatty acids; ^{a,b,c}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten; n=9 kezelésként.

Jól lehet az olajsav arányát szignifikánsan megnövelte a kezeletlen, illetve kezelt repcepogácsa etetése (R és R+ csoport), de az egyszeresen telítetlen zsírsavak csoportjának %-os mennyiségében nem detektáltunk

eltérést a csoportok értékei között. Nem találtunk szignifikáns változást a linolsav %-os mennyiségében sem. Ugyanakkor az R+ csoportban mértük a legnagyobb linolénsavarányt (0,79%) a másik két húsmintával (K: 0,47%; R: 0,58%) összehasonlítva. Az R, illetve R+ kezelés csökkentette a comb lipidjeiben az arachidonsav arányát. Az összes PUFA %-os mennyiségét az R+ kezelés megnövelte, szignifikáns mértékben az R csoporthoz viszonyítva. Az n-6 illetve az n-3 zsírsavak aránya az R+ csoport combmintáiban volt a legnagyobb. Az R+ kezelés alkalmazása eredményezte a legszűkebb n-6/n-3 zsírsavarányt (22,96), ami szignifikánsan kisebb volt az R és K csoporthoz viszonyítva. A kontrollcsoportban mértük egyébként a legtágabb n-6/n-3 zsírsavarányt (37,75), míg a kezeletlen repcepogácsa (R) etetésekor ennél kedvezőbb arányt (29,51) találtunk.

Olajos magvak vagy olajosmag pogácsa etetésekor a sertéshús PUFA-tartalmának emelkedéséről számoltak be korábbi vizsgálatban (*Warnants és mtsai*, 1999). A húsban található egyes zsírsavak (SFA, MUFA, PUFA) aránya az olajforrástól, annak összetételétől, bekeverési arányától, valamint a szervezetben lévő lipidek elhelyezkedésétől és mennyiségétől függően változik. A hústípusú sertéshibridek a takarmánnyal felvett PUFA-ra érzékenyebben reagálnak, ami az SFA kisebb *de novo* szintézisével is magyarázható. A zsírsertésekben a nagyobb hatásfokú *de novo* SFA szintézis miatt csökken a PUFA-aránya a szövetekben (*Schöne és mtsai*, 2002). A PUFA koncentrációkban mutatkozó különbségeket nemcsak a hús-, illetve zsírhasznú sertéshibridek között figyelhető meg, hanem a különböző ivarú sertéseknél is (emse, ártány, kan), amely az ivarok közötti eltérő idejű és mennyiségű zsírmobilizációval magyarázható (*Cameron és mtsai*, 1999).

4.3. TOJÓTYÚKOKKAL VÉGZETT KÍSÉRLET EREDMÉNYE

4.3.1. Termelési eredmények

A 29. táblázat adataiból megállapítható, hogy a tyúkok tojástermelését a kezelések nem befolyásolták, közel azonos termelési %-ot találtunk. Az átlagos tojástömeg valamint a tojásmassza értéke sem különbözött a csoportokban. A súly szerinti kereskedelmi besorolás alapján (S: 53 g>; M: 53-62 g; L: 63-72 g; XL: 72 g<) a kontroll és a repcepogácsa kezelések (R, R+) tojásai is az „L” kategóriába tartoznak (*Európai Bizottság Szabályozása*, 2008).

29. táblázat A tojótyúkok termelési adatai a repceetelési kísérletben

Paraméter	K ¹	R ²	R ³
Termelés ⁴ (%)	94,3±9,6	96,0±8,3	94,8±7,8
Tojástömeg (g/tojás)	64±2	63±2	64±3
Tojásmassza (g/nap)	60±7	61±6	61±6

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítő; ⁴n=32 db tyúk/kezelés; ^{a,b}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten.

A nagy és kis glükozinoláttartalmú extrahált repcedara hatásával foglalkozó vizsgálatok (*Grandhi és mtsai*, 1977; *Campbell*, 1979; *Ibrahim és Hill*, 1980) eredményei szerint a kisebb glükozinoláttartalmú repcedarát 20%-ban fogyasztó tyúkok tojástermelése nem tért el a szójadarát tartalmazó kontrollhoz képest. Ugyanakkor ha a 20% bekeverési aránynál nagy glükozinoláttartalmú repcedarát alkalmaztak jelentős mértékben csökkent a tojótyúkok tojástermelése. Repcepogácsát alkalmazva még 25%-ban sem befolyásolta a tojótyúkok súlyát, mortalitását valamint a tojástermelést. A legnagyobb tojásokat a 20% repcepogácsával

takarmányozott tyúkok (62,25 g) tojtak, amelyet a 25%-os kezelés követett (61,24 g), a legkisebb súlyú tojásokat (58,26 g) érdekes módon 15% arányú repce etetésekor mérték (*Badshah és mtsai*, 2001). Ezt erősíti meg *Oryschak és mtsai* (2020) kutatása, amelyben a 20%-ban alkalmazott repceporácsa nem befolyásolta a tojástermelést, illetve a tojás minőségét. Feltételezhető, hogy a nagyobb részarányú repce-melléktermékek felhasználása mögötti kedvező eredmények oka a repce kisebb antinutritív hatása, illetve a repcemag kedvezőbb feldolgozási módszere áll, amely napjainkra elérhető, szemben a korábbi kutatásokkal (*Watts és mtsai*, 2021).

4.3.2. A pajzsmirigyhormonok koncentrációja

A 30. táblázat adataiból kitűnik, hogy a szérum trijód-tironin (T3) koncentrációja közel azonos volt a mintákban (K: 2,66 nmol/l; R: 2,99 nmol/l; R+: 2,98 nmol/l). A tiroxinszintekben sem találtunk szignifikáns eltérést, de az átlagértékeket áttekintve kitűnik, hogy a repceporácsa etetése függetlenül a „Peelko” alkalmazásától mind az R (79,15 nmol/l) mind az R+ (80,73 nmol/l) csoportban kismértékben megnövelte a T4-szintet a kontrollal összehasonlítva (73,48 nmol/l).

30. táblázat A vér T3 és T4 koncentrációja a tyúkokban

Paraméter	Egység	K ¹	R ²	R+ ³
T3 ⁴	nmol/l	2,66±0,40	2,99±0,52	2,98±0,46
T4 ⁵	nmol/l	73,48±7,54	79,15±8,89	80,73±7,25

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repceporácsa; ³hidegen sajtolt repceporácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítő; ⁴trijód-tironin hormon; ⁵tetrajód-tironin=tiroxin hormon; n= 10 tyúk/kezelés.

A glükozinolát metabolitok rontják a pajzsmirigy jódfelvételét, oxidációját, a jódnak a tireoglobulinhoz való kötődését, a szintézist és a

hormonok felszabadulását. A felsorolt hatások következménye pajzsmirigy hiperplázia és golyva (Schöne és mtsai, 1993). Zhu és mtsai (2024) vizsgálatában a nagy glükozinolát- és erukasavtartalmú repce a szérum T4-tartalmát csökkentette a kontrollhoz képest. A glükozinolát metabolitokról bebizonyosodott, hogy antiösztrogénként hatnak, blokkolva az ösztrogén által kiváltott sejtproliferációt (Ju és mtsai, 2000). Az utóbbi befolyásolja a petefészek működését, és ezzel a hormontermelést.

4.3.3. Tojásminőségi vizsgálat eredményei

4.3.3.1. Összetétel- és táplálóanyag-tartalom

A tojás kémiai összetételének vizsgálatakor nem találtunk különbséget egyik paraméter esetében sem, mindhárom csoportban hasonló értéket kaptunk (31. táblázat).

31. táblázat A tojás fontosabb beltartalmi paramétereinek alakulása

Paraméter	K ¹	R ²	R ³
Energia, kJ/tojás	290,0±20,2	292,0±22,5	292,0±24,3
Száranyag, g/tojás	12,7±0,9	12,3±0,8	12,4±1,0
Fehérje, g/tojás	7,2±0,5	7,2±0,6	7,2±0,6
Zsír, g/tojás	3,9±0,3	4,0±0,4	4,0±0,4
Szénhidrát, g/tojás	1,3±0,2	1,3±0,5	1,3±0,8
Hamu, g/tojás	0,6±0,1	0,6±0,2	0,6±0,1

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko”-kiegészítés; n= 60 minta/kezelés.

A 15%-ban etetett hidegen préselt repcepogácsa valamint a repce mellett etetett „Peelko”-kiegészítés nem befolyásolta egyik mért, illetve számolt beltartalmi értéket sem.

Tojótyúkokban a repcedara (7%) és napraforgódara (7,5%) keverékét tartalmazó takarmány a szójadarához (kontroll) képest nem befolyásolta a

tojások kémiai összetételét (Pirgozliev és mtsai, 2003). A repcepogácsa fermentációs kezelése kedvező hatást gyakorolt a tojásfehérje magasságára, valamint a Haugh-egységre (Kopacz és mtsai, 2021).

4.3.3.2. Zsírsvösszetétel

A tojás táplálkozási értékének meghatározásakor a tojássárga zsírsvösszetételét is vizsgáltuk (32. táblázat).

32. táblázat A tojássárgája zsírsvösszetétele (%)

Zsírsv	Jelölés	K ¹	R ²	R ³
Mirisztinsav	C14:0	0,35±0,06	0,34±0,05	0,35±0,06
Palmitinsav	C16:0	25,13±0,80 ^a	24,41 ±0,72 ^b	24,15±1,18 ^b
Sztearinsav	C18:0	8,15±0,46 ^a	7,91±0,53 ^a	7,82±0,40 ^b
Telített zsírsvak	SFA	33,99±0,94 ^a	33,00±0,76 ^b	32,66±1,30 ^b
Mirisztoleinsav	C14:1	0,06±0,01	0,06±0,02	0,02±0,00
Palmitoleinsav	C16:1	2,72±0,44	2,68±0,43	2,63±0,45
Olajsav	C18:1	38,79±1,66 ^b	41,34±1,34 ^a	41,54±1,81 ^a
Vakcénsav	c-C18:1	1,48±0,10 ^b	1,79±0,10 ^a	1,82±0,10 ^a
Egyszeresen telítetlen zsírsvak	MUFA	43,43±1,79 ^b	46,29±1,28 ^a	46,47±1,67 ^a
Linolsav	C18:2 n-6	17,03±1,52 ^a	14,96±1,19 ^b	14,99±1,45 ^b
Linolénsav	C18:3 n-3	0,82±0,12	0,80±0,10	0,81±0,10
Arachidonsav	C20:4 n-6	1,90±0,10	1,80±0,10	1,87±0,17
Dokozapentaénsav	C22:5 n-3	0,14±0,05	0,15±0,03	0,15±0,04
Dokozahexaénsav	C22:6 n-3	0,85±0,10 ^b	0,94±0,08 ^a	0,98±0,09 ^a
Többszörösen telítetlen zsírsvak	PUFA	21,38±1,80 ^a	19,31±1,36 ^b	19,43±1,71 ^b
n-6		19,46±1,64 ^a	17,31±1,27 ^b	17,37±1,57 ^b
n-3		1,83±0,22 ^b	1,91±0,12 ^{ab}	1,97±0,16 ^a
n-6/n-3		10,73±0,90 ^a	9,08±0,44 ^b	8,83±0,38 ^c

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelco”-kiegészítés; ^{a,b,c}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten; n= 60 minta/kezelés.

A telített zsírsavak közül a palmitinsav és sztearinsav aránya az R+ csoportban volt a legkisebb. A tojásokban a telített zsírsavarány (SFA) a kísérleti csoportokban szignifikánsan csökkent (R: 33,0% és R+: 32,66%) a kontrollcsoport értékéhez (33,99%) képest. Az olajsav, a vakcénsav valamint a MUFA %-os mennyisége a kezeletlen valamint a „Peelko”-val kezelt repceporogácsával takarmányozott tyúktojás sárgájában a kontrollénál szignifikánsan nagyobb volt. A többszörösen telítetlen zsírsavak közül a linolsav aránya szignifikánsan csökkent, a dokozahexaénsav aránya pedig nőtt az R és R+ csoportokban. A tojás sárgájában a PUFA aránya a kontrollcsoportban szignifikánsan nagyobb volt, mint a repceporogácsa etetésekor. Mindezek a változások azt eredményezték, hogy az n-6 zsírsavak aránya szignifikánsan kisebb volt az R és R+ csoportokban, valamint a legnagyobb n-3 zsírsavarányt (1,97%) a „Peelko”-kiegészítés esetében mértük, ami szignifikánsan eltért a kontrollcsoporttól (1,83%). Az n-6/n-3 zsírsavak aránya a kontrollcsoportban volt a legtágabb (10,73:1), amely az R csoportban 9,08:1-re, az R+ mintákban pedig még tovább szűkült 8,83:1-re, ami szignifikánsan kisebb a K és R csoport értékeihez képest. Ez azt jelenti, hogy a „Peelko”-val kezelt repceporogácsa alkalmazásakor mértük a legkedvezőbb arányt, mivel az jobban megközelítette a táplálkozási szakemberek által ajánlott 5:1 arányt.

Eredményeinkhez hasonlóan a repceolaj alkalmazása növelte a tojás sárgájában lévő olajsav és az összes MUFA mennyiségét, az összes PUFA-tartalom csökkent és szűkült az n-6/n-3 zsírsavarány (*Gül és mtsai, 2012*). A repceolaj az olajsav arányát növelő hatása következtében megakadályozza az LDL koleszterin felhalmozódását a szervezetben. Így

fontos szerepet játszik a szív- és érrendszer egészségének megőrzésében (Dernekbasi, 2010).

4.3.3.3. Színmérési vizsgálat

A színmérés vizsgálati eredményeit a 33. táblázatban összegeztük. A világossági index (L^*) nagyon közeli értéket mutatott a csoportokban, 62,42 és 62,94 között változott. Az a^* , valamint a b^* indexek a K csoportban voltak a legkisebbek ($a^*=3,14$; $b^*=53,46$), míg az R+ kezelés hatására mértük a legnagyobb értékeket ($a^*=5,47$; $b^*=61,61$). A tojássárgája színét az 1-15-ig terjedő Roché-skála alapján értékelve a 33. táblázat adataiból kitűnik, hogy az R csoportból származó tojások sárgájának volt a legerőteljesebb színe (6,74), azonban értéke nem jelentett szignifikáns eltérést a többi csoportétól (K és R+ csoportokban is 6,45). Ezek az eredmények összességében azt mutatják, hogy a kolorimetriás méréssel az R+ tojások színe volt a legélénkebb a kezelések közül.

33. táblázat A tojássárgája színmérés eredményei

Paraméter	K ¹	R ²	R+ ³
L^* ⁴	62,86±1,62	62,94±1,87	62,42±1,91
a^* ⁵	3,14±0,65 ^a	4,26±1,92 ^b	5,47±1,61 ^c
b^* ⁶	53,46±1,95 ^a	56,72±6,96 ^{ab}	61,61±5,61 ^b
Roche-skála ⁷	6,45±0,83	6,74±0,77	6,45±0,74

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko”-kiegészítés; ⁴világossági index; ⁵zöld-vörös szín index; ⁶sárga-kék szín index; ⁷DSM® Roche Yolk Color Fan - RYCF, a tojás sárgája nemzetközileg elfogadott színminősítése; ^{a,b,c}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól $P<0,05$ szinten; $n=120$ minta/kezelés.

Gül és mtsai (2012) 6% repceolaj használatával, illetve *Sasyte és mtsai* (2016) extrudált fullfat repce melléktermék használatával intenzívebb tojássárgája színt tapasztaltak, hasonlóan a repcepogácsával elvégzett kísérleti eredményeinkhez. *Zhu és mtsai* (2018) munkája igazolta, hogy a különböző repcetípus, az alkalmazott melléktermék részaránya és a tojás sárgája színe interakcióban állnak egymással ($P < 0,001$). A szerzők későbbi kutatása (*Zhu és mtsai*, 2024) arról tanúskodik, hogy a repce glükozinolát-tartalmától függően képes megváltoztatni a tojás héjának és sárgájának színét, amely feltételezhetően az antinutritív anyagok tyúkok hormonháztartására gyakorolt hatásával áll összefüggésben.

4.3.3.4. Organoleptikus vizsgálat

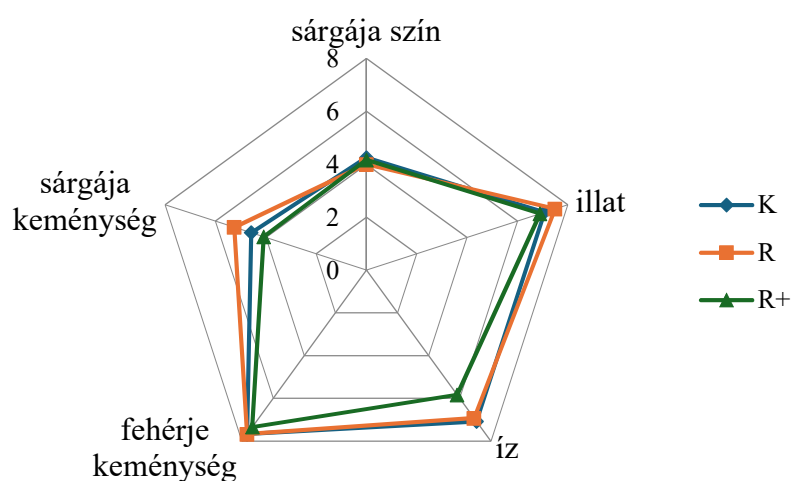
A Campden BRI Kft. bírálói által végzett érzékszervi vizsgálat eredményét a 6. és 7. ábra valamint a 34. és 35. táblázat mutatja. A főtt tojások sárgáját minden csoportban halványsárgának értékelték, a kezelések között nem volt különbség (34. táblázat és 6. ábra). A főtt tojások illatát 7,5 értékkel az R csoportban találták leginkább jellegzetesnek, szemben a kontroll 7,08, illetve az R+ csoport 6,92 pontjával.

A főtt tojás ízét ugyanakkor az R+ csoportban értékelték a legkisebb pontszámmal, 5,83 volt, ami szignifikánsan kisebb a másik két csoporttal összehasonlítva (kontroll: 7,08; R: 6,92). Idegen illat, illetve idegen íz egyik csoport főtt tojásaiban sem volt érezhető. Érdekes módon keserű ízt a kontroll főtt tojásokban jeleztek a bírálók, 1,42 értéket adtak, ami szignifikánsan nagyobb az R+ csoport 0,42 értékénél.

34. táblázat A főtt tojás bírálatának átlagértékei a varianciaanalízissel

Főtt tojás	K ¹	R ²	R+ ³	P-érték
Fehérje színe	1,00	1,08	1,00	0,7209
Sárgája színe	4,25	4,00	4,17	0,5407
Illat	7,08 ^b	7,50 ^a	6,92 ^b	0,0075
Idegen illat	0	0	0	-
Íz	7,08 ^a	6,92 ^a	5,83 ^b	<0,0001
Idegen íz	0	0	0	-
Keserű íz	1,42 ^a	1,08 ^a	0,42 ^b	0,0004
Fehérje keménysége	7,67	7,67	7,33	0,1643
Sárgája keménysége	4,58 ^b	5,25 ^a	4,08 ^c	<0,0001
Sárgája szárazsága	3,75 ^b	4,75 ^a	3,83 ^b	<0,0001

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repecpogácsa; ³hidegen sajtolt repecpogácsa + 0,38% „Peelco”-kiegészítés; ^{a,b,c}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól; n=10 tojásminta/kezelés.



6.ábra A főtt tojás organoleptikus értékelése (Campdem BRI, Budapest) (n=10)

A főtt tojásokban a sárgája keménysége illetve szárazsága az R jelű kezelés esetében szignifikánsan nagyobb volt mint a másik két csoportban. A „Peelko” kiegészítést tartalmazó takarmány etetése csökkentette a főtt tojásokban a sárgája keménységét. Itt adtak a bírálók a legkisebb pontszámot, ami (4,08) szignifikánsan eltér a kontrollcsoport (4,58), illetve az R kezelés (5,25) értékeitől.

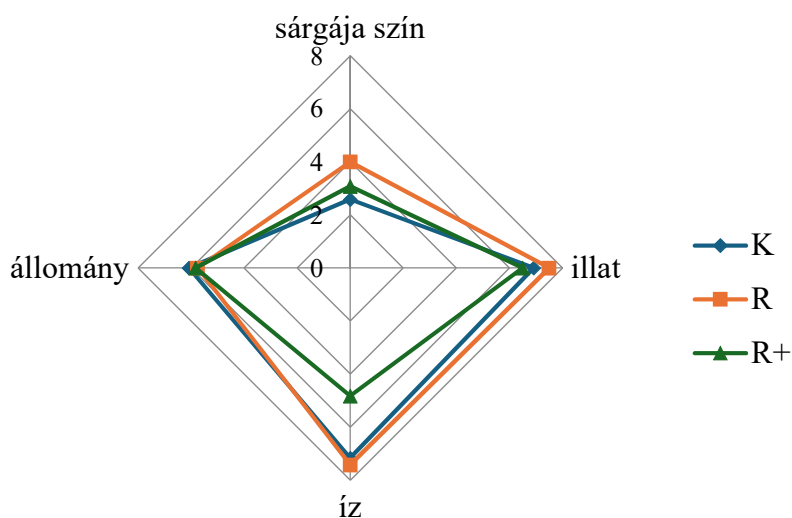
A tojásrántotta értékelésekor (35. táblázat és 7. ábra) az R minta sárgájának színét a bírálók intenzívebbnek ítélték, mint a többi mintáét, itt adták a legnagyobb pontszámot (4,00 szemben kontroll: 2,58 és R+: 3,08).

35. táblázat A tojásrántotta bírálatának átlagértékei a varianciaanalízissel

Rántotta	K¹	R²	R+³	P-érték
Sárgája színe	2,58 ^b	4,00 ^a	3,08 ^b	0,0002
Illat	6,92	7,25	6,50	0,0892
Idegen illat	0	0	0	-
Íz	7,17 ^a	7,42 ^a	4,83 ^b	<0,0001
Idegen íz	0 ^b	0,08 ^b	0,83 ^a	0,0150
Állomány	6,08	5,75	5,83	0,1435

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko”-kiegészítés; ^{a,b} azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól; n=10 tojásminta/kezelés.

Az R+ jelű tojásmintából készült rántotta íze szignifikánsan gyengébb volt, mint a többi mintáé.



7.ábra A tojásrántotta organoleptikus értékelése (Campdem BRI, Budapest) (n=10)

Idegen illatot egyik csoportban sem jeleztek, ugyanakkor, ellentétben a főtt tojással, az R+ csoport tojásaiból készült rántottában néhány bíráló idegen ízt érzett. Pontosán nem tudható ez milyen ízt jelent, mivel a rántotta értékelésekor a keserű íz nem volt bírálati szempont. Így nincs információnk az ízről, de érdemes megjegyezni, hogy a főtt tojás értékelésekor a keserű ízt legkevesebben az R+ csoport főtt tojásaiban érezték és a kontrollban volt a legtöbb ilyen észrevétel. Kísérletünkben az organoleptikus vizsgálatok eredményét összegezve elmondható, hogy a repcepogácsa etetése, illetve a „Peelko” kiegészítő alkalmazása a főtt tojás valamint a rántotta bírálati értékeit kis mértékben befolyásolta, markáns eltérést ugyanakkor nem okozott.

Korábbi vizsgálatban (*Badshah és mtsai, 2001*) különböző részarányú (15, 20, 25%) repcepogácsával takarmányozott tojótyúkoktól származó tojások (főtt) organoleptikus tulajdonságaiban nem találtak különbséget. Ezzel

szemben *Swiatkiewicz és mtsai* (2010) 8% repcepogácsa használatával a főtt tojások jelentős ízromlását mérték. A tojások érzékszervi minőségromlása a sárgájában lévő trimetilamin jelenlétével hozható összefüggésbe. Jól ismert, hogy egyes barnahéjú tojást tojó tyúkoknál hiányozhat a trimetilamin-oxidáz enzim, amely a trimetilamin szagtalan vegyületté bontásáért felelős (*Butler és Fenwick*, 1984; *Tossenberger és mtsai*, 2011). *Kopacz és mtsai* (2021) tapasztalataival egyezően kutatásunkban a repce kiegészítése (R+) a tojásrántottában idegen ízt okozott, amelynek háttérében az illékony vegyületek keletkezése állhat (*Sasyte és mtsai*, 2016).

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

TERMELÉSI PARAMÉTEREK

A hidegen sajtolt repcepogácsa (R) alkalmazása csökkentette a brojlerek és sertések élősúlyát a kontrollhoz viszonyítva (36. táblázat). A repcepogácsa antinutritívanyag-tartalmának csökkentésére irányuló „Peelko” kezelés (R+) a brojlerek élősúlyára nem, míg a sertésére kedvező hatást gyakorolt az R kezeléshez képest ($P < 0,05$). A tojástermelésben nem találtunk eltérést, ezért az eredményeket a szignifikáns változásokat bemutató táblázatban nem tüntettük fel.

36. táblázat A termelési paraméterek eredményeinek összefoglalása

Paraméter	Állat	Életkor nap (N)	K ¹	R ²	R+ ³
Élősúly (kg)	brojler	N 43	2,91±0,04 ^a	2,81±0,03 ^b	2,83±0,04 ^b
	sertés	N 124	63,7±3,5 ^a	59,4±3,9 ^b	65,9±3,8 ^a
		N 161	92,9±4,3 ^a	85,1±4,8 ^b	95,1±4,4 ^a
FTÉ ⁴ (kg/kg)	brojler	N 22-33	1,45±0,03 ^{ab}	1,56±0,04 ^a	1,21±0,02 ^b
		N 34-43	2,83±0,02 ^a	2,63±0,05 ^{ab}	2,17±0,04 ^b
	sertés	N 94-124	1,87±0,02 ^{ab}	2,00±0,03 ^a	1,60±0,02 ^b
		N 94-161	2,03±0,03 ^a	2,08±0,04 ^a	1,86±0,03 ^b

¹kontroll;²hidegen sajtolt repcepogácsa;³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko”-kiegészítés; ⁴fajlagos takarmányértékesítés; ^{a,b} azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól;

A kontrollcsoport valamint az R+ kezelés sertéseinek súlyában nem találtunk eltérést. Ez azt jelzi, hogy a hízósertésekben a hosszabb (67 nap) etetési idő lehetőséget adott arra, hogy a kezeletlen repcepogácsa antinutritív anyagainak mennyiségét a „Peelko” kezelés csökkenthesse. A brojlercsirkékkel végzett kísérletben a rövidebb, 22 napos időszak nem

volt elegendő a „Peelko” antinutritív anyagok felszívódását gátló hatásának maximalizálásához. Az R+ kezelés, az állatfajtól függetlenül, javította a fajlagos takarmányértékesítést. Ez a kedvező eredmény nemcsak az R hanem a kontrollcsoporttal összehasonlítva is megmutatkozott.

Összességében megállapítható, hogy a monogasztrikusok termelését az R+ kezelés ellensúlyozta a kezeletlen repcepogácsa termelési paraméterekre gyakorolt negatív hatását. A természetes mutatókban talált eredmények alapján javasolható a gyakorlatban a „Peelko” takarmánykiegészítő hozzáadása a hidegen sajtolt repcepogácsához (az alkalmazott 0,38%-ban) az intenzíven termelő monogasztrikusok teljesítményromlásának elkerülése érdekében.

PAJZSMIRIGY VIZSGÁLATA

A takarmányozási kísérletben elvégzett pajzsmirigy vizsgálattal a repce glükozinolát-tartalmának hatását szeretnénk volna ellenőrizni. Az egyes haszonállatok tiroidfunkciójának eredményeit a 37. táblázatban összegeztük. Ebben a táblázatban feltüntettük a kísérletekben használt repce glükozinolát-tartalmát is. A brojlercsirkékkel valamint hízósertésekkel végzett etetési kísérletekben a pajzsmirigy súlyát, függetlenül a kezeléstől, a hidegen préselt repcepogácsa alkalmazása (R és R+ csoportok) növelte a kontrollhoz képest. A „Peelko” kezelés hatására a struma mérete csökkent (szignifikánsan kisebb szervsúly az R-hez viszonyítva), de a pajzsmirigy súlya nem csökkent le a kontroll értékére. A pajzsmirigy hisztológiai képe ugyanakkor azt jelezte, hogy az R+ csoport madaraiban az acinusok átmérői a kontrollétól nem tértek el. A

kezeletlen repcepogácsa etetésekor a pajzsmirigymetszetekben szignifikánsan nagyobb átmérőjű acinusokat találtunk.

37. táblázat Pajzsmirigy vizsgálatok összesített eredményei

Paraméter	Állat	K ¹	R ²	R+ ³
Repce glükozinolát-tartalma (μmol/g)	brojler	-	1,85	
	sertés	-	3,1	
	tojótyúk	-	1,3	
Pajzsmirigy súlya (g)	brojler	0,18±0,03 ^c	0,56±0,21 ^a	0,49±0,16 ^b
	sertés	7,5±0,7 ^b	11,2±2,5 ^a	8,9±2,6 ^{ab}
Acinus átmérő (μm)	brojler	100,6±37,5 ^a	119,6±45,3 ^b	105,9±38,0 ^a
T3 (nmol/l)	brojler	2,95±0,45 ^c	4,68±0,81 ^a	3,92±0,55 ^b
	sertés	0,66±0,19	0,68±0,13	0,67±0,19
	tojótyúk	2,66±0,40	2,99±0,52	2,98±0,46
T4 (nmol/l)	brojler	50,13±4,60 ^b	61,22±7,69 ^a	50,99±7,19 ^b
	sertés	50,11±8,83	40,51±4,80	42,98±10,38
	tojótyúk	73,48±7,54	79,15±8,89	80,73±7,25

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko”-kiegészítés; ^{a,b,c}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten

Mindezekből arra lehet következtetni, hogy jól lehet a brojleres takarmánykeverékekben használt repce glükozinoláttartalma (1,85 μmol/g) tireosztatisz hatást gyakorolt az azt fogyasztó csirkékre (R és R+ csoport), de a „Peelko” takarmánykiegészítő képes volt ezt mérsékelni. A csirkékben mért szérumban T3 és T4 szintek is ezt támasztják alá.

A hízósertésekkel etetett repcében mértük a legnagyobb glükozinoláttartalmat (3,1 μmol/g), ami szignifikánsan megnövelte a pajzsmirigy súlyát. Itt is megmutatkozott az etetési idő hossza és a

„Peelko” pajmirigy méretét csökkentő pozitív hatása közötti összefüggés. Ugyanis ellentétben a brojlercsirkékkel, a hízósertésekkel végzett kísérlet időtartama (67 nap) lehetővé tette, hogy a „Peelko” kezelés kedvező hatása jelentkezhesen. Sertésekben a kontroll illetve az R+ csoport pajzsmirigy súlya nem mutatott szignifikáns különbséget.

Mivel a gyakorlatban jelentős eltérések lehetnek a repce glükoszínolát-tartalmában, eredményeink alapján a „Peelko” takarmánykiegészítő megfelelő és hatékony eszköz lehet a repce tiroosztikus hatásának enyhítésére.

AZ ÁLLATI TERMÉKEK (HÚS, TOJÁS) MINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

Az állati termékek (csirkemell, csirkecomb, sertéscomb, tojássárgája) minőségében talált legfontosabb eltéréseket a 38. táblázat mutatja.

38. táblázat Termékminőségi vizsgálatok fontosabb eredményei

Paraméter	Állati termék	K ¹	R ²	R+ ³
n-6/n-3 zsírsavak aránya	csirkecomb	24,01±0,83 ^a	16,41±0,51 ^b	16,36±0,45 ^b
	csirkemell	22,20±0,89 ^a	15,54±0,46 ^b	15,13±0,43 ^b
	sertéscomb	37,75±0,30 ^a	29,51±0,11 ^b	22,96±0,05 ^c
	tojássárgája	10,73±0,90 ^a	9,08±0,44 ^b	8,83±0,38 ^c
MDA ⁴ (mg/kg)	csirkecomb	0,22±0,03 ^b	0,32±0,04 ^a	0,18±0,04 ^b
	csirkemell	0,21±0,06 ^{ab}	0,26±0,05 ^a	0,17±0,04 ^b
Színvizsgálat (L*)	csirkemell	57,99±1,26 ^b	59,90±1,13 ^a	56,67±0,93 ^b
Színvizsgálat (a*)	csirkemell	10,58±0,72 ^a	8,71±0,55 ^b	9,49±0,74 ^{ab}
	tojássárgája	3,14±0,65 ^a	4,26±1,92 ^b	5,47±1,61 ^c
Színvizsgálat (b*)	csirkemell	24,53±1,68 ^a	24,21±0,91 ^{ab}	22,69±1,08 ^{ab}
	tojássárgája	53,46±1,95 ^a	56,72±6,96 ^{ab}	61,61±5,61 ^b

¹kontroll; ²hidegen sajtolt repcepogácsa; ³hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko”-kiegészítés; ⁴malondialdehid; ^{a,b,c}azonos sorban a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól P<0,05 szinten

Az n-6/n-3 zsírsavarány javult a repcepogácsa alkalmazásával minden vizsgált állati termékben. A legszűkebb n-6/n-3 többszörösen telítetlen zsírsavarányt az R+ takarmányt fogyasztó sertések combjában, illetve a tojássárgájában mértük. A nagyobb MDA-tartalom következtében a csirkehúsminák eltarthatóságát a hidegen sajtolt repcepogácsa (R) csökkentette. Ez a csirkehúsminák nagyobb többszörösen telítetlen zsírsavarányával áll szoros összefüggésben. A nagyobb PUFA arány és az MDA-tartalom közötti összefüggést nem tudjuk igazolni az R+ csoport mintái esetében. Ugyanis az ásványianyagokat tartalmazó „Peelko” kezeléssel, a csirkehúsminákban mért nagyobb PUFA arány ellenére sem találtunk a lipidperoxidációt mutató MDA-szint emelkedést.

A hús és a tojás színparamétereiben, valamint az érzékszervi vizsgálatok többségében a kísérleti kezelés kedvező hatása mérhető a kezeletlen repcepogácsa etetésével (R csoport) szemben.

Mindebből arra lehet következtetni, hogy az R+ kezelés hozzájárul a dietetikai szempontból kedvezőbb állati termék előállításához, ezért alkalmazása a hidegen sajtolt repcepogácsa kezelésére perspektivikus módszer lehet.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- 1) Az ásványianyag-tartalmú (Ca, P, Fe) takarmány-kiegészítő („Peelko”) 0,38%-ban alkalmazva javította brojlersirkében, illetve hízósertésben a fajlagos takarmányértékesítést.
- 2) A kezeletlen, illetve a „Peelko”-val kezelt repcepogácsa is növelte brojlersirkékben a pajzsmirigy súlyát valamint a T3 hormon koncentrációt a kontrollhoz viszonyítva. A „Peelko” kezelés ellensúlyozta a natúr repcepogácsa tireosztikus hatását, mivel hatására csökkent a kialakult struma mérete, valamint mérséklődött a szövettani elváltozás súlyossága.
- 3) A „Peelko”-kezelés megszüntette a hidegen préselt repcepogácsa csirkemell fehérjetartalmát csökkentő, illetve a combminták zsírtartalmát növelő hatását. A kezelt repcepogácsa etetésekor a brojlerhúsminták kémiai összetétele nem tért el a kontrollmintáktól.
- 4) A natúr, valamint kezelt repcepogácsa etetése szűkítette a húsmintákban (csirkemell és comb, sertéscomb), illetve a tojássárgájában az n-6/n-3 többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) arányát. A „Peelko”-kiegészítéssel tovább szűkült az arány, legkedvezőbb érték a sertéscomb- és a tojássárgajamintákban volt.
- 5) A mell-, illetve a combminták nagyobb PUFA aránya ellenére a „Peelko”-kiegészítés megakadályozta a lipidperoxidációt. Ezt a brojler húsminták kontrollcsoporttal közel azonos malondialdehyd-tartalma jelzett.
- 6) A „Peelko”-kiegészítés kedvezően befolyásolja a tojássárgája színét, amit a szignifikánsan nagyobb a* és b* érték tükrözött.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A gazdasági haszonállatok takarmányozásában a repcealapú melléktermékek (elsősorban az extrahált repcedara és repcepogácsa) alkalmazása folyamatos növekedést mutatott az elmúlt években. A repce helyben termesztető, így az olajkinyerés során keletkező, értékes táplálóanyagtartalmú melléktermékek alkalmazása hozzájárul a takarmányköltségek csökkentéséhez. A repcepogácsa monogasztrikus állatok takarmányozásában való felhasználását az erukasav-, a csersav- (tannin), a glükozinolát- (mustárolajglikozid), a szinapin-, a fitát- és nyersrosttartalom korlátozzák. Az antinutritív hatású anyagok rontják a takarmány ízletességét, a táplálóanyagok emészthetőségét és nagyobb mennyiségben károsak a létfontosságú szervekre is. Ebből következően a repceből készült melléktermékek biztonságos felhasználása érdekében elengedhetetlen a kezelésük.

Célul tűztük ki olyan egyedi kezelési eljárás alkalmazását, amely lehetővé teszi a repcepogácsa antinutritív hatásának csökkentését. A doktori munkámban alkalmazott „Peelko” takarmánykiegészítő a repcepogácsa antinutritív anyagait (glükozinolátokat, tanninokat stb.) kémiaiilag átalakítja. Az alkalmazott kezelés egyrészt megakadályozza a glükozinolátok kb. 95%-nak felszívódását az emésztőcsatornából, másrészt csökkenti a vízben nem oldódó polimerek (pl. rostok) térfogatát. A PhD kutatás vizsgálatai komplex megközelítésben több hasznosítási irányt (hízósertés, brojlercsirke, tojótyúk) is átfogtak. A három takarmányozási kísérletben a hidegen préselt repcepogácsát (R) illetve a „Peelko”-kiegészítéssel kezelt repcepogácsát (R+) az alábbi elrendezéssel vizsgáltuk:

Brojlercsirke: 200 csirke/kezelés, 8 fülke/kezelés, 22-42. napos életkor között

nevelő szakasz: R: 10% natúr repcepogácsa;

R+: 9,62% natúr repcepogácsa + 0,38% „Peelko”

befejező szakasz: R: 15% natúr repcepogácsa;

R+: 14,62% natúr repcepogácsa + 0,38% „Peelko”

Hízósértés: 9 sertés/kezelés, 67 napon át, 40-90 kg között

R: 8% natúr repcepogácsa;

R+: 7,62% natúr repcepogácsa + 0,38% „Peelko”

Tojótyúk: 32 tyúk/kezelés, 24-56. élethét között

R: 15% natúr repcepogácsa;

R+: 14,62% natúr repcepogácsa + 0,38% „Peelko”

A kísérletekben elemeztük, hogy az R illetve R+ kezelés a kontrollhoz viszonyítva milyen hatást gyakorol az állatok termelési paramétereire, az állati termékek (csirkehús, sertéshús, tojás) minőségére (táplálóanyag-tartalom, zsírsavösszetétel), a csirkemell- illetve combminta eltarthatóságára (lipidperoxidációra utaló malondialdehid koncentráció), illetve a csirkehús/tojás érzékszervi (organoleptikus) tulajdonságaira. Az előbbieken részletezett paramétereken túl vizsgáltuk, hogy a kezeletlen, illetve „Peelko”-kiegészítéssel kezelt hidegen sajtolt repcepogácsa felhasználásával készített takarmány befolyásolja-e a brojlercsirke, a hízósértés, illetve a tojótyúk pajzsmirigyműködését (pajzsmirigy súlya, T3 és T4 hormonok).

A kezeletlen repcepogácsa (R) etetése brojlercsirkében és hízósértésben csökkentette az élősúlyt a kontrollhoz képest ($P < 0,05$). A „Peelko”-kezeléssel (R+) mindkét állatfajban javult ($P < 0,05$) a fajlagos takarmányértékesítés. A tojótyúkok termelési adataiban nem találtunk szignifikáns különbséget a csoportok között.

A brojlercsirkékben a pajzsmirigy súlyát valamint a T3 hormon koncentrációját az R és R+ is növelte a kontrollhoz viszonyítva. Az R csoportban a brojlercsirkék pajzsmirigyének szövettani vizsgálatakor a *struma parenchymatosa* kezdeti jeleit tapasztaltuk (acinusok átmérője csökkent, homogenitásuk megváltozott). Ezzel szemben az R+ csoportban csökkent a kialakult struma mérete valamint mérséklődött a szövettani elváltozás súlyossága. Ugyanilyen kedvező változást találtunk a vér T4 szintjében is, az R+ csoportban a kontrollal megegyező koncentrációt mértünk. Sertésekben a pajzsmirigy súlyát csak a kezeletlen repcepagácsa etetése növelte. Sertésben, illetve tojótyúkban a pajzsmirigyhormonok koncentrációját nem befolyásolta egyik kezelés sem.

Az R, illetve R+ takarmánykeverékek etetése szűkítette a húsmintákban (csirkemell és -comb, sertéscomb), illetve a tojássárgájában az n-6/n-3 többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) arányát. A „Peelko”-kiegészítéssel tovább szűkült az arány, a legkedvezőbb értékeket a sertéscomb- és a tojássárgája-mintákban találtuk. A kiegészítés további kedvező hatását a brojlerhúsminták malondialdehid (MDA) koncentrációjában tapasztaltuk. A mell-, illetve a combminták nagyobb PUFA aránya ellenére a „Peelko” alkalmazása megakadályozta a lipidperoxidációt, a kontrollesoporttal közel azonos MDA értékeket mértünk. A tojássárgája kolorimetriás vizsgálata szerint a legélénkebb szín (szignifikánsan nagyobb a* és b* érték) az R+ csoport tojásában volt. A repcepagácsa és a „Peelko”-kezelés használata a csirkehús, illetve a tojás érzékszervi tulajdonságait kis mértékben befolyásolták, markáns eltérés a kontrollal összehasonlítva nem mutatkozott.

Az eredményeink alapján megállapítható, hogy a „Peelko”-kezelés ellensúlyozta a kezeletlen repcepagácsa tireosztatikus hatását és

alkalmazása elősegíti a vizsgált olajipari melléktermék biztonságosabb felhasználását a monogasztrikus állatok takarmányozásában.

8. SUMMARY

The use of rapeseed-based by-products (mainly extracted rapeseed meal and rapeseed cake) in the nutrition of farm animals has been rising continuously in recent years. Rapeseed can be locally cultivated and the use of by-products from oil extraction provides valuable nutrients for animals and contributes to reducing feeding costs. The application of rapeseed cake in monogastric animal diets is limited by the content of erucic acid, tannins, glucosinolates (mustard oil glycosides), synapin, phytate and crude fibre. Antinutritional substances impair the palatability of feed, reduce the digestibility of nutrients and, in higher quantities can be harmful to vital organs. Consequently, various treatments of rapeseed by-products are essential for their safe use.

The objective of my PhD work was to apply a specific treatment procedure that allows to reduce the antinutritional effect of rapeseed cake. The feed additive "Peelko" used in my doctoral thesis chemically transforms the antinutritive substances (glucosinolates, tannins, etc.) of rapeseed cake. This treatment both prevents the absorption of about 95% of glucosinolates from the digestive tract and reduces the volume of water-insoluble polymers (e.g. fibres).

The studies in the PhD research took a complex approach and covered several animal production sectors (such as fattening pigs, broilers and laying hens). In the three feeding trials, cold-pressed rapeseed cake (R) and rapeseed cake treated with 'Peelko' supplementation (R+) were tested in the following arrangement:

Broiler chickens: 200 chickens/treatment, 8 pens/treatment, between 22-42 days of age:

- growing phase: R: 10% untreated rapeseed cake;
R+: 9.62% untreated rapeseed cake + 0.38%
"Peelko"
- finishing phase: R: 15% untreated rapeseed cake;
R+: 14.62% untreated rapeseed cake + 0.38%
"Peelko"

Fattening pigs: 9 pigs/treatment for 67 days, between 40-90 kg BW:

- R: 8% untreated rapeseed cake;
- R+: 7.62% untreated rapeseed cake + 0.38% „Peelko”

Laying hens: 32 hens/treatment, between 24-56 weeks of age:

- R: 15% untreated rapeseed cake;
- R+: 14.62% untreated rapeseed cake+ 0.38% „Peelko”

The effects of R and R+ treatment on animal production parameters, the quality (nutrient content, fatty acid composition) of animal products (chicken meat, pork, eggs), the shelf life of chicken breast and thigh samples (malondialdehyde concentration indicating lipid peroxidation) and the organoleptic properties of chicken meat and eggs compared to the control were investigated in the experiments. In addition to the parameters described above, the influence of untreated or "Peelko"-treated cold-pressed rapeseed cake on the thyroid function (weight of thyroid glands, T3 and T4 hormones) of broiler chickens, fattening pigs and laying hens was also monitored.

Untreated rapeseed cake (R) reduced the body weight of broiler chickens and fattening pigs in comparison with the control ($P < 0.05$). The „Peelko” treatment (R+) demonstrated a statistically significant improvement

($P < 0.05$) in the feed conversion ratio in both species. No significant differences were observed in the production data of laying hens among the various groups.

In broiler chickens, thyroid weight and T3 hormone concentrations were increased by both R and R+ compared to controls. Histopathological examination of the thyroid glands of broiler chickens in the R group revealed initial signs of *struma parenchymatosa*, characterised by a decreased diameter of acini and altered homogeneity. On the contrary, the R+ group exhibited a reduction in both the size of thyroid glands and the severity of the histological lesion. A change was found in blood T4 levels as well; the R+ group had the same concentration as the control. In the case of pigs, thyroid weight was increased only by feeding untreated rapeseed cake. Thyroid hormone concentrations in pigs and laying hens were not affected by any of the treatments.

The feeding of R or R+ diets reduced the ratio of n-6/n-3 polyunsaturated fatty acids (PUFA) in meat samples (chicken breast and thigh, pork leg) and egg yolk. The ratio was further reduced by the addition of "Peelko", with the most favourable values being identified in the pork leg and egg yolk samples. A further positive effect of the supplementation was observed in the malondialdehyde (MDA) concentration of broiler meat samples. Despite the higher PUFA content in the breast and thigh samples, the use of "Peelko" prevented lipid peroxidation, and MDA values were almost identical to the control group. Colorimetric analysis of the yolk revealed that the eggs in the R+ group exhibited the most vivid colouration (significantly higher a^* and b^* values). The use of rapeseed cake and the "Peelko" treatment exhibited minimal impact on the organoleptic

characteristics of chicken meat and eggs, respectively, and no relevant difference was detected when compared with the control.

The results of this study demonstrate that the „Peelko” treatment effectively counteracts the thyreostatic effect of untreated rapeseed cake, thus promoting a safer utilisation of the investigated rapeseed by-product in the nutrition of monogastric animals.

9. IRODALOMJEGYZÉK

- Abidmoradi, M., Pedram, G. (2007): Effects of level of canola meal on morphology of thyroid gland in broiler chicks. 16th European Symposium on Poultry Nutrition, Strasburg, pp. 29-31. <https://www.cabi.org/Uploads/animal-science/worlds-poultry-science-association/WPSA-france-2007/102.pdf> (Letöltés ideje: 2024.10.24).
- Abudabos, A. M., Abdelrahman, M. M., Alatiyat, R. M., Aljumaah, M. R., Al Jassim, R., Stanley, D. (2021): Effect of dietary inclusion of graded levels of distillers dried grains with solubles on the performance, blood profile and rumen microbiota of Najdi lambs. *Heliyon* 7, e05683.
- Adewole, D. I., Rogiewicz, A., Dyck, B., Slominski, B. A. (2016): Chemical and nutritive characteristics of canola meal from Canadian processing facilities. *Anim. Feed Sci. Tech.* 222, 17-30.
- Agah, M. J., Nassiri-Mo, H., Tahmasbi, A. M., Lotfollahi, H. (2010): Performance and fatty acid compositions of yolk lipid from laying hens fed with locally produced canola seed (*Brassica napus L.*) *Biol. Sci.* 5, 228-232.
- Agazzi, A., Invernizzi, G., Savoini, G. (2016): New perspectives for a sustainable nutrition of poultry and pigs. *J. Dairy. Vet. Anim. Res.* 3, 00079.
- Agwa, H. M. M., Saleh, H. M., Ayyat, M. S., Abdel-Rahman, G. A. (2023): Effect of replacing cottonseed meal with canola meal on growth performance, blood metabolites, thyroid function, and ruminal parameters of growing lambs. *Trop. Anim. H. Prod.* 55, 122.
- Akamittath, G., Brekke, C. J., Schanus, E. G. (1990): Lipid oxidation and color stability in restructured meat systems during frozen storage. *J. Food Sci.* 55, 1513-1517.
- Al-Yahyaey, F., Al-Marzooqi, W., Shaat, I., Smith, M. A., Al-Sabahi, J., Melak, S., Bush, R. D. (2023): Effect of *Spirulina platensis* supplementation on carcass characteristics, fatty acid profile, and meat quality of omani goats. *Animals* 13, 2976.

- AOAC (2005): Official Methods of Analysis, 17th ed. Association of Official Analytical Chemists: Arlington, VA, USA.
- Artukovic, B., Bedekovic, D., Pintar, J., Tisljar, M., Kos, I., Siric, I., Severin, K., Jajnjecic, Z. (2015): Pathological changes in the liver and thyroid in broiler chickens fed by rapeseed cake. *Vet. Arh.* 85, 657-676.
- Ashayerizadeh, A., Dastar, B., Shams S., Sadeghi Mahoonak, A. R., Zerehdaran, S. (2018): Effects of feeding fermented rapeseed meal on growth performance, gastrointestinal microflora population, blood metabolites, meat quality, and lipid metabolism in broiler chickens. *Livest. Sci.* 216, 183-190.
- Badshah, A., Zeb, A., Bibi, N., Ali, S., Chaudry, M. A., Sattar, A. (2001): Utilization of rapeseed meal/cake in poultry feed. Part II. Effect of incorporating higher levels of rapeseed cake in poultry diet on laying performance of brown-egg layer (Tetra SL). *Pak. J. Sci. Ind. Res.* 44, 171-174.
- Baker, P. W., Charlton, A. (2020): A comparison in protein extraction from four major crop residues in Europe using chemical and enzymatic process- a review. *Inn. Food Sci. E. Techn.* 59, 102239.
- Baker, P. W., Visnjevec, A. M., Krienke, D., Preskett, D., Schwarzkopf, M., Charlton, A. (2022): Pilot scale extraction of protein from cold and hot-pressed rapeseed cake: Preliminary studies on the effect of upstream mechanical processing. *Food Bioprod. Process.* 133, 132-139.
- Banaszkiewicz, T. (2011): The effect of high rape cake and phytase addition on nutritive value of diets for broiler chickens. *J. App. Anim. Res.* 39, 346-352.
- Banaszkiewicz, T. (2013): The effect of addition high rape cake and phytase on nutritive value of diets for broiler chickens. *Acta Vet.* 63, 311-324.
- Beyzi, E., Gunes, A., Beyzi, A. B., Konca, Y. (2019): Changes in fatty acid and mineral composition of rapeseed (*Brassica napus ssp. oleifera* L.) oil with seed sizes. *Ind. Crops Prod.* 129, 10-14.

- Böttger, C., Südekum, K. (2018): Review: protein value of distillers dried grains with solubles (DDGS) in animal nutrition as affected by the ethanol production process. *Anim. Feed Sci. and Tech.* 244, 11-17.
- Brettschneider, J. G. (2006): Influence of chemical and hydro thermal treated rapeseed on performance, egg quality and thyroid parameters of laying hens. Doctoral thesis, Olsztyn, Poland.
- Brouwer, I. A., Wanders, A. J., Katan, M. B. (2010): Effect of animal and industrial trans fatty acids on HDL and LDL cholesterol levels in humans – A quantitative review. *PLoS ONE*, 5, e9434.
- Buckiuniene, V., Gruzauskas, R., Klisteviciute, V., Raceviciute-Stupeliene, A., Svirnickas, G., Bliznikas, S., Miezeliene, A., Alencikiene, G., Grashorn, M. A. (2016): Effect of organic and inorganic iron content, fatty acid profile, content of malondialdehyde, texture and sensory properties of broiler meat. *Europ. Poult. Sci.* 8, 1–14.
- Butler, E. J., Fenwick, G. R. (1984): Trimethylamine and fishy taint in eggs. *W. Poult. Sci. J.* 40, 38-51.
- Cakaloglu, B., Özyurt, V. H., Ötles, S. (2018): Cold press in oil extraction. A review. *Food Technol.*, 7, 640-654.
- Cameron, N. D., Nute, G. R., Brown, S. N., Enser, M.; Wood, J. D. (1999): Meat quality of Large White pig genotypes selected for components of efficient lean growth rate. *Anim. Sci.* 68, 115-127.
- Campbell, L. D. (1979): Incidence of liver haemorrhage among white leghorn strains fed on diets containing different types of rapeseed meals. *Br. Poult. Sci.* 20, 239-246.
- Carré, P., Pouzet, A. (2014): Rapeseed- Tremendous potential for added value generation? Rapeseed market, worldwide and in Europe. *OCL*, 21, D102.
- Cheng, H., Liu, X., Xiao, Q., Zhang, F., Liu, N., Tang, L., Wang, J., Ma, X., Tan, B., Chen, J., Jiang, X. (2022): Rapeseed meal and its application in pig diet: A review. *Agriculture* 12, 849.
- Chiang, G., Lu, W. Q., Piao, X. S., Hu, J. K., Gong, L. M., Thacker, P. A. (2010): Effects of feeding solid-state fermented rapeseed meal on performance, nutrient digestibility, intestinal ecology and intestinal

- morphology of broiler chickens. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 23, 263-271.
- Choi, H. B., Jeong, J. H., Kim, D. H., Kwon, H., Kim, Y. Y. (2015): Influence of rapeseed meal on growth performance, blood profiles, nutrient digestibility and economic benefit of growing-finishing pigs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 28, 1345-1353.
- Cortinas, L., Barroeta, A., Villaverde, C., Galobart, J., Guardiola, F., Baucells, M.D. (2005): Influence of the level on chicken meat quality: Lipid oxidation. *Poult. Sci.* 84, 48-55.
- Danthine, S., Closset, S., Maes, J., Mascrez, S., Blecker, C., Purcaro, G., Gibon, V. (2022): Enzymatic interesterification to produce zero-trans and dialkylketones-free fats from rapeseed oil. *OCL.* 29, 16.
- Das, A. K., Islam, N., Faruk, O., Ashaduzzaman, M., Dungani, R. (2020): Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities. *S. A. J. Bot.* 135, 58-70. d
- De Corato, U., Viola, E. (2023): Biofuel co-products for livestock feed. *Innovation and Foresight in the post-covid era* In: Chapter 13. *Agricultural Bioeconomy*, Academic Press, Elsevier Inc. 245-286.
- Danforth, E., Burger, A. G. (1989): The impact of nutrition on thyroid hormone physiology and action. *Annue. Rev. Nutr.* 9, 201-227.
- Danthine, S., Closset, S., Maes, J., Mascrez, S., Blecker, C., Purcaro, G., Gibon, V. (2022): Enzymatic interesterification to produce zero-trans and dialkylketones-free fats from rapeseed oil. *OCL.* 29, 36.
- Das, A. K., Islam, N., Faruk, O., Ashaduzzaman, M., Dungani, R. (2020): Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities. *S. A. J. Bot.* 135, 58-70.
- De Godoy, M. R. C., Bauer, L. L., Parsons, C. M., Fahey, G. C. (2009): Select corn coproducts from the ethanol industry and their potential as ingredients in pet foods. *J. Anim. Sci.* 87, 189-199.
- Delgado, G. E., Kleber, E. (2019): Trans Fatty Acids and Mortality. In: Chapter 26. *The Molecular Nutrition of Fats*, Academic Press, Elsevier Inc. 335-345.
- Dernekbası, S. (2010): Use of canola oil in fish feeds. *J. Fish. Sci.* 4, 469-479.

- Dolatifard, A., Jafari, M. A. (2020): Processed canola meal effects on the traits of egg, fertility, cecal microbial population and carcass of broiler breeder hens. *Braz. J. Poult. Sci.* 22, 001-006.
- Drazbo, A., Kozłowski, K., Ognik, K., Zaworska, A., Jankowski, J. (2019): The effect of raw and fermented rapeseed cake on growth performance, carcass traits, and breast meat quality in turkey. *Poult. Sci.* 98, 6161-6169.
- Drazbo, A., Ognik, K., Zaworska, A., Ferenc, K., Jankowski, J. (2018): The effect of raw and fermented rapeseed cake on the metabolic parameters, immune status, and intestinal morphology of turkeys. *Poult. Sci.* 97, 3910-3920.
- Európai Bizottság Szabályozása (2008): <https://eur-lex.europa.eu/HU/legal-content/summary/rules-on-marketing-standards-for-eggs.html>.
- Ewing, W. N. (1997): The feeds directory: commodity products guide. In: W. N. Ewing (ed.) Context Products Ltd., Pub. Div., Pack. UK., 118.
- Falusi, J., Falusi, J., Sinka, A. (2013): A repceolaj minőségének javítása, az olajsav tartalom növelése. In: Hoffmann, B., Kollaricsné, H. M. (szerk). XIX. Növénynevelési Tudományos Nap, Keszthely. 87.
- Fébel, H. (2018): Ipari melléktermékek felhasználása gazdasági állataink fehérjeellátásának biztosítására. *Állattenyésztés és Takarmányozás* 67, 254-272.
- Fébel, H., Mézes, M., Pálffy, T., Hermán, A., Gundel, J., Lugasi, A., Balogh, K., Kocsis, I., Blázovics, A. (2008): Effect of dietary fatty acid pattern on growth, body fat composition and antioxidant parameters in broilers. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 92, 369-376.
- Feng, D., Zuo, J. (2007): Nutritional and anti-nutritional composition of rapeseed meal and its utilization as a feed ingredient for animal. *Feed and Industrial Raw Material: Feed*, In: Proc. The 12th International Rapeseed Congress, Wuhan, China. V, 265-270.
- Feng, D., Zuo, J. (2015): Nutritional and anti-nutritional composition of rapeseed meal and its utilization as a feed ingredient for animal. *Feed and Industrial Raw Material: Feed* 5, 265-270.

- Fenwick, G. R., Spinks, E. A., Wilkinson, A. P., Heaney, R. K., Legoy, M. A. (1986): Effect of processing on the antinutrient content of rapeseed. *J. Sci. Food Agric.* 37, 735-741.
- Gaganov, A. P., Zverkova, Z. N., Kharlamov, K. V. (2020): Rape cake in feeding of broilers. *Rus. Agri. Sci.* 46, 385-389.
- Gao, M., Cieslak, A., Kieronczyk, B., Huang, H., Yanza, Y. R., Zaworska-Zakrewska, A., Józefiak, D., Szumacher-Strabel, M. (2020): Effects of raw and fermented rapeseed cake on growth performance, methane production, and breast meat fatty acid composition in broiler chickens. *Animals*, 10, 2250.
- Gebauer, S. K., Psota, T. L., Harris, W. S., Kris-Etherton, P. M. (2006): n-3 fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentially and cardiovascular benefits. *Am. J. Clin. Nutr.* 83, 1526S-1535S.
- Golebiewska, K., Frasz, A., Golebiewski, D. (2022): Rapeseed meal as a feed component in monogastric animal nutrition – A review. *Ann. Anim. Sci.* 22, 1163-1183
- Gopinger, E., Xavier, E. G., Lemes, J. S., Moraes, P. O., Elias, M. C., Roll, V. F. B. (2014): Carcass yield and meat quality in broilers fed with canola meal. *Br. Poult. Sci.* 55, 817-823.
- Gorski, M., Foran, C., Utterback, P., Parsons, C. M. (2017): Nutritional evaluation of conventional and increased-protein reduced fiber canola meal fed to broiler chickens. *Poult. Sci.* 96, 2159-2160.
- Goyal, A., Tanwar, B., Sihag, M. K., Kumar, V., Sharma, V., Soni, S. (2021): Rapeseed/Canola (*Brassica napus*) seed. *Oilseeds: Health Attributes and Food Applications*, Springer Nature Singapore Pte. 47-71.
- Grabez, V., Egelanddal, B., Kjos, N. P., Hakenasen, I. M., Mydland, L. T., Vik, J. O., Hallenstvedt, E., Devle, H., Overland, M. (2020): Replacing soybean meal with rapeseed meal and faba beans in a growing-finishing pig diet: Effect on growth performance, meat quality and metabolite changes. *Meat Sci.* 166, 108134.
- Grandhi, R. R., Slinger, S. J., Summers, J. D. (1977): Productive performance and liver lesions in two strains of laying hens receiving two rapeseed meals. *Poult. Sci.* 56, 1904-1908.

- Gül, M., Yörük, M. A., Aks, T., Kaya, A., Kaynar, Ö. (2012): The effect of different levels of canola oil on performance, egg shell quality and fatty acid composition of laying hens. *Int. J. Poult. Sci.* 11. 769-776.
- Hafez, H. M., Attia, Y. A., Abd El-Hack, M. E., Khafaga, A. F., de Oliveira, M. C. (2021): Influence of COVID-19 on poultry production and environment. *Environ. Sci. Res. Int.* 28, 44833-44844.
- Hajdú, J. (2006). Bio-hajtóanyag előállítás és hasznosítás lehetőségei Magyarországon. Előadás, Szeged, 2006. május 24. Halle, I., Schöne, F. (2013): Influence of rapeseed cake, linseed cake and hemp seed cake on laying intensity, egg composition and fatty acid composition of egg yolk in laying hens. *J. Verbr. Lebm.* 8, 3.
- Hansen, J. O., Skrede, A., Mydland, L. T., Overland, M. (2017): Fractionation of rapeseed meal by milling, sieving and air classification – Effect on crude protein, amino acids and fiber content and digestibility. *Anim. Feed Sci. Techn.* 230, 143-153.
- Hayder, G. (2018): The effect study of different levels of rapeseed meal on some productive and physiological characteristics in broiler chickens. *Al-Q. J. Agric. Sci.*, 8, 83-87.
- Hayes, M. (2021): Proteins and peptides derived from rapeseed. *Oil and Oilseed Processing.* 203-217.
- Heszky, L. (2007): A repceolaj minőségének élelmiszer és biodízel célú módosítása. *Útkeresés XI. Fórum a repcéről.* Agrofórum, 18, 13-16.
- Higgs, D. A., McBride, J. R., Markert, J. R., Dosanjh, B. S., Plotnikoff, M. D., Clarke, W. C. (1982): Evaluation of Tower and Candle rapeseed (canola) meal and Bronowski rapeseed protein concentrate as protein supplements in practical dry diets for juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture*, 29, 1-31.
- Hill, J., Lethenborg, P., Li, P. W., Rahman, M. H., Sorensen, H., Sorensen, J. C. (2003): Inheritance of progoitrin and total aliphatic glucosinolates in oilseed rape (*Brassica napus* L). *Euphytica*, 134, 179-187.
- Hoffmann, S. (2011): Ipari- és takarmánynövények termesztése. A repce integrált termesztése, Digitális Tankönyvtár. <https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8757/1>

[2-Repce integr. term.1.pdf?sequence=12&isAllowed=y](#) (Letöltés ideje: 2024.10.21).

- Ibrahim, I. K., Hill, R. (1980): The effects of rapeseed meals from Brassica napus varieties and the variety Tower on the production and health of laying fowl. Br. Poult. Sci. 21. 423-430.
- Ivanova, P., Kalaydzhev, H., Rustad, T., Silva, C. L. M., Chalova, V. I. (2017): Comparative biochemical profile of protein-rich products obtained from industrial rapeseed meal. Em. J. Food Agric. 29, 170-178.
- Jacela, J. Y., DeRouchey, J. M., Tokach, M. D., Goodband, R. D., Nelssen, J. L., Renter, D. G., Dritz, S. S. (2010): Feed additives for swine: Fact sheets - high dietary levels of copper and zinc for young pigs, and phytase. J. S. Health Prod. 18, 87-91.
- Janero, D. R. (1990): Malondialdehyde and thiobarbituric acid-reactivity as diagnostic indices of lipid peroxidation and peroxidative tissue injury. F. Radic. Biol. Med. 9, 515-540.
- Jeroch, H., Brettschneider, J. G., Dänicke, S., Jankowski, J., Kozłowski, K., Schöne, F. (2009): The effect of chemically and hydrothermally treated rapeseed on the performance and thyroid parameters of layers. Polish Vet Sci. 124, 439-448.
- Jeroch, H., Dänicke, S., Brettschneider, G., Schumann, W. (1999): Use of treated rapeseed in brown laying hens. Die Bodenkultur, 50, 45-55.
- Jiang, W., Wang, H., Zhang, L., Mi, H., Deng, J. (2024): High replacement of soybean meal by different types of rapeseed meal is detrimental to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth, antioxidant capacity, non-specific immunity and *Aeromonas hydrophila* tolerance. Front. Nutr. 11, 1363411.
- Jobbágy, P. (2013): A hazai biodízel-ágazat komplex elemzése. Doktori (PhD) értekezés. Debreceni Egyetem, Agrár- és Gazdálkodástudományi Centruma, Gazdálkodástudományi és Vidékfejlesztési Kar, Gazdálkodástudományi Intézet. Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola, Debrecen.
- Ju, Y. H., Carlson, K. E., Sun, J., Pathak, D., Katzenellenbogen, B. S., Katzenellenbogen J. A. (2000): Estrogenic effects of extracts from cabbage, fermented cabbage, and acidified brussels sprouts on growth

- and gene expression of estrogen-dependent human breast cancer (MCF-7) cells. *J. Agr. Food Chem.* 48, 4628-4634.
- Kakuk, T., Schmidt, J. (1988): Takarmányozástan. 12.7.1. Olajipari melléktermékek, 496-499. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Kaldmae, H., Leming, R., Kass, M., Lember, A., Tölp, S., Kärt, O. (2010): Chemical composition and nutritional value of heat-treated and cold-pressed rapeseed cake. *Vet. Med, Zoot.* 49, 55-60.
- Kállai, L., Kralovánszky, U. P. (1978): A takarmányozás biológiája. Mg. Kiadó, Budapest.
- Kasproicz-Potocka, M., Zaworska-Zakrewska, A., Rutkowski, A. (2020): Effect of phytase on digestibility and performance of growing and finishing pigs fed diets with lupins and rapeseed meal. *J. Agric. Sci. Tech.* 10, 216-227.
- Khalil, A. A. (2006): Nutritional improvement of an Egyptian breed of Mung bean by probiotic lactobacilli. *Afr. J. Biotech.* 5, 206-212.
- Khan, S. H. (2018): Recent advances in role of insects as alternative protein source in poultry nutrition. *J. App. Anim. Res.* 46, 1144-1157.
- Kitessa, S.M., Young, P. (2009): Echium oil is better than rapeseed oil in enriching poultry meat with n-3 polyunsaturated fatty acids, including eicosapentaenoic acid and docosapentaenoic acid. *Br. J. Nutr.* 101, 709-715.
- Kolláthová, R., Varga, B., Ivanisová, E., Bíró, D., Rolinec, M., Juráček, M., Simko, M., Gálik, B. (2019): Mineral profile analysis of oilseeds and their by-products as feeding sources for animal nutrition. *Slovak J. Anim. Sci.* 52, 9-15.
- Konkol, D., Popiela, E., Opalinski, S., Lipinska, A., Tymoszewski, A., Krasowska, A., Lukaszewicz, M., Korczynski, M. (2024): Effects of fermented rapeseed meal on performance, intestinal morphology, the viscosity of intestinal content, phosphorus availability, and egg quality of laying hens. *Poult. Sci.* 103, 103256.
- Kopacz, M., Drazbo, A. A., Smiecinska, K., Ognik, K. (2021): Performance and egg quality of laying hens fed diets containing raw, hydrobarothermally-treated and fermented rapeseed cake. *Animals.* 11, 3083.

- Koreleski, J., Swiatkiewicz, S., Arczewska-Wlosek, A. (2011): Rapeseed cake, glycerin and distillers dried grains with solubles used simultaneously as a source of nutrients for hens in their second laying season. *Ann. Anim. Sci.* 11, 125-133.
- Kozłowski, K., Jeroch, H. (2014): Enhancing the nutritional value of poultry feedstuffs using the example of rapeseed products – A review. *Ann. Anim. Sci.* 142, 245-256.
- Kralovánszky, U. P. (2012): A hazai „fehérje-probléma” – fehérén, feketén. *Agrofórum* 23, 14-18.
- Lee, J. W., Kim, I. H., Woyengo, T. A. (2020): Toxicity of canola-derived glucosinolate degradation products in pigs- A review. *Animals* 10, 2337.
- Lestingi, A. (2024): Alternative and sustainable protein sources in pig diet: A review. *Animals* 14, 310.
- Li, Y., Yang, G., Gersteiler, L., Thang, S. H., Zhao, C-X. (2023): Design of stimuli-responsive peptides and proteins. *Adv. Func. Mat.* 33, 2210387.
- Liu, J. B., Yan, H. L., Cao, S. C., Liu, J., Li, Z. X., Zhang, H. F. (2019): The response of performance in grower and finisher pigs to diets formulated to different tryptophan to lysine ratios. *Liv. Sci.* 222, 25-30.
- Long, C., Qi, X-L., Venema, K. (2022): Chemical and nutritional characteristics, and microbial degradation of rapeseed meal recalcitrant carbohydrates: A review. *Front. Nutr.* 9, 948302.
- Long, C., Wang, J., Zhang, H. J., Wu, S. G., Qi, G. H. (2017): Effects of dietary rapeseed meal supplementation on cecal microbiota in laying hens with different flavin-containing monooxygenase 3 genotypes. *Poult. Sci.* 96, 1748-1758.
- López-Ferrer, S., Baucells, M.D., Barroeta, A. C., Galobart, J., Grashorn, M. A. (2001): n-3 enrichment of chicken meat. Use of precursors of long-chain polyunsaturated fatty acids: Linseed oil. *Poult. Sci.* 80, 753-761.
- Magyar Takarmánykódex III. (2004): Vizsgáló módszerek, eljárások. Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet, Budapest.

- Mailer, R. J., McFadden, A., Ayton, J., Redden, B. (2008): Antinutritional components, fibre, sinapine and glucosinolate content in Australian Canola (*Brassica napus L.*) Meal. *J. Am. O. Chem. Soc.* 85, 937-944.
- Maison, T., Stein, H. H. (2014): Digestibility by growing pigs of amino acids in canola meal from North America and 00-rapeseed meal and 00-rapeseed expellers from Europe. *J. Anim. Sci.* 92, 3502-14.
- Mandal, G. P., Ghosh, T. K., Patra, A. K. (2014): Effect of different dietary n-6 to n-3 fatty acid ratios on the performance and fatty acid composition in muscles of broiler chickens. *Asian Aust. J. Anim. Sci.* 27, 1608-1614.
- Martin, A., Naumann, S., Osen, R., Karbstein, H. P., Emin, M. A. (2021): Extrusion processing of rapeseed press cake-starch blends: Effect of starch type and treatment temperature on protein, fiber and starch solubility. *Foods* 10, 1160.
- Martins, C. F., Ribeiro, D. M., Costa, M., Coelho, D., Alfaia, C. M., Lordelo, M., Almeida, A. M., Freire J. P. B., Prates J. A. M. (2021): Using Microalgae as a sustainable feed resource to enhance quality and nutritional value of pork and poultry meat. *Foods*, 10, 2933.
- Maskell, I., Smithard, R. (1994): Degradation of glucosinolates during in vitro incubations of rapeseed meal with myrosinase (EC 3.2.3.1) and with pepsin (EC 3.4.23.1)-hydrochloric acid, and contents of porcine small intestine and caecum. *Brit. J. Nutr.* 72, 455-466.
- Mawson, R., Heaney, R. K., Zdunczyk, Z., Kozłowska, H. (1994): Rapeseed meal – glucosinolates and their antinutritional effects. Part 4. Goitrogenicity and internal organs abnormalities in animals. *Nahrung* 38, 178-91.
- McGregor, D. I., Blake, J. A., Pickard, M. D. (1983): Detoxification of *Brassica juncea* with ammonia. In: *Proceeding of 6th International Rapeseed Conference, II*, 1426, Paris, France.
- Mézes, M. (2018): Alternative protein sources in the nutrition of farm animals. *Acta Agr. Debreceniensis* 150, 1-31.
- Mikulski, D., Jankowski, J., Zdunczyk, Z., Juskiewicz, J., Słominski, B. A. (2012): The effect of dietary levels of rapeseed meal on growth performance, carcass traits, and meat quality in turkeys. *Poult. Sci.* 91, 215-223.

- Moraes, P. O., Novelini, L., Lemes, J. S., Santos, M. A. Z., Pereira, C. M. P., Xavier, E. G. (2016): Carcass yield, sensory analysis and meat quality of broilers fed canola meal. *A. Sci.* 38, 267-274.
- Musharavati, F., Sajid, K., Anwer, I., Nizami, A-S., Javed M. H., Ahmad, A., Naqvi, M. (2023): Advancing biodiesel production system from mixed vegetable oil waste: a life cycle assessment of environmental and economic outcomes. *Sustainability*, 15, 16550.
- Naczek, M., Amarowicz, R., Shahidi, F. (1998): Role of phenolics in flavor of rapeseed protein products. *Dev. Food Sci.* 40, 597-613.
- Naczek, M., Shahidi, F., Sullivan, A. (1992): Recovery of rapeseed tannins by various solvent systems. *Food Chem.* 45, 51-54.
- Nega T., Woldes, Y. (2018): Review on nutritional limitations and opportunities of using rapeseed meal and other rape seed by-products in animal feeding. *J. Nutr. Health and Food Eng.* 8, 43-48.
- Newman, R.E., Bryden, W.L., Fleck, E., Ashes, J.R., Buttemer, W.A., Storlien, L.H., Downing, J.A. (2002): Dietary n-3 and n-6 fatty acids alter avian metabolism: Metabolism and abdominal fat deposition. *Br. J. Nutr.* 88, 11-18.
- Nissar, J., Ahad, T., Naik, H., R., Hussain, Sz. (2017): A review phytic acid: As antinutrient or nutraceutical. *J. Phar. Phytochem.*, 6, 1554-1560.
- Oláh, J., Popp, J. (2022): Fenntartható folyékony bioüzemanyagok kilátásai. *J.Cent. Europ. Green Inn.* 9, 13-29.
- Oliveira, M. S. F., Witafsky-Martin, M. K., Stein, H. H. (2020): Excessive heating of 00-rapeseed meal reduces not only amino acid digestibility but also metabolizable energy when fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 98, skaa219.
- Olukomaiya, O. O., Fernando, W. C., Mereddy, R., Li, X., Sultanbawa, Y. (2020): Solid-state fermentation of canola meal with *Aspergillus sojae*, *Aspergillus ficuum* and their co-cultures: Effects on physicochemical, microbiological and functional properties. *LWT.* 127, 109362.
- Orczewska-Dudek, S., Pietras, M., Puchala, M., Nowak, J. (2020): Camelina sativa oil and camelina cake as sources of polyunsaturated fatty acids in the diets of laying hens: Effect on hen performance, fatty

- acid profile of yolk lipids, and egg sensory quality. *Ann. Anim. Sci.* 20, 1365-1377.
- Orosz, Sz., Tóth, T. (2010): A melegen préselt repce szerepe a szarvasmarha takarmányozásban. *Holstein Magazin* 3, 49-52.
- Oryschak, M. A., M. N. Smit, and E. Beltranena. (2020): “*Brassica Napus* and *Brassica Juncea* Extruded-Expelled Cake and Solvent-Extracted Meal as Feedstuffs for Laying Hens: Lay Performance, Egg Quality, and Nutrient Digestibility.” *Poult. Sci.* 99, 350–363.
- Osman, A. I., Qasim, U., Jamil, F., Al-Muhtaseb, A. H., Jrai, A. A., Al-Riyami, M., Al-Maawali, S., Al-Haj, L., Al-Hinai, A., Al-Abri, M., Inayat, A., Waris, A., Farrell, C., Abdel Maksoud, M. I. A., Rooney, D. W. (2021): Bioethanol and biodiesel: Bibliometric mapping, policies and future needs. *Ren. Sust. En. Rev.* 152, 111677.
- Pál, L., Farkas, R.; Dublec, K. (2011): A takarmány repcepogácsa és kukorica DDGS kiegészítésének vizsgálata brojler hizlalási kísérletben. LIII. Georgikon Napok, Keszthely. 2011. szeptember 29-30.
- Pasko, P., Okon, K., Krosniak, M., Prochownik, E., Zmudzki, P., Kryczyk-Koziol, J., Zagrodzki, P. (2018): Interaction between iodine and glucosinolates in rutabaga sprouts and selected biomarkers of thyroid function in male rats. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 46, 110-116.
- Paya, H., Taghizadeh, A., Hosseinkhani, A., Mohammadzadeh, H. (2022): Effects of different heat processing methods of rapeseed on ruminal and post-ruminal nutrient disappearance. *J. H. Vet. Med. Soc.* 73, 4425-4432.
- Pirgozliev, V. R., Whiting, I.M., Mansbridge, S. C., Rose, S. P. (2023): Sunflower and rapeseed meal as alternative feed materials to soybean meal for sustainable egg production, using aged laying hens. *Br. Poult. Sci.* 64, 634-640.
- Ponnampalam, E. N., Holman, B. W. B. (2023): Chapter 22- Sustainability II: Sustainable animal production and meat processing. *Lawrie’s Meat Science*, 9th Edition. *WP. S. Food Sci.* 727-798.
- Popp, J. (2013): A bioenergia szerepe az energiaellátásban. *Gazdálkodás* 57, 419-435.

- Popp, J., Fári, M.; Harangi-Rákos, M., Dudits, D. (2015): A takarmányipiac dilemmái I. rész - Az EU takarmányipiac a szójaimport szorításában I. Agro Napló 19, 108-111.
- Popp, J., Harangi-Rákos, M., Oláh, J. (2018): Fehérjetakarmány függőség az EU-ban: status quo? (The EU's dependency on protein-rich feed: status quo?). Állattenyésztés és Takarmányozás 67, 209-224.
- Popp, J., Somogyi, A., Bíró, T. (2010): Újabb feszültség a láthatáron az élelmiszer- és bioüzemanyag-ipar között? Gazdálkodás 54, 592-603.
- Poppi, D. P., McLennan, S. R. Poppi, D.P. and McLennan, S.R. (2010): Nutritional Research to Meet Future Challenges. Anim. Prod. Sci. 50, 329-338.
- Rabie, M. H. M., El-Maaty, H. A., El-Gogary, M. R., Abdo, M. S. S. (2015): Nutritional and physiological effects of different levels of canola meal in broiler chick diets. A. J. Anim. Vet. Adv. 10, 161-172.
- Radfar, M., Rogiewicz, A., Slominski, B. A. (2017): Chemical composition and nutritive value of canola-quality Brassica juncea meal for poultry and the effect of enzyme supplementation. Anim. Feed Sci. Techn. 225, 97-108.
- Rahimi, S., Kamran, Azad, S., Karimi Torshizi, M. A. (2011): Omega-3 enrichment of broiler meat by using two oil seeds. J. Agric. Sci. Tech. 13, 353-365. <https://jast.modares.ac.ir/article-23-7930-en.html> (Letöltés ideje: 2024.11.02).
- Rakita, S., Kokic, B, Manoni, M.; Mazzoleni, S., Lin, P., Luciano, A., Ottoboni, M., Cheli, F., Pinotti, L. (2023): Cold-pressed oilseed cakes as alternative and sustainable feed ingredients: a review. Foods, 12, 432.
- Ramanathan, L., Das, N. P. (1992): Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural product. J. Agric. Food Chem. 40, 17–21.
- Révész, N. (2021): A DDGS alkalmazhatóságának vizsgálata a hazai akvakultúrában. Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem, Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola, Gödöllő.
- Rudas, P., Frenyó, L. (2015): Az állatorvosi élettan alapjai. Springer Hungarica Kiadó Kft. Budapest.

- Ruiz, J. A., Perez-Venderell, A.M., Esteve-Garcia, E. (1999): Effect of beta-carotene and vitamin E on oxidative stability in leg meat of broilers fed different supplemental fats. *J. Agric. Food Chem.* 47, 448-454.
- Rymer, C., Short, F. (2003): The nutritive value for livestock of UK oilseed rape and rapeseed meal. *Research Review* 14, 44.
- Sakib, A. N., Haque, M. (2024): Corn to ethanol: design, simulate and statistical optimization for sustainable biofuel production. *Adv. Bioeng. Biomed. Sci. Res.* 7, 1-22.
- Salazar-Villanea, S., Bruininx, E. M. A. M., Gruppen, H., Hendriks, W. H., Carré, P., Quinsac, A., van der Poel, A. F. B. (2016): Physical and chemical changes of rapeseed meal proteins during toasting and their effects on in vitro digestibility. *J. Anim. Sci. Biotech.* 7.
- Sasyte, V., Gruzauskas, R., Raceviciute-Stupeliene, A., Kliseviciute, V., Dauksiene, A., Alijosius, S. (2016): The application of extruded full-fat rapeseed in isa brown laying hen's diet. *Vet. Med. Zoot.* 73, 88-94.
- Schmidt, J. (2003): *A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest.*
- Schöne, F., Jahreis, G., Lange, R., Seffner, W., Groppe, B., Hennig, A., Lüdke, H. (1990): Effect of varying glucosinolate and iodine intake via rapeseed meal diets on serum thyroid hormone level and total iodine in the thyroid in growing pigs. *End. Exp.* 24, 415-427.
- Schöne, F., Jahreis, G., Richter, G., Lange, R. (1993): Evaluation of rapeseed meals in broiler chicks: effect of iodine supply and glucosinolate degradation by myrosinase or copper. *J. Sci. Food Agr.* 61, 245-252.
- Schöne, F., Kirchheim, U., Schumann, W., Lüdke, H. (1996): Apparent digestibility of high-fat rapeseed press cake in growing pigs and effects on feed intake, growth and weight of thyroid and liver. *Anim. Feed Sci Tech.* 62, 97-110.
- Schöne, F., Leiterer, M., Jahreis, G., Rudolph, B. (1997): Effect of rapeseed feedstuffs with different glucosinolate content and the iodine administration on the gestating and lactating sow. *J. Vet. Med.* 44, 325-339.
- Schöne, F.; Tischendorf, T.; Kirchheim, Reichardt, W.; Bargholz, J. (2002): Effects of high fat rapeseed press cake on growth, carcass, meat

- quality and body fat composition of leaner and fatter pig crossbreeds. *Anim. Sci.* 74, 285-297.
- Shahidi, F. (1990): Canola and Rapeseed. *Prod. Chem. Proc. Technol.* 173-192, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Shen, Y., Feng, D., Fan, M.Z., Chavez, E.R. (2005): Performance, carcass cut-up and fatty acids deposition in broiler fed different levels of pellet-processed flaxseed. *J. Sci. Food Agric.* 85, 2005-2014.
- Shi, C., He, J., Yu, J., Yu, B., Mao, X., Zheng, P., Huang, Z., Chen, D. (2016): Physicochemical properties analysis and secretome of *Aspergillus niger* in fermented rapeseed meal. *Plos One* 11, e0153230.
- Simopoulos, A. P. (2002): The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed. Pharma.* 56, 365-379.
- Sipos, Gy. (2014): A „Szarvasi-1” energiafű helye a megújuló energiatermelésben. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem, Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola, Gödöllő.
- Slimen, I. B., Yerou, H., Larbi, M. B., M’Hamdi, N., Najjar, T. (2023): Insects as an alternative protein source for poultry nutrition: a review. *Front. Vet. Sci.* 10, 1200031.
- Slominski, B., Jia, W., Rogiewicz, A., Nyachoti, C. M., Hickling, D. (2012): Low-fiber canola. Part 1. Chemical and nutritive composition of the meal. *J. Agric. Food Chem.* 60, 12225-30.
- Smulikowska, S., Czerwinski, J., Mieczkowska, A. (2006): Nutritional value of rapeseed expeller cake for broilers: effect of dry extrusion. *J. Anim. Feed Sci.* 15, 445-453.
- Smulikowska, S., Czerwinski, J., Mieczkowska, A. (2010): Effect of an organic acid blend and phytase added to a rapeseed cake – containing diet on performance, intestinal morphology, caecal microflora activity and thyroid status of broiler chickens. *J. Anim. Phys. Anim. Nutr.* 94, 15-23.
- Somogyi, A. (2012): Az első generációs bioüzemanyag-piac komplex értékelése. Doktori (PhD) értekezés. Szent István Egyetem, Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola, Gödöllő.
- Stein, H. H., Séve, B., Fuller, M. F., Moughan, P. J., Lange, C. F. M. (2007): Invited review: Amino acid bioavailability and digestibility in

- pig feed ingredients: terminology and application. *J. Anim. Sci.* 85, 172-80.
- Stojevic, Z., Milinkovic-Tur, S., Curcija, K. (2000): Changes in thyroid hormones concentrations in chicken blood plasma during fattening. *Vet. Arch.* 70, 31-37.
- Svetina, A., Jerkovic, I., Vrabac, L., Curic, S. (2003): Thyroid function, metabolic indices and growth performance in pigs fed 00-rapeseed meal. *Acta Vet. Hun.* 51, 283-295.
- Swiatkiewicz, S., Koreleski, J., Arczewska-Wlosek, A. (2010): Egg performance, egg quality, and nutrient utilization in laying hens fed diets with different levels of rapeseed expeller cake. *Agricultural and Food Sci.* 19, 233-239.
- Szydłowska-Czerniak, A. (2013): Rapeseed and its products – sources of bioactive compounds: a review of their characteristics and analysis. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 53, 307-30.
- Szydłowska-Czerniak, A., Laszewska, A. (2015): Effect of refining process on antioxidant capacity, total phenolics and prooxidants contents in rapeseed oils. *LWT* 64, 853-859.
- Szydłowska-Czerniak, A., Polinski, S., Momot, M. (2021): Optimization of ingredients for biscuits enriched with rapeseed press cake – changes in their antioxidant and sensory properties. *Appl. Sci.* 11, 1558.
- Tan, Q., Wang, J. P., Zeng, Q. F., Ding, X. M., Bai, S. P., Peng, H. W., Xuan, Y., Zhang, K. Y. (2022): Effects of rapeseed meal on laying performance and egg quality in laying ducks. *Poult. Sci.* 101, 101678.
- Theodoridou, K., Yu, P. (2013): Effect of processing conditions on the nutritive value of canola meal and presscake. Comparison of the yellow and brown-seeded canola meal with the brown-seeded canola presscake. *J. Sci. Food Agric.* 93, 1986-95.
- Tikász, I. E. (2014): Repcepiac és biodízelgyártás. *Agrárgazdasági Kutató Intézet*, 2014.07.10, 24-29.
- Toghyani, M., Girish, C. K., Wu, S. B., Iji, P. A., Swick, R. A. (2017): Effect of elevated dietary amino acid levels in high canola meal diets on productive traits and cecal microbiota population of broiler chickens in a pair-feeding study. *Poult. Sci.* 96, 1268-1279.

- Ton, L. B., Neik, T. X., Batley, J. (2020): The use of genetic and gene technologies in shaping modern rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). *Genes* 11, 1161.
- Tossenberger, J., Halas, V., Tóthi, R., Tenke, J., Tischler, A. (2011): Tartalékok és lehetőségek a tojótyúkók költséghatékony takarmányozásában. *Acta Agr. Kaposv.* 15, 11-21. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20123413015> (Letöltés ideje: 2024.12.25.)
- Tóth, T., Horváth, É. R., Fébel, H. (2014): A repcetermékek takarmányozási célú felhasználása a sertések és baromfifajok takarmányozásában. *Agro Napló* <https://www.agronaplo.hu/agrofokusz/20140407/a-repcetermek-takarmanyozasi-celu-felhasznalasa-a-sertesek-es-baromfifajok-takarmanyozasaban-31543> (Letöltés ideje: 2024.06.30).
- Tripathi, M. K., Mishra, A. S. (2007): Glucosinolates in animal nutrition: A review. *Anim. Feed Sci. Techn.* 132, 1-27.
- Velayudhan, D. E., Schuh, K., Woyengo, T. A., Sands, J. S., Nyachoti, C. M. (2017): Effect of expeller extracted canola meal on growth performance, organ weights, and blood parameters of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 95, 302-307.
- Vermeulen, M. (2009): Isothiocyanates from cruciferous vegetables: kinetics, biomarkers and effects. Thesis Wageningen University, VLAG, Wageningen, The Netherlands.
- Vértés, Cs. (2010): A genetikailag módosított szervezetek magyarországi felhasználásának törvényi és hatósági szabályozása. In: Dudits D. (szerk). *Zöld géntechnológia és agrárinnováció*. Barabás Zoltán Biotechnológiai Egyesület, Szeged, 153-172.
- Von Der Haar, D., Müller, K., Bader-Mittermaier, S., Eisner, P. (2014): Rapeseed proteins – Production methods and possible application ranges. *OCL* 21, D104.
- Vuorela, S., Meyer, A. S., Heinonen, M. (2004): Impact of isolation method on the antioxidant activity of rapeseed meal phenolics. *J. Agric. Food Chem.* 52, 8202-7.
- Wallace, M., Holroyd, J., Kuraite, A., Hussain, H. (2022): Does it bind? A method to determine the affinity of calcium and magnesium ions for

- polymers using ^1H NMR Spectroscopy. *Anal. Chem.* 94, 10976-10983.
- Wang, D., Li, D., Xu, Q., Lv, X., Chen, H., Wei, F. (2024): Steam explosion pretreatment enhances free/combined phytosterol extraction and utilization in rapeseed (*Brassica napus L.*) and its processed products: Insights from SPE-GC approach. *Curr. Res. Food Sci.* 27, 100869.
- Wang, Z., Zhu, M-Q., Li, M-F., Wei, Q. (2018): Effects of hydrothermal treatment on enhancing enzymatic hydrolysis of rapeseed straw. *Renewable Energy* 134.
- Warnants, N., Oeckel, M. J., Boucque, C. V. (1999): Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork tissues. *J. Anim. Sci.* 77, 2478-2490.
- Watts, E. S., Rose, S. P., Mackenzie, A. M., Pirgozliev, V. R. (2021): "Investigations into the Chemical Composition and Nutritional Value of Single-Cultivar Rapeseed Meals for Broiler Chickens." *Arch. Anim. Nutr.* 75, 209–221.
- Wengerska, K., Czech, A., Knaga, S., Drabik, K.; Próchniak, T.; Bagrowski, R., Gryta, A., Batkowska, J. (2022): The quality of eggs derived from Japanese quail fed with the fermented and non-fermented rapeseed meal. *Foods* 11, 2492.
- Wickramasuriya, S. S., Yi, Y-J., Yoo, J., Kang, N. K., Heo, J. M. (2015): A review of canola meal as alternative feed ingredient for ducks. *J. Anim. Sci. Tech.* 57, 29.
- Wittstock, U., Halkier, B. A. (2002): Glucosinolate research in the *Arabidopsis* era. *Trends in Plant Science, Plant Sci.* 7, 263-700.
- Wood, J. D., Enser, M. (2017): New aspects of meat quality. Chapter 20- Manipulating the fatty acid composition of meat to improve nutritional value and meat quality. W. P. 501-535.
- Woyengo, T. A., Kiarie, E., Nyachoti, C. M. (2010): Eenergy and amino acid utilization in expeller-extracted canola meal fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 88, 1433-41.
- Woyengo, T. A., Kiarie, E., Nyachoti, C. M. (2011): Growth performance, organ weights, and blood parameters of broilers fed diets containing expeller-extracted canola meal. *Poult. Sci.* 90, 2520-2527.

- Xie, C., Li, W., Gao, R., Yan, L., Wang, P., Gu, Z., Yang, R. (2022): Determination of glucosinolates in rapeseed meal and their degradation by myrosinase from rapeseed sprouts. *Food Chem.* 382, 132316.
- Xu, F. Z., Zeng, X. G., Ding, X. L. (2012): Effects of replacing soybean meal with fermented rapeseed meal on performance, serum biochemical variables and intestinal morphology of broilers. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 25, 1734-1741.
- Yahbi, M., Keli, A., Alami, N. E., Nabloussi, A., Maataoui, A., Daoui, K. (2024): Chemical composition and quality of rapeseed meal as affected by genotype and nitrogen fertilization. *OCL* 31, 12.
- Yan, X., Chen, S. (2007): Regulation of plant glucosinolate metabolism. *Planta* 226, 1343-52.
- Zanini, S. F., Colnago, G. L., Bastos, M. R., Pesotti, B. M. S., Casagrande, F. P., Lima, V. R. (2006): Oxidative stability and total lipids on thigh and breast meat of broiler fed diets with two fat sources and supplemented with conjugated linoleic acid. *LWT* 39, 717-723.
- Zaworska-Zakrzewska A., Kasprowicz-Potocka M., Wiśniewska Z., Rutkowski A., Hejdysz M., Kaczmarek S., Nowak P., Zmudzińska A., Banaszak, M. (2019): The chemical composition of domestic soybean seeds and the effects of partial substitution of soybean meal by raw soybean seeds in the diet on pigs' growth performance and pork quality (*m. longissimus lumborum*) *Ann. Anim. Sci.* 20, 521–533.
- Zaworska-Zakrzewska, A., Kasprowicz-Potocka, M., Kieronczyk, B., Józefiak, D. (2023): The effect of solid-state fermentation on the nutritive value of rapeseed cakes and performance of broiler chickens. *Fermentation* 9, 435.
- Zeb, A. (1998): Possibilities and limitations of feeding rapeseed meal to broiler chicks. Ph.D. Thesis, University of George August.
- Zhang, W., Fu, Q., Jiang, H., Tang, H., Li, X., Xie, Y., Cao, X., Liu, Q., Yuan, Y. (2023): Insight into the microwave pretreatment of rapeseeds on the flavor characteristics of rapeseed oils. *LWT* 184, 115045.
- Zhu, L. P., Wang, X. M., Bai, S. P., Zeng, Q. F., Su, Z. W., Xuan, Y., Zhang, K. Y. (2018): The deposition and elimination of glucosinolate

metabolites derived from rapeseed meal in eggs of laying hens. *J. Agric. Food Chem.* 66, 1560-1568.

Zhu, L., Wang, J., Ding, X., Bai, S., Zeng, Q., Xuan, Y., Zhang, K. (2024): Effects of different rapeseed varieties on egg production performance, egg quality, hormone levels, follicle development, and thyroid function in hens. *Anim. Nutr.* S2405-6545(24)00140-9.

Zieniuk, B., Woloszynowska, M., Bialecka-Florjanczyk, E., Fabiszewska, A. (2020): Synthesis of industrially useful phenolic compounds esters by means of biocatalysts obtained along with waste fish oil utilization. *Sustainability* 12, 5804.

10. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK

A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Tudományos közlemény, nemzetközi, idegen nyelvű lektorált folyóiratban

Tóth, T.; **Horváth, R. É.**; Dóka, O.; Kovács, M.; Fébel, H. (2024). The effects of mineral supplementation in rapeseed cake diet on thyroid function and meat quality in broiler chickens. *Effects of New Feeds or Additives on Farm Animal Performance and Carcasses Composition Special Issue, Agriculture*, 14:12, 2333. doi: 10.3390/agriculture14122333.

Tudományos közlemény, lektorált szakfolyóiratban, Magyarországon megjelent

Horváth, É. R., Tóth, T., Fébel, H. (2014). A repcedara- és pogácsa felhasználási lehetőségei a monogasztrikus állatok takarmányozásában. *Utilization possibilities of rapeseed meal and rapeseed cake in feeding of monogastric animals. Review. Állattenyésztés és Takarmányozás*, 63:2, 165-183.

Horváth, R. (2017). Az extrahált repcedara és repcepogácsa felhasználása hízósertések takarmányozásában. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 63:1, 44-58.

Idegen nyelvű konferenciaközlemény, folyóiratban vagy konferenciakötetben

Horváth, R., Zsédely, E., Fébel, H., Tóth, T. (2013). The effect of treated rapeseed cake on productive performance of broiler chickens and sensory profile of meat. *ASD, Padova, Italy. 09-18-20-2013*, 20.

Zsédely, E., **Horváth, R.**, Fébel, H., Tóth, T. (2018). Rapeseed cake alone or in combination with „„Peelko”” in the nutrition of laying hen. *Animal Physiology, Nutrition and Welfare*, 14-23.

Magyar nyelvű konferenciaközlemény, folyóiratban vagy konferenciakötetben

Horváth, É. R., Tóth, T., Fébel, H. (2012). Speciális adalékanyaggal kezelt repceporogácsa etetésének hatása a brojlercsirkék fontosabb termelési mutatóira és a hús érzékszervi tulajdonságaira. XVIII. Ifjúsági Tudományos Fórum, Keszthely. 2012-04-12.

Horváth, R., Tóth, T., Fébel, H. (2012). Kezelt repceporogácsa hatása a tojótyúk termelési mutatóira és a tojás fontosabb tulajdonságaira, Óvári Tudományos Napok, Mosonmagyaróvár 2012-10-05.

Horváth, É. R., Tóth, T., Hermán Istvánné, Fébel Hedvig (2014): Kezelt és kezeletlen repceporogácsa etetésének hatása a hízósertések fontosabb termelési mutatóira, XXXV. Óvári Tudományos Nap. A magyar és nemzetközi agrár- és élelmiszer-gazdaság lehetőségei, Mosonmagyaróvár 2014-11-13, 486-491.

Horváth, R., Zsédely Eszter, Lelovics Zsuzsanna, Fébel Hedvig, Tóth Tamás (2016). A tojás, mint funkcionális élelmiszer – Az egészséges táplálkozás költséghatékony fejlesztései és marketingüzenetei. Marketing, public relations és reklám az egészségügyben, 19. országos konferencia, Budapest 2016-02-18, 8-9.

Horváth, É. R., Fébel, H., Tóth, T. (2013). Kezelt repceporogácsa etetésének hatása a brojlercsirkék egyes termelési mutatóira és a hús érzékszervi tulajdonságaira, 16. Nemzetközi Takarmányozási

Szimposium: A klímaváltozás hatása a takarmányozásra, Kaposvár 2013-08-30, 97-104.

Ismeretterjesztő folyóiratban megjelent

Tóth, T., **Horváth, É. R.**, Fébel, H. (2014). A repcetermékek takarmányozási célú felhasználása a sertések és baromfifajok takarmányozásában. AgroNapló szakfolyóirat, 2014/4, 153-154.

A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉN KÍVÜL MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Á. Ortiz Garcia, A. Barna, **É. R. Horváth**, B. Alpár, M. Lepoudere (2019). Effet du probiotique *Enterococcus faecium* CECT 4515 sur la santé et les performances des porcelets de 19 à 73 jours (2019): 51 émes Journées de la Recherche Porcine, Paris, France, 2019-02-05-06.

Á. Ortiz, M. Müller, Barna, A., Alpár, B., **Horváth, R.** (2018). Malacok teljesítményének javulása Fecinor® (*Enterococcus Faecium* Cect 4515) alkalmazásával cink-oxid mentes takarmányban, Konda Ipsos, 3:19, 9-11.

Á. Ortiz, M. Müller, Barna, A., Alpár, B., **Horváth, R.** (2019). Malacok teljesítményének javulása Fecinor® (*Enterococcus Faecium* CECT 4515) alkalmazásával cink-oxid mentes takarmányban. A Sertés, 1, 56-59.

F. Bravo de Laguna, C. Achard, **R. Horváth** (2019). Effect of addition of a yeast derivative on piglets' performance during post-weaning period. Zero Zinc Summit, Copenhagen, Denmark, 2019-06-16-17.

Gombos, L., Alpár, B., **Horváth, R.**, Máté, P., Makkai, I., Búza, L. (2022). Colostrum fostering: Under practical conditions, is it useful to analyze colostrum with a Brix refractometer in the fostering protocols of hyperproliferative swine genetics? 13th European Symposium of Porcine Health Management, Budapest, Hungary, May 11–13, 2022.

Gombos, L., Alpár, B., **Horváth, R.**, Máté, P., Makkai, I., Vágó, L. (2022). Timing of euthanasia - can it be an economic or animal welfare issue? 13th

European Symposium of Porcine Health Management, Budapest, Hungary, May 11–13, 2022.

Horváth, R. (2018). Egy újonnan megvalósult technológiai fejlesztés lovaszpatonai teszt telepünkön, *Konda Ipsos*, 2:18, 2-3.

Horváth, R. (2018). Hízósértések eltérő ivar szerinti takarmányozása, *Konda Ipsos*, 3:19, 12-13.

Horváth, R., Alpár, B. (2018). Cink-oxid mentes malac kísérleteink tapasztalata Lovászpatonán, *Konda Ipsos*, 2:18, 9-12.

Horváth, R., Alpár, B. (2021). Egy kis etológia- avagy a hízósértés nyári és őszi takarmányfelvételi szokásainak összehasonlítása, *Konda Ipsos*, 1:21, 12-15.

Horogh, G., **Horváth, R.** (2020). Probiotikumok és prebiotikumok a sertés takarmányozásban, *Konda Ipsos*, 4:21, 15-19.

Horváth, R., Neukircher, R., Alpár, B. (2016). Egy hatékony eszköz a takarmányköltség javítására, *Konda Ipsos*, 1:14, 10-12.

Lankó, F.; **Horváth, R.** (2024). Precíziós takarmányozási és technológiai elemek az egészséges és költséghatékony malacnevelésben, *Konda Ipsos*, 1:45, 6-11.

R. Horváth, A. Barna, B. Alpár, M. Müller, M. Naatjes, Á. Ortiz (2019). Effect of *Enterococcus faecium* CECT 4515 on health status and live performance in piglets fed ZnO-free diets, *19. AVA*, BOKU Vienna, Austria, 2019-03-27-30.

Tóth, T., Viszket, E., **Horváth, É. R.**, Csavajda, É., Csitkovics, T., Tanai, A., Müller, M., Varga, L. (2012): Nyugat-magyarországi nyers tejek zsírsavprofiljának alakulása 2008 és 2011 között. Fatty acid profile of raw milk produced in West Hungary between 2008 and 2011. *Tejgazdaság*, 72: 1-2, 13-18., 7.

11. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom témavezetőimnek **Dr. Tóth Tamásnak** és **Prof. Dr. Fébel Hedvignek**, akik szakmai iránymutatásukkal, széleskörű tudásuk és tapasztalatuk megosztásával segítettek, fejlesztették a munkámat és megteremtették az állatkísérletekhez, illetve a hozzájuk kapcsolódó vizsgálatokhoz, valamint a publikáláshoz szükséges feltételeket.

Köszönöm **Pandúr Józsefnek**, a „Peelko” takarmánykiegészítő fejlesztőjének, hogy beavatott kutatómunkája fontos részleteibe és sok időt fordított szakmai fejlődésemre.

Hálával tartozom **Csitkovics Tibornak**, aki támogatta tanulmányaimat és akinek köszönhetően olyan munkahelyen dolgozhatom, ahol a tanulás érték, amit megbecsüléssel illet.

Köszönöm az állatkísérletekben résztvevő vezetőknek, **Lengyelné Thurner Hajnalkának**, **Hermán Istvánné Anikónak** és **Dr. Zsédely Eszternek**, hogy irányították és koordinálták a kutatás gyakorlati megvalósítását. Köszönet illeti az *állattartó telepeken, egyetemi laborban dolgozó kollégákat, szakembereket* és **Dr. Kovács Mihály** hallgató társamat, akik segítettek a mérésekben, az adatok gyűjtésében és a vizsgálati módszertan megértésében.

Köszönettel tartozom a *kollégáimnak* a munkában nyújtott segítségükért és türelmükért, amely hozzájárult ahhoz, hogy megfelelő minőségi időt tudtam fordítani a dolgozat összeállításához.

A *családom* nélkül nem az lennék, aki vagyok. Köszönöm, hogy feltétel nélkül szeretnek, hogy szilárd és erős alapokat kaptam, hogy mindig mellettem állnak, minden körülmények között számíthatok rájuk és időről időre emlékeztetnek az életben igazán értékes és lényeges dolgokra.