

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

HORVÁTH ÉVA RITA

MOSONMAGYARÓVÁR

2025

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
ALBERT KÁZMÉR MOSONMAGYARÓVÁRI KAR
ÁLLATTUDOMÁNYI TANSZÉK
WITTMANN ANTAL NÖVÉNY-, ÁLLAT- ÉS ÉLELMISZER-
TUDOMÁNYI MULTIDISZCIPLINÁRIS
DOKTORI ISKOLA**

UJHELYI IMRE ÁLLATTUDOMÁNYI DOKTORI PROGRAM

**DOKTORI ISKOLAVEZETŐ:
PROF. DR. VARGA LÁSZLÓ, DSC**

**PROGRAMVEZETŐ:
PROF. DR. SZABÓ FERENC, DSC**

**TÉMAVEZETŐK:
DR. TÓTH TAMÁS, PhD**

PROF. DR. FÉBEL HEDVIG, CSC

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

**KÉSZÍTETTE:
HORVÁTH ÉVA RITA**

**MOSONMAGYARÓVÁR
2025**

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A világ növekvő élelmiszer szükségletének kielégítéséhez az alternatív fehérjeforrások alkalmazása nélkülözhetetlen tényező a gazdasági haszonállatok fenntartható takarmányozásában. Az olajipar melléktermékeként keletkező hidegen sajtolt repcepogácsa megvalósítható lehetőséget kínál a környezeti fenntarthatóság előmozdításában, hazai előállítású, olcsó és értékes takarmány-alapanyag, amely csökkentheti a nem fenntartható szójadarától való függőséget. A repcepogácsa minőségét alapvetően befolyásolja a benne lévő antinutritív összetevők (pl.: glükozinolátok) jelenléte, illetve feldolgozásának módja. Mivel jelentős eltérések tapasztalhatók az egyes repcefajták/- hibridek antinutritív tartalmát illetően, ezért biztonságos felhasználásukhoz hatékony kezelésük elengedhetetlen.

A disszertáció célja olyan egyedi kezelési eljárás alkalmazása, amely hatásmechanizmusán keresztül lehetővé teszi a repce melléktermékben esetlegesen jelenlévő antinutritív hatás csökkentését. A PhD kutatás vizsgálatai komplex megközelítésben több hasznosítási irányt (hízósértés, brojlercsirke, tojótyúk) is átfognak. Ennek célja, hogy minél pontosabban meghatározható legyen a natúr, illetve a „Peelko”-kiegészítéssel (M1101164 azonosítószámú védjegy, gyártó: ROP Kft., Magyarország) kezelt repcepogácsa monogasztrikus állatok takarmányozásában való felhasználása.

A doktori munka 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 brojlércsirke, 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, sertéshús, 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. Mindez hozzájárulhat a natúr, illetve „Peelko”-kiegészítéssel kezelt repce biztonságos felhasználásához a monogasztrikus állatfajok (sertés, brojlércsirke, tojótyúk) takarmányozásában.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. TAKARMÁNYOZÁSI KÍSÉRLET BROJLERCSIRKÉKKEL

2.1.1. ÁLLATOK ÉS ELHELYEZÉSÜK

A brojlercsirkék repceetetési kísérletét a Széchenyi István Egyetem Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar állatkísérleti telepén végeztük el. 600 db Ross-308 típusú brojler kakast napos korban 24 fülkébe helyeztünk (25 madár/fülke, 12,5 csirke/m² férőhely, n= 8 fülke/kezelés).

2.1.2. TAKARMÁNYOK ÉS KEZELÉSEK

A brojlerek takarmányozását indító (1-21. nap), nevelő (22-32. nap) és befejező (33-42. nap) szakaszokra osztottuk. Az indító szakaszban minden fülkében azonos takarmányt fogyasztottak a madarak, majd három kezelést alakítottunk ki kontroll (K): extrahált szójadarával; repcepogácsa kezelés (R): 10%-15% hidegen sajtolt repcepogácsával (nevelő-befejező, sorrendben); repcepogácsa „Peelko” kiegészítővel (R+): 9,62%-14,62% hidegen sajtolt repcepogácsa + 0,38% „Peelko” kiegészítés (nevelő-befejező, sorrendben). A repcepogácsa hideg sajtolási technológiával (horizontális tengelyű csavarprés, gőz használata nélkül, V+V Szövetkezet, Héreg) készült és 18,5 µmol/g volt a glükozinolát-tartalma (Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft., Nagyigmánd, Magyarország; HPLC: High Performance Liquid Chromatography módszerrel). A Peelko takarmánykiegészítőt (HU 16100063 számú védjegy) a gyártó (ROP Kft., Érd, Magyarország) felhasználási javaslatának megfelelően alkalmaztuk.

A brojlercsirkék takarmánykeverékeinek összeállítását Bestmix® szoftverrel (Adifo, Industrielaan 11B, 9990 Maldegem, Belgium) végeztük, amit azonos metabolizálható energiatartalom (ME, MJ/kg),

illetve standardizált ileálisan emészthető aminosavtartalom (SID) alapján optimalizáltunk.

2.1.3. VIZSGÁLATOK

Az állatok súlyának mérésére fülként, egyedileg BAT 1 mérleg segítségével (Veit Electronics, Moravany, Cseh Köztársaság) került sor az 1., 21., 32. és 43. napon. A súlymérések egybeestek a takarmányváltásokkal. Erre az időszakra vonatkozó adatok (súly, takarmány, elhullás) alapján készült el a **termelési paraméterek** elemzése.

A **pajzsmirigyhormonok** (T3, T4) meghatározásához vért gyűjtöttünk csoportonként 10-10 állat szárnyvénájából (*vena cutenea ulnaris*) a kísérlet végén (43. nap). Humán célra előállított, de különböző madárfajokra módosított és validált I-RIA módszerrel (T3: I-T3 RIA kit; T4: I-T4 RIA kit) állapítottuk meg a hormonszinteket.

A vérvételt követően a madarak extermináltuk és eltávolítottuk a **pajzsmirigyet** (*glandula thyreoidea*), amit lemértünk (NB-600, Demandy, Budapest hitelesített labormérleg), majd mintát vettünk a **szövetteni vizsgálat**hoz, amelyet az Autopsy Path Kft (Budapest, Magyarország) végzett el.

A húsminták (csirkecomb, -mell) **kémiai összetételének** (szárazanyag-, fehérje- és zsírtartalom) megállapításához (MSZ 6920-4:1987 szerint) kezelésként 10-10 izommintát gyűjtöttünk. A **zsírsavösszetételt** gázkromatográfiás módszerrel elemeztük (MSZ ISO 5508:1992 szabványnak megfelelően, Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA gázkromatográf, Supelco SPTM 2560 (Merck KGaA, Darmstadt, Németország, 100 m×0,25 mm×0,2 µm elválasztó oszloppal).

Az izomszövet **oxidációs stabilitását** a malondialdehid (MDA) koncentráció mérésével határoztuk meg (*Ramanathan és Das, 1992*). Az MDA vizsgálatokat a vágást követő 1 órán belül (friss minta), a mélyhűtőben (-16°C) egy hónapig (MDA 1), illetve két hónapig (MDA 2) tartó tárolást követően végeztük el.

A húsminták (comb- és mellizom) **színének** vizsgálatát a Széchenyi István Egyetem Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar Fizikai és Kémiai Tanszékének laboratóriumában végeztük el MiniScan XE Plus (HunterLab, Virginia, USA) koloriméter segítségével (EasyMatch vezérlőszoftver, CIE D65 xenonlámpa megvilágítással, 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 (5 fő szakértő, kódolt mintákon, két ismétlésben Williams Latin Square intenzitásskála alapján).

A **statisztikai elemzéseket** a Windows operációs rendszerre fejlesztett IBM SPSS Statistics 23.0 szoftverrel végeztük (IBM Corp., Armonk, NY, USA). A paraméteres adatok csoportjai közötti szignifikáns különbségek meghatározására egyváltozós általános lineáris modellt (GLM) alkalmaztunk, Tukey-féle post hoc teszttel kiegészítve. A nem paraméteres adatok elemzésére Kruskal–Wallis próbát használtunk, amelyet Bonferroni-korrekcióval ellátott páronkénti összehasonlítás követett a statisztikailag szignifikáns eltérések azonosítása céljából. Minimum $P < 0,05$ értéket tekintettünk szignifikáns különbségnek.

2.2. TAKARMÁNYOZÁSI KÍSÉRLET HÍZÓSERTÉSEKKEL

2.2.1. ÁLLATOK ÉS ELHELYEZÉSÜK

A kísérletet az Állattenyésztési-, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet (Herceghalom) sertéstelepén végeztük 27 magyar nagy fehér × lapály F₁ 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). A süldőket 94 napos korukban állítottuk kísérletbe, ami 67 napig tartott.

2.2.2. TAKARMÁNYOK ÉS KEZELÉSEK

A kísérletben 94 napos kortól (39 kg induló átlagsúlytól) 161 napos korig (~90 kg záró súlyig) egyfázisú hízó takarmányt alkalmaztunk, amely során három kezelést alakítottunk ki. A kontroll (K) csoport takarmánykeveréke nem tartalmazott repceporácsát. Az R kezelés esetében az extrahált szójadarát részlegesen helyettesítettük 8% hidegen sajtolt repceporácsával. Az R+ csoportban pedig a hidegen sajtolt repceporácsa (7,62%) mellett 0,38% „Peelko” kiegészítőt alkalmaztunk. A sertéskísérlet kísérleti takarmányaiban lévő repce feldolgozásának módja, valamint a „Peelko”-kiegészítés összetétele megegyezik a *2.1.2. fejezetben* leírtakkal. A repceporácsa glükoszínolát-tartalma 3,1 µmol/g volt (Bonafarm-Bábolna Takarmány Kft., Nagyigmánd, Magyarország; HPLC módszer). A sertéstakarmányok összeállítását a *2.1.2. fejezetben* ismertetett módon, Bestmix® szoftverrel végeztük.

2.2.3. VIZSGÁLATOK

Az állatok egyedi mérlegelése a kísérlet beállításakor, a süldők 94 napos életkorában, majd 124, illetve 161 napos korban történt. Az elfogyasztott takarmányt folyamatosan, naponta mértük, amelyből kiszámoltuk a **termelési mutatókat** (súlygyarapodás, takarmányfelvétel és fajlagos takarmányértékesítés).

A hizlalási kísérlet végén (67. hizlalási nap) vért vettünk (9 sertés/kezelés, összesen 27) az elülső üres vénából (*vena cava cranialis*). A **T3 és T4 hormon** vizsgálati módszere megegyezett a 2.1.3 fejezetben írtakkal. Az állatok vágása után eltávolítottuk és lemértük a **pajzsmirigyet** (*glandula thyreoidea*).

Minden egyed **vágóhídi húsminősítése** a SEUROP minősítési rendszer „a vágósertések vágás utáni minősítéséről és a hasított féltetek kereskedelmi osztályba sorolásáról szóló 136/2011 (XII.22) VM rendeletben” foglaltaknak megfelelően történt.

A **zsírsavösszetétel** vizsgálatához a mintákat a combizomból (*m. semimembranosus*) vettük a vágóhídi húsminősítést követően. A zsírsavösszetétel gázkromatográfiás módszerrel történő elemzése a 2.1.3. fejezetben leírt módon történt.

Az adatok **statisztikai értékelését** az IBM SPSS Statistics 23.0 szoftverrel végeztük (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Az egyes változók közötti összefüggések vizsgálatára normáeloszlást és szóráshomogenitást mutató adatok esetén egytényezős varianciaanalízist (one-way ANOVA) alkalmaztunk. Amennyiben a változók normáeloszlást mutattak, de a szórások nem voltak homogének, Welch-próbát használtunk. A kategóriák közötti páronkénti összehasonlításokat azonos szórás esetén Bonferroni-, eltérő szórás esetén Dunnett C post hoc teszttel végeztük. A normalitás

ellenőrzésére Kolmogorov–Szmirnov-próbát, míg a szórások homogenitásának vizsgálatára Levene-tesztet alkalmaztunk.

2.3. TAKARMÁNYOZÁSI KÍSÉRLET TOJÓTYÚKOKKAL

2.3.1. ÁLLATOK ÉS ELHELYEZÉSÜK

A kísérletben 96 Lohmann tojóhibridet használtunk, amelyeket 21 hetesen a Széchenyi István Egyetem, Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar Tangazdaságában helyeztünk el. A madarakat három szintes Big Dutchman Eurovent 1250/a-EU típusú ketrecben tartottuk. Szintenként 8-8 fülkét alakítottak ki, fülkénként 4 madárral. A fülkék mérete 60 cm×63 cm×50 cm volt. A vizsgált időszakban napi 16 órás világítási programot biztosítottunk a tyúkok számára.

2.3.2. TAKARMÁNYOK ÉS KEZELÉSEK

A 21 hetes madarak 24 hetes korukig előkészítő takarmányt kaptak, majd három különböző tojó takarmánykeveréket az 56. élethétig. A takarmányozási kezelések: 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 voltak. A repcetartalmú takarmánykeverékek glükozinoláttartalma 2,5-3,1 $\mu\text{mol/g}$ közötti volt. 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, n=8 fülke/kezelés).

2.3.3. 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 *2.1.3. fejezetben* írtakkal.

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

A tojások **táplálóanyagtartalmát** (szárazanyag-, fehérje-, zsír-, és hamutartalom) a Magyar Takarmánykódex (2004) szerint elemeztük. A kémiai összetétel alapján számítással határozták 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 állapították meg (Supelco SpTM 2560 Fused Silica, 100 mm×0,25 mm×0,2 µm elválasztó oszlop, Supelco TM 37 Component FAME Mix standard).

A **tojássárgája színének** megállapítását a *2.3.1. fejezetben* részletezett módszer szerint végeztük el.

A **tojások érzékszervi tulajdonságainak** meghatározása megegyezik a *2.3.1. fejezetben* leírtakkal.

Az érzékszervi tulajdonságok **statisztikai elemzését** 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 egytényezős varianciaanalízist végeztük $P < 0,05$ szignifikanciaszint mellett.

A vizsgálatok az Európai Bizottság irányelve (86/609/EEC) és a kutatásban résztvevő állatok védelméről szóló törvény (XXVIII. Törvény 32. cikke) előírásainak megfelelően történt a brojlersirkékkel, a hízósertésekkel és a tojótyúkokkal elvégzett kísérletekben.

3. EREDMÉNYEK

3.1. BROJLERCSIRKÉKKEL VÉGZETT KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK

A kontrollhoz viszonyítva a kezelések szignifikánsan csökkentették a brojlercsirkék 43. napon mért **átlagsúlyát**. 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 kísérlet nevelő és befejező szakaszában, valamint a két fázist együttesen értékelve az R+ kezelés javította a **fajlagos takarmányértékesítést** ($P < 0,05$) és az elhullás mértéke is itt volt a legkisebb a csoportok között.

Pajzsmirigy megnagyobbodást (struma) figyeltünk meg a hidegen préselt repce takarmányozás (R és R+ csoport) hatására. A legnagyobb pajzsmirigysúlyt az R csoportban találtuk. A „Peelko” kiegészítés (R+ csoport) az R csoporthoz képest szignifikánsan csökkentette a struma mértékét, de a szerv súlya továbbra is szignifikánsan nagyobb volt a kontrollhoz viszonyítva.

A csoportok **T3** átlagértékei szinte leképezték a pajzsmirigy súlyában talált változást. A „Peelko”-kiegészítést tartalmazó takarmánnyal 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. A **T4** koncentrációja a kezeletlen repcepogácsát fogyasztó (R csoport) csirkékben volt a legnagyobb. A kontroll, illetve az R+ csoport madaraiban közel azonos T4 szintet tapasztaltunk. A fenti eredmények (struma mértéke, T3 és T4 hormonszintek) azt jelzik, hogy az ásványianyag-kezelés (R+) képes volt ellensúlyozni a repcepogácsa tireosztikus hatását ($P < 0,05$).

Az R csoport madarainak **szövet**tani képében az acinusok szerkezete megváltozott, míg az R+ metszetekben az acinus átmérők nem mutattak eltérést a kontrollcsoportéhoz képest.

A vizsgálatban alkalmazott kezelések (R, R+) nem befolyásolták a **húsminták** (comb és mell) **szárazanyag-tartalmát**. Az R kezelés szignifikánsan ($P < 0,05$) csökkentette a mellizomminták **fehérje-** és növelte a comb **zsírtartalmát** a kontroll vagy R+ kezeléshez képest.

Az R és R+ csoportok húsmintáinak (comb és mell) **zsírsavprofil** eredményei között nem találtunk eltérést. Ez azt mutatja, hogy a zsírsavak változásában a hidegen préselt repcepogácsaolaj zsírsavösszetétele a meghatározó. A telített zsírsavak csökkenését a palmitinsav kisebb 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. Humán táplálkozás-egészségügyi szempontból fontos eredmény, hogy jól lehet az n-3 és n-6 többszörösen telítetlen zsírsavak arányát is növelte a repcepogácsa etetése (R, R+), de az n-6 és n-3 zsírsavak egymáshoz viszonyított aránya szűkült a kontrollhoz viszonyítva ($P < 0,05$).

A lipidperoxidációt jelző **MDA** szintek minden vizsgálati időpontban az R csoportban voltak a legnagyobbak. A doktori munkában vizsgált ásványianyag-kiegészítő, a „Peelko” megakadályozta a húsmintákban a lipidperoxidációt. Etetésekor (R+) a csirkék húsmintáiban a kontrollal azonos MDA értéket mértünk. Vagyis a kiegészítőben lévő ásványianyagok a kettős kötést tartalmazó, azaz oxidációra rendkívül hajlamos zsírsavak jelenlétében is képesek voltak a lipidperoxidáció megakadályozására.

A repcefogácsa (R kezelés) befolyásolta a mellminták **színparamétereit**. Az R csoportban a világossági index és a vörös-zöld színindex eltért a kontrolltól és az R+ kezeléshez képest. A b* színindex értéke az R+ csoportban szignifikánsan kisebb volt, mint a kontrollcsoportban.

Repcefogácsa alkalmazásakor (R, R+) a bírálók egyes **érzékszervi tulajdonságokat** (zsíros utóíz és rostosság) szignifikánsan rosszabbnak ítélték meg az R hatására a többi csoporthoz (K, R+) viszonyítva.

3.2. HÍZÓCERTÉSEKSEL VÉGZETT KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK

A repcefogácsa 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 az R kezeléssel összehasonlítva. A takarmány-felvételben nem található eltérés a csoportok között. A **fajlagos takarmányértékesítés** az egész etetési időszakban az R+ csoportban volt a legkedvezőbb ($p < 0,05$).

A hidegen préselt kezeletlen repcefogácsa etetése (R csoport) szignifikánsan növelte a **pajzsmirigyet**. A struma mértékét a „Peelko” kiegészítés mérsékelte. Az R+ és a K csoportban a pajzsmirigy súlya között nem találtunk szignifikáns eltérést. Az R csoportban talált struma ellenére a pajzsmirigyhormonok (**T3, T4**) szérum szintjében nem tapasztaltunk mérhető változást a csoportok között.

A **vágóhídi minősítés** során egyik paramétert sem befolyásolták szignifikánsan a kezelések, az eredmények közel azonosak voltak a csoportokban (K, R, R+).

A sertések combmintáiban a **telített zsírsavak** aránya a kontrollcsoportban volt a legnagyobb (42,76%), ami szignifikánsan csökkent a „Peelko” kezelés hatására (40,69%). 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.

3.3. TOJÓTYÚKOKKAL VÉGZETT KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK

A tyúkok **tojástermelését** a kezelések nem befolyásolták, közel azonos termelési %-ot mértünk. A **tojás súlyok** kereskedelmi besorolása alapján a kontroll és a repcepogácsa kezelések (R, R+) tojásai is az „L” kategóriába tartoztak (*Európai Bizottság Szabályozása, 2008*).

A szérum **T3** koncentrációja közel azonos volt a mintákban és a tiroxinszintekben sem találtunk szignifikáns eltérést, de az átlagértékeket figyelembevéve a repcepogácsa etetése függetlenül a „Peelko” alkalmazásától kismértékben megnövelte a **T4**-szintet a kontrollal összehasonlítva.

A tojás **kémiai összetételének** vizsgálatakor nem találtunk különbséget egyik paraméter esetében sem, mindhárom csoportban hasonló értéket kaptunk.

A tojásokban a telített **zsírsavarány** (SFA) a kísérleti csoportokban szignifikánsan csökkent (R, R+) a kontrollcsoport értékéhez képest. Az olajsav, a vakcénsav valamint a MUFA %-os mennyisége az R és R+ takarmányozás hatására a kontrollénál szignifikánsan nagyobb volt. A tojássárgájában a PUFA aránya a kontrollcsoportban szignifikánsan

nagyobb volt, mint a repcepogácsa etetésekor. Az n-6 zsírsavak aránya szignifikánsan kisebb volt az R és R⁺ csoportokban, valamint a legnagyobb n-3 zsírsavarányt a „Peelko”-kiegészítés esetében mértük, ami szignifikánsan eltért a kontrollcsoporttól.

A világossági index (L*) nagyon közeli értéket mutatott a csoportokban, amelyek összességében azt mutatják, hogy a **kolorimetriás mérés** az R⁺ tojások színe volt a legélénkebb a kezelések közül.

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.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

4.1. TERMELÉSI PARAMÉTEREK

A hidegen sajtolt repcepogácsa (R) alkalmazása csökkentette a brojlerek és sertések élősúlyát a kontrollhoz viszonyítva (1. táblázat). A repcepogácsa antinutritívanyag-tartalmának csökkentésére irányuló „Peelko” kezelés (R+) a brojlerek élősúlyára nem, míg a sertésére kedvező hatást gyakorolt az R kezeléshez képest ($P < 0,05$).

1. 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.

4.2. PAJZSMIRIGY VIZSGÁLATA

A takarmányozási kísérletben elvégzett pajzsmirigy vizsgálattal a repce glükozinolát-tartalmának hatását szeretnénk volna ellenőrizni. Az egyes haszonállatok tiroidfunkciójának eredményeit a 2. táblázatban összegeztük. 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.

2. táblázat Pajzsmirigy vizsgálatok összesített eredményei

Paraméter	Állat	K ¹	R ²	R ³
Repcé glükózinnolát- tartalma ($\mu\text{mol/g}$)	brojler	-	1,85	
	sertés	-	3,1	
	tojótyúk	-	1,3	
Pajzsmirigy súlya (g)	brojler	0,18 \pm 0,03 ^c	0,56 \pm 0,21 ^a	0,49 \pm 0,16 ^b
	sertés	7,5 \pm 0,7 ^b	11,2 \pm 2,5 ^a	8,9 \pm 2,6 ^{ab}
Acinus átmérő (μm)	brojler	100,6 \pm 37,5 ^a	119,6 \pm 45,3 ^b	105,9 \pm 38,0 ^a
T3 (nmol/l)	brojler	2,95 \pm 0,45 ^c	4,68 \pm 0,81 ^a	3,92 \pm 0,55 ^b
	sertés	0,66 \pm 0,19	0,68 \pm 0,13	0,67 \pm 0,19
	tojótyúk	2,66 \pm 0,40	2,99 \pm 0,52	2,98 \pm 0,46
T4 (nmol/l)	brojler	50,13 \pm 4,60 ^b	61,22 \pm 7,69 ^a	50,99 \pm 7,19 ^b
	sertés	50,11 \pm 8,83	40,51 \pm 4,80	42,98 \pm 10,38
	tojótyúk	73,48 \pm 7,54	79,15 \pm 8,89	80,73 \pm 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 brojlerek takarmánykeverékeiben használt repce glükózinnoláttartalma (1,85 $\mu\text{mol/g}$) tireosztikus 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 glükózinnoláttartalmat (3,1 $\mu\text{mol/g}$), ami szignifikánsan megnövelte a pajzsmirigy súlyát. Itt is megmutatkozott az etetési idő hossza és a „Peelko” pajzsmirigy 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

jelentkezhessen. Sertésekben a kontroll, illetve az R+ csoport pajzsmirigy súlya nem mutatott szignifikáns különbséget.

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

4.3. AZ ÁLLATI TERMÉKEK (HÚS, TOJÁS) MINŐSÉGÉNEK VIZSGÁLATA

Az állati termékek (csirkemell, csirkecomb, sertéscomb, tojássárgája) minőségében talált legfontosabb eltéréseket a 3. táblázat mutatja.

3. 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 repceporácsa; ³hidegen sajtolt repceporácsa + 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 repceporácsa 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 csirkehúsminták eltarthatóságát a hidegen sajtolt repcepogácsa (R) csökkentette. Ez a csirkehúsminták 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 csirkehúsmintákban 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.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Az ásványianyag-tartalmú (Ca, P, Fe) takarmány-kiegészítő („Peelko”) 0,38%-ban alkalmazva javította brojlercsirkében, illetve hízósertésben a fajlagos takarmányértékesítést.
2. A kezeletlen, illetve a „Peelko”-val kezelt repcepogácsa is növelte brojlercsirkékben a pajzsmirigy súlyát, valamint a T3 hormon koncentrációt a kontrollhoz viszonyítva. A „Peelko” kezelés ellensúlyozta a natúr repcepogácsa tireosztatikus 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 tojássárgája-mintákban volt.
5. A mell-, illetve a combminták nagyobb PUFA aránya ellenére a „Peelko”-kiegészítés megakadályozta a lipidperoxidációt. Ezt a brojler húsminták kontrollcsoporttal közel azonos malondialdehid-tartalma jelzett.
6. A „Peelko”-kiegészítés kedvezően befolyásolja a tojássárgája színét, amit a szignifikánsan nagyobb a* és b* érték tükrözött.

6. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Idegen nyelvű tudományos közlemények

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: <https://doi.org/10.3390/agriculture14122333>

Magyar nyelvű tudományos közlemények

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.

Konferencia előadások, proceedingben megjelent közlemények

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.

- Horváth, É. R.,** Tóth, T., Fébel, H. (2012): Speciális adalékanyaggal kezelt repcepogácsa 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 repcepogácsa 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 repcepogácsa 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 repcepogácsa etetésének hatása a brojlercsirkék egyes termelési mutatóira és a hús érzékszervi tulajdonságaira, *16. Nemzetközi Takarmányozási Szimpózium: A klímaváltozás hatása a takarmányozásra.* Kaposvár 2013-08-30, 97-104.

Magyar nyelvű ismeretterjesztő közlemények

- Tóth, T., **Horváth, É. R.,** Fébel, H. (2014): A repcetermékek takarmányozási célú felhasználása a sertések és baromfifajok takarmányozásában. *Agro Napló,* 2014.04.07.