

OTKA F-048353

RÉSZLETES SZAKMAI ZÁRÓJELENTÉS**A TAKARMÁNY ZSÍRSAVÖSSZETÉTELE ÉS A TAKARMÁNYFELVÉTEL
KORLÁTOZÁSÁVAL JÁRÓ STRESSZ ÁLLAPOT KAPCSOLATÁNAK
VIZSGÁLATA BAROMFIBAN****című pályázatról****vezető kutató: Dr. Pál László**

A kutatási projekt pályázatában vállaltaknak megfelelően brojlersirkékkel, tojótyúkokkal és brojler szülőpár kakasokkal végeztünk kísérleteket a 2005-2008 időszakban. A kutatás kezdő 2005-ös évében végzett istálló korszerűsítési munkák miatt a tényleges kísérleti munka a 2006-os évben indulhatott el. A 2006-os évben brojlersirkékkel, 2007-ben tojótyúkokkal és brojler szülőpár kakasokkal végeztünk takarmányozási kísérleteket. Az utóbbi kísérlet eredményeinek feldolgozása a 2008-as évben fejeződött be. A kutatás eredményeit eddig akadémiai beszámolókon és tudományos fórumokon ismertettük, az eredmények impakt faktorral rendelkező angol nyelvű folyóiratokban történő közlése folyamatban van, illetve a következő két évben még további szakcikkek megjelentetését, az eredményeknek európai konferencián való bemutatását tervezzük.

1. A kutatás előzményei

A korlátozott takarmányfelvétel a brojler szülőpárok és tojó típusú jércék nevelése, valamint egyes országokban a tojótyúkok vedletése során technológiai elemként alkalmazott. Célja a kívánatos testtömeggyarapodás elérése, az elhízás megelőzése, az ivarérés szabályozása, illetve a vedlés kiváltása. Hátránya, hogy környezeti stresszorként hat és aktiválja a hypothalamus-hypophysis-mellékvesekéreg tengelyt, befolyásolja a szénhidrát- és lipid anyagcserét. A takarmánymegvonás megterheli az állat antioxidáns védelmi rendszerét is, növeli az oxidatív stressz mértékét. A kiváltott, stresszel összefüggő élettani folyamatok a vérplazma hormonjainak (pl. kortikoszteron, T3/T4, inzulin), metabolitjainak (pl. glükóz, trigliceridek, szabad zsírsavak, húgysav, tejsav) és az antioxidáns rendszer egyes elemeinek (pl. GSH, GSH-Px aktivitás, TBARS) mérésével jól jellemezhetők.

A takarmánymegvonást kísérő élettani reakciókat befolyásolhatja a korlátozást megelőzően fogyasztott takarmány zsírtartalma és zsírsavösszetétele is. Nagy zsírtartalmú takarmányok megnövelték a patkányok stressz-érzékenységet, a vérplazma kortikoszteron alapszintjét (Soulis és mtsai, 2005), illetve stimulált helyzetben mérhető koncentrációját (Kamara és mtsai, 1998). Brojlerekkel végzett kísérletünkben Nijdam és mtsai (2006) ugyancsak a nagyobb zsírtartalmú takarmány kortikoszteron szintet növelő hatását mutatták ki. A baromfi takarmánykeverékekben általában többszörösen telítetlen zsírsavakban gazdag olajkiegészítések használatosak. E zsírsavak két családja, az n-6-os és az n-3-as zsírsavak számos esetben eltérően hatnak az enzimműködésre, génexpresszióra, a hormonális szabályozásra (Pál és mtsai, 2002). Az eltérő n-6/n-3 zsírsavellátás és a takarmányozás okozta stressz következtében létrejövő folyamatok közötti kapcsolat emlősök és madarak esetében egyaránt kevésbé ismert. Kísérleteinkkel e kutatási területet kívántuk új ismeretekkel bővíteni

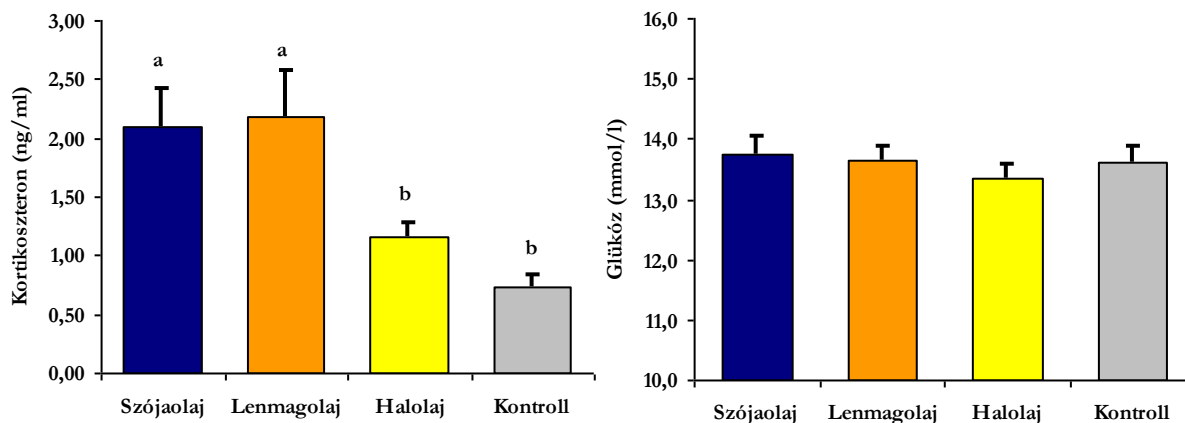
2. A kísérletek eredményei

2.1. Brojlercsirkékkel végzett kísérlet

Kísérletünkben az eltérő mértékű és minőségű zsírsavellátás hatását vizsgáltuk brojlercsirkék vérplazma kortikoszteron, glükóz, húgysav, triglicerid és szabad zsírsav koncentrációjára *ad libitum* takarmányfogyasztás ideje alatt valamint 24 órás takarmánymegvonást követően. A vizsgálat Ross 308-as kakas hibridekkel történt a hizlalás nevelő szakaszában. Az állatok az első tíz napban egységes brojler indító takarmánykeveréket fogyasztottak, majd ezt követően 18 napon keresztül kísérleti csoportonként eltérő zsírtartalmú és zsírsavösszetételű keverékben részesültek. Az alacsony zsírtartalmú (5,16% nyerszsír) kontroll takarmány mellett a három, 6% olajkiegészítést tartalmazó keverék (8,28% nyerszsír), szójaolajat (linolsavban gazdag), lenmagolajat (alfa-linolénsavban gazdag) illetve halolajat (eikozapentaénsavban – EPA, C20:5n-3 - és dokozahexaénsavban – DHA, C22:6n-3 - gazdag) tartalmazott. A keverékek azonos metabolizálható energia és nyersfehérje tartalmúak voltak. A hizlalás 28. napján mind a négy takarmány kezelési csoportból vérmintavételre (n=8/csoport) került sor *ad libitum* takarmányfogyasztás alatt, reggel 8 és 9 óra között. Ezt követően csoportonként 8 állat esetében takarmánymegvonás történt 24 óra időtartamra. A 29. napon reggel 8 és 9 óra között csoportonként a takarmányt fogyasztó és a takarmánymegvonásban részesült állatokból vérmintavételre került sor. A mintavétel utáni takarmánykiosztást követően 4 óra múlva ismét mintagyűjtés történt.

A takarmánymegvonás megkezdése előtt a takarmány kezeléseket nem okoztak szignifikáns különbségeket az állatok testtömegében ($P > 0,05$). A 24 órás takarmánymegvonás a kis zsírtartalmú kontroll, és a nagy zsírtartalmú halolaj kiegészítésű takarmány csoportban csökkentette a kakasok testtömegét igazolható mértékben ($P < 0,05$). A kontroll takarmány hatására a relatív hasnyálmirigy-tömeg nagyobb lett a halolaj és lenmagolaj kiegészítésű takarmányok eredményeivel összehasonlítva. A takarmánymegvonás hatására a kontroll és szójaolajos csoportban csökkent a relatív májtömeg, a szójaolajosban nőtt a relatív pajzsmirigy-tömeg, valamint a halolajos és lenmagolajos csoportban csökkent a relatív léptömeg ($P < 0,05$).

A szójaolajat és a lenmagolajat tartalmazó keverék szignifikánsan nagyobb átlagos vérplazma kortikoszteron szintet (2,09 és 2,18 ng/ml) eredményezett a halolajjal kiegészített és az alacsony zsírtartalmú keverékkel összehasonlítva (1,15 és 0,74 ng/ml) az *ad libitum* takarmányt fogyasztó állatoknál ($P < 0,05$; 1. ábra).



1. ábra A vérplazma kortikoszteron és glükóz szintje *ad libitum* takarmányfelvétel során (A különböző betűkkel jelzett átlagok szignifikánsan különböznek; $P < 0,05$)

A kortikoszteronnal ellentétben az ad libitum takarmányt fogyasztó állatok vérplazma glükóz szintjét a takarmányok eltérő zsírtartalma és zsírsavösszetétele nem befolyásolta ($P > 0,05$). A 24 órás takarmánymegvonás szignifikánsan csökkentette a glükóz koncentrációját a 6% olajkiegészítésű keverékeket fogyasztó állatok vérplazmájában, a kontroll csoportban azonban ez a csökkenés nem volt statisztikailag igazolható ($P > 0,05$). A nagy zsírtartalmú kezelések esetében az állatok éhezését követő takarmányfelvétel nagyobb glükóz szinthez vezetett, mint ami az ad libitum takarmányt fogyasztó állatok esetében mérhető volt, a kontroll csoportban azonban nem alakult ki szignifikáns hiperglikémia ($P < 0,05$). Az eredmények szerint a kisebb zsírfelvétel stabilabb glükózszintet eredményezett, amely elméletileg egy nagyobb inzulin-érzékenység eredménye is lehet.

A vérplazma alap triglicerid (TG) és szabad zsírsav (NEFA) szintjét a kezelések nem befolyásolták, a húgysav szint viszont a halolaj kiegészítés hatására a kontroll csoporthoz képest lecsökkent ($P < 0,05$). A takarmánymegvonás valamennyi csoportban szignifikánsan kisebb TG szintet eredményezett. A NEFA szint minden csoportban nőtt, de ez a növekedés a kontroll csoportban nem volt statisztikailag igazolható. A húgysav szint az éhezés hatására a halolajos keveréket fogyasztó állatok kivételével minden csoportban szignifikáns csökkenést mutatott.

Az ad libitum módon takarmányozott brojlerek esetében a nagy zsírtartalmú (8,28%), többszörösen telítetlen zsírsavakban gazdag takarmányok a kisebb zsírtartalmú (5,16%) takarmányhoz képest csökkentették a vérplazma redukált glutation (GSH) szintjét és glutation peroxidáz aktivitását (GSH-Px). Ugyancsak ad libitum takarmányfelvétel esetén a halolajból származó n-3-as eikozapentaénsav (EPA) és dokozaehexaénsav (DHA) zsírsavak nagyobb felvétele nagyobb TBARS értékeket eredményezett, mint a szójaolaj vagy lenmagolaj kiegészítés következtében megnövekedett linolsav vagy alfa-linolénsav felvétel ($P < 0,05$). A takarmánymegvonás és a 24 órás éhezést követő takarmányfelvétel a GSH, GSH-Px aktivitás, glutation diszulfid (GSSG) és GSH:GSSG értékeket egyik takarmánykezelés esetében sem befolyásolta szignifikáns módon ($P > 0,05$).

2.2. Tojótúkokkal végzett kísérletek

ISA-Brown típusú, 30 hetes tojótúkokkal ($n=30$) végzett első kísérletünkben a takarmánymegvonásnak a vérplazma néhány, a fehérje-, lipid- és szénhidrát anyagcserével, valamint az antioxidáns rendszerrel és kapacitással kapcsolatban álló paraméterére kifejtett hatását vizsgáltuk eltérő zsírtartalmú és zsírsavösszetételű takarmányok esetén. A kísérleti állatok három csoportban ($n=10$ /csoport) 0,5% és 4% szójaolaj, illetve 4% lenmagolaj kiegészítésű, azonos energia- és nyersfehérje tartalmú takarmánykeverékeket fogyasztottak. Az állatok takarmányfelvételében, testtömegében a kezelések között nem volt szignifikáns különbség. A kísérleti etetés 37. napján ad libitum takarmányfogyasztás mellett az állatok szárnyvénájából alap vérplazmaminták gyűjtésére került sor. Öt nap múlva a mintavételt 24 órás éheztetést követően megismételtük.

A lenmagolaj kiegészítésű (n-3-as linolénsavban gazdag) keveréket fogyasztó állatok plazmájában kisebb ($P < 0,05$) összes koleszterin és HDL-koleszterin szintet mértünk, mint a 0,5% szójaolaj (n-6-os linolsavban gazdag) kiegészítésű csoportban ad libitum takarmányfelvétel mellett. Éheztetés után ugyancsak a lenmagolaj hatására kisebb volt az LDL-koleszterin koncentráció a 4% szójaolaj kezeléssel összehasonlítva, illetve a HDL-koleszterin szintje a 0,5 és 4% szójaolaj kiegészítés eredményeihez képest ($P < 0,05$). Az állatok zsírfelvétele mértéke és az elfogyasztott zsír zsírsavösszetétele a vérplazma glükóz,

húgysav, albumin, triglicerid szintjét, tejsav-dehidrogenáz (LDH) aktivitását, a totál antioxidáns státusz (TAS), a scavenger kapacitás 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) és luminometriai értékeit nem befolyásolta ($P>0,05$). Az alapmintákhoz képest a takarmánymegvonás viszont minden takarmányozási csoportban szignifikánsan csökkentette ($P>0,05$) a glükóz, húgysav, albumin, triglicerid, összes koleszterin, HDL- és LDL-koleszterin koncentrációját, valamint a TAS és scavenger kapacitás DPPH értékeit. Az LDH-aktivitás minden csoportban növekedett az éhezés hatására. A scavenger kapacitás luminometriai értékek a 0,5% szójaolaj és a 4% lenmagolaj kiegészítésű csoport egyedeinél szignifikánsan ($P<0,05$) nagyobbak voltak 24 órás éhezést követően, a 4% szójaolaj kiegészítés esetében viszont ilyen szignifikáns hatás nem volt kimutatható. Az eredmények összefoglalásaként megállapítható, hogy kísérletünk körülményei között a nagyobb n-3-as linolénsav felvétel koleszterin szintet csökkentő hatása kimutatható volt. Az éhezés hatására a mért paramérekben bekövetkező változásokat – a scavenger kapacitás luminometriai eredményeinek kivételével – az állatok eltérő zsír- és zsírsavfelvétele nem befolyásolta.

Tojtyúkokkal végzett 2. kísérletünkben az eltérő mértékű zsírfelvételnek és a takarmánymegvonásnak a trijód-tironin (T3) és thyroxin (T4) pajzsmirigy hormonok plazmaszintjére kifejtett hatását vizsgáltuk. Az ISA-Brown genotípusú, 38 hetes kísérleti állatok 4 héten keresztül 0,5% ($n=15$) illetve 4% ($n=13$) szójaolaj kiegészítésű takarmányokat fogyasztottak. A két keveréktakarmány energia (AMEn) és nyersfehérje tartalma azonos volt. A két kezeléshez tartozó egyedi átlagos napi takarmányfelvétel értékek között nem volt szignifikáns különbség, így a két keverék eltérő nyerszsírtartalmával két különböző szintű zsírfelvételt értünk el. A kísérleti állatok átlagos testtömege sem a kísérlet kezdetén, sem a végén nem különbözött a két csoportban ($P>0,05$). A kísérlet 30. napján reggel 8:00 órától mindkét takarmányozási csoportban az állatok egy részétől 24 órára megvontuk a takarmányt, másik részük ezen időszak alatt ad libitum fogyaszthatta a takarmányt. A 24 órás időszak végén 8:00 és 9:00 között az állatok szárnyvénájából vérmintavételre került sor. A mintákból a vérplazma T3 és T4 koncentrációját RIA-módszer segítségével határoztuk meg. A tojtyúkok eltérő mértékű zsírfelvétele sem a T3, sem a T4 hormon szintjére nem volt szignifikáns hatással ad libitum takarmányfelvétel esetén. A takarmánymegvonás hatására a T3 hormon szintje mindkét csoportban szignifikánsan kisebb volt az ad libitum takarmányt fogyasztó állatok hormonszintjéhez képest. Az éhezés hatása a T4 hormon szintjére viszont eltérő volt a két különböző zsírfelvétele csoportban. A takarmánymegvonás a 0,5% olajkiegészítésű csoportban szignifikánsan csökkentette ($P<0,05$), míg a 4% olajkiegészítésű keveréket fogyasztó állatoknál nem befolyásolta igazolható mértékben a T4 hormon plazmakoncentrációját ($P>0,05$). Eredményeink arra engednek következtetni, hogy az eltérő mértékű zsírfelvételt követő éhezés különböző mértékben befolyásolja a pajzsmirigyben előhormonként termelődő T4 plazmaszintjét, illetve döntően a perifériás deiodáz enzimek működése folytán keletkező T3 hormon koncentrációját a vérplazmában.

2.3. Brojler szülőpár kakasokkal végzett kísérlet

Brojler szülőpár kakasokkal folytatott kísérletünket 48 db Ross 308 típusú kakassal végeztük. A kakasok 22 hetesen érkeztek kísérleti telepünkre, ahol egyedi elhelyezésben egy hét szoktatási időszak után 6 kísérleti csoportban (8 állat/kezelés) 5 hétig fogyasztották a kísérleti takarmányokat. A kísérletben kétféle olajtípust és háromféle napi takarmányadag hatásait vizsgáltuk. A két azonos energia- és tápálóanyag tartalmú keverék közül egyik 4% szójaolajat (n-6-os típusú linolsavban gazdag), a másik 4% halolajat (hosszú szénláncú n-3-as zsírsavakban gazdag) tartalmazott. Mindkét keverék típuson belül három csoport került kialakításra a napi adag szerint: 1.) 120 g/nap/állat 2.) 90 g/nap/állat 3.) 2x180 g/nap/állat. A

kísérleti istállóban a gyakorlati technológiának megfelelően változott a fényprogram a kísérlet időszaka alatt. Az egyedi takarmány kiosztás a reggel induló fényszakasz kezdetén (8:00) történt, illetve a 3. csoportban a második adagot 13:00-kor kapták meg az állatok. Az 1. csoport adagja a kapcsolódó szülőpár nevelési technológiában megadott értékhez közelinek nevezhető, a 2. csoport a technológiai ajánlásnál kisebb, a 3. az ajánlásnál nagyobb adagot fogyasztott. A takarmányozási kezelések így eltérő minőségű zsírsavellátást, illetve eltérő mennyiségű energia- és táplálóanyag felvételt, köztük zsírfelvételt is biztosítottak a kakasok számára.

A kísérlet kezdetén és hetente egy alkalommal egyedi testtömegmérésre került sor. A 3. számú adagot fogyasztó két csoport esetében az el nem fogyasztott takarmányt szintén hetente visszamértük. A kísérlet minden napján kezelési csoportonként az egyes állatok ürülékéből egy átlagmintát képeztünk, amelyből kortikoszteron és tesztoszteron meghatározás történt. Az 5. kísérleti hét végén a kísérlet befejező vágási napján az állatok reggel nem kaptak takarmányt, 8:00 és 12:00 között levágásra kerültek. Az állatok levágása során vérmintákat gyűjtöttünk, amelyekből a plazma glükóz, triglicerid, szabad zsírsav, húgysav, tejsav, tiroxin és trijód-tironin szintjét mértük meg. Meghatároztuk a levágott állatok egyes szerveinek (máj, here, mellékvese, pajzsmirigy) és a hasúri zsírnak a tömegét. A herékből szövettani metszetek készültek, amelyek morfológiai szempontból, illetve a spermioenezis szempontjából értékelték a kezeléseket.

A kísérleti állatok testtömege nem különbözött egymástól szignifikáns módon a kísérlet kezdetén (1. táblázat). Az olajtípus hatása nem mutatkozott meg egyik mérési időpontban sem ($P > 0,05$), míg a napi adag igazolható módon befolyásolta a testtömeg és a teljes időszakra számított tömeggyarapodás értékét ($P < 0,05$). A 3. jelű csoportokban a napi átlagos takarmányfogyasztás 342,9 g (halolaj, H-3) és 343,8 g (szójaolaj; Sz-3) volt a teljes időszakra vetítve.

1. táblázat A takarmány kezelése hatására a kísérleti állatok testtömegére és tömeggyarapodására (átlag; g)

Kísérleti csoportok ¹	A kísérlet hetei						Tömeggyarapodás 0-5. hét
	0.hét	1.hét	2.hét	3.hét	4.hét	5.hét	
H-1	3867	3988 ^b	4111 ^b	4221 ^b	4314 ^b	4484 ^b	617 ^b
H-2	3781	3772 ^b	3818 ^c	3846 ^d	3858 ^c	3948 ^c	166 ^c
H-3	3836	4781 ^a	5217 ^a	5536 ^a	5788 ^a	5875 ^a	2039 ^a
Sz-1	3813	3925 ^b	4022 ^{bc}	4099 ^{bc}	4195 ^b	4445 ^b	632 ^b
Sz-2	3925	3868 ^b	3874 ^c	3910 ^{cd}	3895 ^c	3953 ^c	28 ^c
Sz-3	3849	4822 ^a	5307 ^a	5646 ^a	5888 ^a	5963 ^a	2114 ^a

¹ H: 4% halolaj tartalmú takarmány, Sz: 4%szójaolaj tartalmú takarmány; 1-120g/nap/állat; 2-90g/nap/állat; 3-2x180g/nap/állat

^{a-c} Azonos oszlopon belül a különböző betűjelzésű átlagok szignifikánsan különböznek ($P < 0,05$).

A testtömeghez hasonlóan az egyes szervek tömegének alakulását nem befolyásolta a takarmányok eltérő zsírsavösszetétele ($P > 0,05$). A napi adag szervenként eltérő mértékben hatott a szervek abszolút és a testtömeghez viszonyított relatív tömegére. A legnagyobb napi adag (3.) növelte a máj abszolút és relatív tömegét a másik két csoporthoz képest, míg a here relatív tömege ezekben a nagy takarmányfelvételű csoportokban kisebb volt a két kisebb adaggal összehasonlítva. A takarmányfelvétel csökkentése növelte a pajzsmirigy relatív tömegét. Hasúri zsír csak a 3. jelű csoportokban volt mérhető.

A plazma egyes metabolitjai és a pajzsmirigy hormonok közül a triglicerid ($P<0,05$), a húgysav ($P<0,001$) valamint a trijód-tironin ($P<0,01$) szintjét befolyásolta szignifikánsan a napi adag mennyisége (2. táblázat). Az elfogyasztott takarmány mennyisége a triglicerid szinttel pozitív, a húgysav szinttel negatív korrelációt mutatott. A T3 hormon koncentrációja mindkét olajtípus esetén a legnagyobb adagot fogyasztó csoportban nagyobb értéket ért el a másik két csoport eredményéhez viszonyítva.

2. táblázat A takarmány kezelések hatása a plazma egyes metabolitjainak és T3/T4 hormonok szintjére (átlag; mmol/l)

Kísérleti csoportok ¹	Glükóz	TG	FFA	Húgysav	Tejsav	T3	T4
H-1	13,21	0,18 ^{ab}	0,61	0,551 ^{abc}	4,55 ^a	0,82 ^b	39,90
H-2	12,64	0,10 ^b	0,59	0,766 ^a	2,31 ^b	0,80 ^b	37,08
H-3	12,25	0,20 ^{ab}	0,54	0,443 ^{bc}	4,42 ^a	1,70 ^a	39,16
Sz-1	13,24	0,20 ^{ab}	0,70	0,611 ^{ab}	3,95 ^{ab}	1,14 ^b	39,91
Sz-2	13,22	0,11 ^b	0,87	0,673 ^a	3,61 ^{ab}	0,73 ^b	39,72
Sz-3	13,53	0,30 ^a	0,78	0,382 ^c	3,56 ^{ab}	1,82 ^a	32,72

¹ H: 4% halolaj tartalmú takarmány, Sz: 4%szójaolaj tartalmú takarmány; 1-120g/nap/állat; 2-90g/nap/állat; 3-2x180g/nap/állat

^{a-c} Azonos oszlopon belül a különböző betűjelzésű átlagok szignifikánsan különböznek ($P<0,05$).

TG: triglicerid; FFA: szabad zsírsav; T3: trijód-tironin, T4: tiroxin

Az ürülék minták kortikoszteron tartalmát tekintve nem volt igazolható eltérés ($P>0,05$) a szójaolaj és a halolaj kiegészítésű keveréket fogyasztó állatok, továbbá az eltérő napi adagot fogyasztó csoportok között (3. táblázat). A minták tesztoszteron tartalmát viszont mind az olajtípus ($P<0,05$), mind a napi adag ($P<0,05$) szignifikánsan befolyásolta. Az összes halolajos csoport átlagértéke (212,3 ng/g) felülmúlta a szójaolajos csoportok átlagát (175,6 ng/g) a teljes kísérleti időszak adatain alapuló összehasonlításban. A legkevesebb takarmányt fogyasztó csoportok átlagértéke (230,1 ng/g) meghaladta az 1. és 3. jelű csoportátlagokat (180,9 ill. 171,0 ng/g).

3. táblázat A takarmány kezelések hatása az ürülék kortikoszteron és tesztoszteron szintjére (átlag; ng/g nedves ürülék)

Kísérleti csoportok ¹	Kortikoszteron	Tesztoszteron
H-1	10,81	179,72 ^b
H-2	11,45	257,57 ^a
H-3	11,02	199,75 ^{ab}
Sz-1	11,12	182,07 ^b
Sz-2	10,53	202,57 ^{ab}
Sz-3	11,26	142,29 ^b

¹ H: 4% halolaj tartalmú takarmány, Sz: 4%szójaolaj tartalmú takarmány; 1-120g/nap/állat; 2-90g/nap/állat; 3-2x180g/nap/állat

^{a-c} Azonos oszlopon belül a különböző betűjelzésű átlagok szignifikánsan különböznek ($P<0,05$).

A kakashere metszetek esetében különbség az egyes csoportok között a csírahám szerkezetében, vastagságában, illetve a csatornák lumenjének méretében, a lumenben található spermogén sejtek és spermiumok mennyiségében voltak (4. táblázat). Az olajtípus tekintetében kiemelő, hogy a halolajat fogyasztó állatok (2. és 3. csoport) csírahámjában nagyobb számban fordultak elő meiotikus sejtmag alakok, valamint a csatornák lumenében az

érett spermatozoák (spermiumok) száma (1. és 3. csoport) meghaladta a szójaolaj tartalmú keveréket fogyasztó állatok heremintái esetében megfigyelt értéket. Az eredményeket bemutató 4. táblázatban az értékelést szolgáló “+” jelek száma arányban van a csatornák/lumen vastagságának/tágasságának mértékével illetve a sejtalakok/sejtek számával.

4. táblázat A takarmány kezelések hatása a here szöveti szerkezetére és a spermiogenezisre

Kísérleti csoportok¹	Csírahám vastagsága	Lumen tágassága	Osztódó sejtalakok a csírahámban	Spermiogén sejtek a lumenben	Spermiumok mennyisége a lumenben
Sz-1	+++	+++	++	+	++
Sz-2	+++	+++	+	++	++
Sz-3	++	++++	+++	+	++
H-1.	+++	++	+++	++	+++
H-2	++	+++	++++	++	++
H-3	+	++++	++++	++	++++

¹ H: 4% halolaj tartalmú takarmány, Sz: 4% szójaolaj tartalmú takarmány; 1-120g/nap/állat; 2-90g/nap/állat; 3-2x180g/nap/állat

^{a-c} Azonos oszlopon belül a különböző betűjelzésű átlagok szignifikánsan különböznek (P<0,05).

3. Az eredmények értékelése, következtetések és javaslatok

Eredményeink szerint a kisebb arányú olajkiegészítést (0,5% hozzáadott olaj) tartalmazó takarmányok hatására kisebb alap kortikoszteron szint alakulhat ki *ad libitum* takarmányfelvétel esetén, mint a nagyobb arányban (4,0%) olajat tartalmazó keverékek etetése során. Ehhez a kutatási témakörhöz kapcsolódóan Nijdam és mtsainak (2006) kísérletében a nagy zsírtartalmú (24,8% zsír) takarmányt fogyasztó brojlerke plazma kortikoszteron szintje meghaladta az alacsonyabb zsírtartalmú (4,9%) takarmányt fogyasztó állatokra jellemző értéket a vágást megelőző szállítást követően. Brojlerkísérletünkben a takarmánymegvonás és takarmánykiosztás stimuláló hatása nagyobb arányú kortikoszteron szint növekedést, és kisebb mértékű glükóz illetve NEFA koncentráció változást eredményezett kisebb zsírfelvétel esetén. A takarmány kisebb zsírtartalmával együttjáró kisebb alap kortikoszteron szint előnyös lehet a baromfi immunrendszerét terhelő környezeti hatások esetén.

A 4% hozzáadott olajat (és valószínűleg az ennél nagyobb arányú kiegészítést) tartalmazó takarmánykeverékek esetében az élettani hatás szempontjából fontos figyelembe venni az olaj zsírsavösszetételét. Az irodalmi adatok alapján az n-6-os többszörösen telítetlen arachidonsavból (C20:4n-6) képződő egyes prosztaglandinok (PGE₂, PGF_{2α}) elősegíthetik a mellékvese kortikoszteroid szintézisét és szekrécióját (Kocsis és mtsai, 1999). Kísérletünk eredményei megerősítik ezt, miszerint a nagyobb linolsav (C18:2n-6) felvétel – és az ezáltal megnövekedő arachidonsav szintézis – növelheti a vérplazma alap kortikoszteron szintjét. A halolaj kiegészítés által létrejött nagyobb n-3-as EPA-felvétel viszont nem okozott ilyen hatást, mivel az adott zsírsav az említettektől eltérő típusú és hatású prosztaglandinok képződését segíti elő. Castillo és mtsainak (1999) kísérletében a koleszterinszintézis egyik fő enzimének, a HMG-CoA reduktáznak csökkent az aktivitása csirke májában halolaj kiegészítésű táp fogyasztása után. Kísérletünkben takarmánymegvonás után a nagy mértékű n-3-as alfa-linolénsav felvétel hatására kisebb LDL- és HDL-koleszterin koncentrációt mértünk a vérplazmában, mint az n-6-os linolsavban gazdag szójaolaj etetését követően. A 4% hozzáadott olajat tartalmazó takarmányok napi adagjának csökkentése illetve a

takarmánymegvonás a zsírsavösszetételétől függetlenül csökkentette a T3 hormon vérplazma szintjét, a T4 hormon szintjét viszont mindezek a változások nem befolyásolták.

A többszörösen telítetlen zsírsavak prooxidánsként megterhelik a baromfi antioxidáns rendszerét (GSH-szint, GSH-Px aktivitás), különösen a sok kettős kötést tartalmazó n-3-as hosszú szénláncú EPA és DHA esetében kell erre számítani (TBARS értékek). Korábbi kísérletek szintén ezt a megfigyelést igazolják (D'Aquino és mtsai, 1991; Németh és mtsai, 2004). A húgysav is antioxidáns hatású molekula a szervezetben, és ezzel magyarázható, hogy vérplazma alapszintje kisebb volt a sok telítetlen kötést tartalmazó n-3-as zsírsavakban gazdag halolaj kiegészítés esetén. A gyakorlati takarmányozásban mindezek alapján célszerű volna, hogy halolaj alkalmazása esetén nagyobb mértékű antioxidáns kiegészítést használjanak, mint a szójaolaj vagy napraforgóolaj esetében.

A halolajban található n-3-as zsírsavak kedvező szaporodásbiológiai hatása mutatkozott meg a szülőpár kakas nevelés során. A szójaolajban található döntően n-6-os linolsavval összehasonlítva az n-3-as EPA és DHA fokozták a tesztoszteron szintézisét/szekrúcióját. Ezzel összhangban a halolaj hatására növekedett az osztódó sejthalakok száma a csírahámban, illetve a spermogén sejtek és spermiumok mennyisége a herecsatornák lumenében. Hasonló eredmény, hogy kanok takarmányának 3%-os halolaj kiegészítése növelte a spermiumok számát az ejakulátumban (Maldjian és mtsai, 2005). Surai és mtsainak (2000) kakasokkal folytatott kísérletében a DHA-tartalmú olajkiegészítések mérsékelték az életkorral járó hímvarsejt-szám csökkenést a 26. és 60. élethét között. További vizsgálatok szükségesek ez irányban a halolaj kiegészítés mellett alkalmazandó antioxidáns szint hatásának felmérésére, a termékenyítőképesség meghatározására. További pozitív tapasztalatok után a halolaj kiegészítés esetleg a gyakorlati takarmánykeverékekben is kipróbálásra kerülhet a hímváru állatok termékenyítő képességének javítása érdekében.

4. Irodalomjegyzék

Castillo, M., Amalik, F., Linares, A. and García-Peregrín, E., 1999: Dietary fish oil reduces cholesterol and arachidonic acid levels in chick plasma and very low density lipoprotein. *Mol. Cell. Biochem.* **200**: 59-67.

D'Aquino M, Benedetti DL, Felice PC, Gentili V, Tomassi G, Maiorino M & Ursini F, 1991: Effects of fish oil and coconut oil on the antioxidant defence system and lipid peroxidation in rats. *Free Radic Res Commun* **12-13**, 147-152.

Kamara K, Eskay R & Castonguay T, 1998: High-fat diets and stress responsivity. *Physiol Behav* **64**, 1-6.

Kocsis JF, Rinkardt NE, Satterlee DG, Weber H & Carsia RV, 1999: Concentration-dependent, biphasic effect of prostaglandins on avian corticosteroidogenesis in vitro. *Gen Comp Endocrinol* **115**, 132-142.

Maldjian A, Pizzi F, Gliozzi T, Cerolini S, Penny P, Noble R., 2005: Changes in sperm quality and lipid composition during cryopreservation of boar semen. *Theriogenology.* **63(2)**:411-421.

Németh K, Mézes M, Gaál T, Bartos Á, Balogh K & Husvéth F, 2004: Effect of supplementation with methionine and different fat sources on the glutathione redox system of growing chickens. *Acta Vet Hung* **52**, 369-378.

Nijdam E, Lambooij E, Nabuurs MJ, Decuypere E & Stegeman JA, 2006: Influences of feeding conventional and semisynthetic diets and transport of broilers on weight gain, digestive tract mass, and plasma hormone and metabolite concentrations. *Poult. Sci* **85**, 1652-1659.

Pál, L., Grossmann, R., Dublicz, K., Husvéth, F., Wágner, L., Bartos Á., Kovács, G., 2002: Effects of glucagon and insulin on plasma glucose, triglyceride, and triglycerine-rich lipoprotein concentrations in laying hens fed diets containing different types of fats. *Poultry Science* **81**: 1694-1702.

Soulis G, Kittraki E & Gerozissis K, 2005: Early neuroendocrine alterations in female rats following a diet moderately enriched in fat. *Cell Mol Neurobiol* **25**, 869-880.

Surai, PF., Noble, RC., Sparks, NH., Speake, BK., 2000: Effect of long term supplementation with arachidonic or docosahexaenoic acids on sperm production in the broiler chicken. *J. Reprod. Fertil.* **120 (2)**: 257-264.