

A TOJÁS N-3 ZSÍRSAV- ÉS E-VITAMIN-TARTALMÁNAK NÖVELÉSE TAKARMÁNYOZÁSSAL

SCHMIDT JÁNOS — TÓTH TAMÁS — ZSÉDELY ESZTER

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők 192 Tetra SL tojóhibriddel végzett kísérletben azt vizsgálták, hogy 3% lenolajjal és 1% halolajjal végzett kombinált kiegészítéssel lehetséges-e a tojásnak nemcsak az α -linolénsav, hanem EPA és DHA tartalmát is érdemben növelni, úgy, hogy közben az ilyen tojásokból készült ételek organoleptikus tulajdonságai ne romoljanak. A szerzők arra is választ kerestek, hogy a tojás oxidatív stabilitásának javítása céljából adagolt dl- α -tokoferol-acetát milyen mértékben növeli a tojás α -tokoferol tartalmát.

Megállapították, hogy a kombinált kiegészítés a csak lenolajjal (4%) végzett kiegészítéshez képest szignifikánsan növelte a tojássárga EPA és DHA tartalmát.

A takarmány 3% lenolaj és 1% halolaj tartalma nem befolyásolta kedvezőtlenül a kísérleti tojásokból készült rántotta, valamint a főtt tojás ízét és illatát. A 65, valamint 130 mg dl- α -tokoferol-acetát/kg takarmány kiegészítés a tojások d- α -tokoferol tartalmát 2,8 illetve 4,4-szeresre növelte a kontroll tojásokhoz viszonyítva. A nagyobb adagú kiegészítés kismértékben csökkentette a kiegészítés hatékonyságát.

SUMMARY

Schmidt, J. – Tóth, T. – Zsédely, E. Ms.: N-3 FATTY ACID AND VITAMIN E ENRICHMENT OF TABLE EGG BY FLAXSEED, FISH OIL AND α -TOCOPHEROL SUPPLEMENTATIONS OF FEED

A trial was carried out to determine the effect of flaxseed oil alone and combined with fish oil addition and/or supplemented with different level of synthetic dl- α -tocopherol-acetate on the α -linolenic acid, eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA), d- α -tocopherol-acetate content and organoleptic characteristic of table egg. In the experiment 192 TETRA SL laying hens were divided into 4 treatments: a control (C) diet with no added oil, 4% flaxseed oil alone (LO), 3% flaxseed oil plus 1% fish oil combined with low (65 mg/kg feed; LFL) and high (130 mg/kg feed; LFH) level of dl- α -tocopherol-acetate addition.

It was concluded that flaxseed oil plus fish oil supplementation of the diets (LFL and LFH) significantly improves EPA and DHA content in the egg compared to the LO diet. The 3% linseed oil and 1% fish oil supplementation had no negative effect on the organoleptic traits, such as taste and smell of scrambled and boiled eggs. Compared to the C diet supplemented by 65 and 130 mg/kg feed dl- α -tocopherol-acetate resulted in 2.5- and 4.2-fold increase in the d- α -tocopherol-acetate concentration of the egg.

BEVEZETÉS

Ismert, hogy a takarmányozás sokoldalú befolyást gyakorol az állati eredetű élelmiszerek kémiai összetételére és ennél fogva táplálkozási értékére. Ez lehetőséget kínál arra, hogy ezeknek az élelmiszereknek az összetételét célirányos takarmányozással módosítsuk, a humán igényekhez közelítsük.

A táplálóanyagok közül az utóbbi másfél évtizedben a zsírsavak kerültek az érdeklődés előterébe. Ez azzal a sokoldalú szereppel áll összefüggésben, amelyet az egyes zsírsavak a szervezetben betöltenek. Különösen érvényes ez a többszörösen telítetlen zsírsavakra (PUFA), közülük is elsősorban az n-6 (linolsav, arachidonsav) és n-3 (α -linolénsav, eikozapentaénsav, dokozaheksaénsav) zsírsavakra. Ezek beépülnek a sejtmembránok foszfolipidjeibe, fenntartják azok működését. Mint a membránok alkotórészei befolyásolják a vörösvértestek számos tulajdonságát, továbbá a vér viszkozitását (Antal és Gaál, 1998). Fontos funkciója mind a linolsavnak, mind az α -linolénsavnak, hogy metabolitjaikon keresztül prekursorai a hormonszerű hatást kifejtő, számos anyagcsere-folyamatban közreműködő eikozanoidoknak (prostaglandinok, leukotriének, lipoxinok, tromboxánok stb.).

Az n-3 zsírsavaknak fontos szerepet tulajdonítanak a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésében. Barna (2006) szerint az n-3 zsírsavak védőhatása többféle módon is érvényesül (koleszterin szint csökkentése, triglicerid szint mérséklése, az érbelhártya épségét megőrző anyagok elválasztásának növelése).

Az n-3 és n-6 zsírsavak említett fontos hatásaiból következően a humán zsírsav ellátásra vonatkozó ajánlás akkor tekinti az ellátást jónak, ha az n-6 zsírsavak a teljes zsírsav fogyasztásnak 10–15%-át, az n-3 zsírsavak pedig 2–3%-át teszik ki (Zajkás, 2004). A szóban forgó ajánlás a PUFA zsírsavak közül az élelmiszerekben legnagyobb mennyiségben előforduló linolsav ($C_{18:2}$ n-6) és az α -linolénsav ($C_{18:3}$ n-3) kívánt arányát akkor tekinti optimálisnak, ha az 3–5:1 (Antal és Gaál, 1998; Schaefer, 2002; Wahrburg, 2004).

A napraforgóolajra és sertézsírra alapozott magyar konyhára visszavezethetően, a hazai lakosság zsírsav ellátottsága számos tekintetben nem felel meg az említett ajánlásban foglaltaknak. Főleg az n-3 zsírsavellátás marad el a javasolt szinttől, amiből következően az n-6/n-3 arány idehaza az optimálisnál lényegesen tágabb, gyakran 28–30:1 feletti érték (Barna, 2006).

A hazai lakosság n-3 zsírsav ellátottságának javítására több lehetőség kínálkozik. Az egyik, hogy növeljük táplálkozásunkban a napraforgóolajnál lényegesen több α -linolénsavat tartalmazó étolajok (repceolaj, szójaolaj, lenolaj) részarányát, de kedvezőbbé tehető n-3 zsírsav ellátottságunk oly módon is, hogy az eddiginél több tengeri halat fogyasztunk.

További lehetőség, hogy a takarmányok n-3 zsírsavakban gazdag olajokkal történő kiegészítésével növeljük az állati eredetű élelmiszerek n-3 zsírsav tartalmát. Erre élettanilag az teremti meg a lehetőséget, hogy energiaegyensúly esetén a májat elkerülő kilomikronokban, valamint a VLDL-ben található trigliceridek elsősorban a zsírszövetbe kerülnek raktározásra. Energiaegyensúly esetében ugyanis a lipoproteinekben szállított zsírsavakra az izomszövetben nincs, vagy csak kisebb mennyiségben van szükség. Ilyenkor a lipoproteinlipáz aktivitás a zsírszövetben nagyobb, aminek eredményeként a lipoproteinek trigliceridjeinek zsírsavai elsősorban a zsírszövetbe fognak beépülni (Husvéth, 2000).

Az irodalomban jelentős számú beszámoló található olyan kísérletekről, amelyekben a szerzőknek sikerült a sertések, brojlersírkék, nyulak, ludak szöveti zsírjában, valamint a tyúktojás sárgájában az α -linolénsav mennyiségét számottevően megnövelni (Kumar és mtsai, 1994; Chuan és mtsai, 1996; Bernardini és mtsai, 1998; Jiang-Wen Utlu és Kaya, 2002; Özpınar és mtsai, 2003; Raes és mtsai, 2004; Bou és mtsai, 2006; Dublec és mtsai, 2006; Mézes és Tóth, 2006; Mitchaothai és mtsai, 2007.). Ugyanakkor az eikozapentaénsav ($C_{20:5}$, EPA), valamint a dokoza-hexaénsav ($C_{22:6}$, DHA) mennyisége az állati termékek zsírjában az állatok jelentős α -linolénsav ellátottsága ellenére is csak kismértékben növekedett meg. Különösen az EPA növekmény volt kisebb a vártnál. Ez alól csak azok a kísérletek képeznek kivételt, amelyekben a zsírkiegészítés halolajjal történt (Koreiski és mtsai, 2000; Mori, 2001; Kovács és mtsai, 2003). Ez valószínűleg azzal állhat összefüggésben, hogy az α -linolénsavnak az állati szervezetben EPA-vá és DHA-vá történő átalakításához szükséges enzimek (Δ -6, Δ -5, Δ -4 deszaturáz enzimek) nem állnak kielégítő mennyiségben rendelkezésre. A linolsav és az α -linolénsav szervezetben történő átalakulásának egyes lépéseihez ugyanis ugyanazok az enzimek (Δ -6, Δ -5 deszaturáz) szükségesek, így linolsav túlsúly esetén kompetíció alakulhat ki a szubsztrátok között (Antal és Gaál, 1998). A halolajjal végzett kiegészítés esetén azért érhető el nagyobb EPA és DHA-tartalmú állati termék, mert a halolaj, illetve az ebből készült és takarmányozásra ajánlott termékek, kiemelkedően sok EPA-t (19–20%) és DHA-t (7–8%) tartalmaznak (Husvéth és mtsai, 2003). Nagyobb arányú felhasználását a takarmányozásban az akadályozza, hogy jellegzetes halízű kölcsönöz a terméknek, amit a fogyasztók nagy többsége elutasít.

Tekintettel arra, hogy az α -linolénsavnak mindössze 5–10%-a alakul át EPA-vá az ember szervezetében (Emken és mtsai, 1993), kedvezőbb az n-3 zsírsav ellátottság szempontjából, ha az állati eredetű élelmiszerek nemcsak több α -linolénsavat, hanem több EPA-t és DHA-t is tartalmaznak.

Ismert tény, hogy a telítetlen zsírsavak meghatározott tényezők (nedvesség, fény, katalizáló fémionok, penészgombák lipáz enzime) hatására autooxidációs folyamaton esnek át, amelynek során káros hatású szabadgyökök keletkeznek. Különösen érzékenyek az autooxidációra a hosszú szénláncú, többszörösen telítetlen zsírsavak. Mindez azzal jár, hogy az állati eredetű élelmiszerek n-3 zsírsav tartalmának növekedése rontja nevezett termékek zsírjának oxidációs stabilitását (Morrissey és mtsai, 1998; Manilla és Husvéth, 1999; Mézes és Erdélyi, 2003). Azt is sok kísérlet eredménye igazolja, hogy antioxidánsok adagolásával az említett folyamat ellensúlyozható. A legtöbb kísérletben a takarmány E-vitaminnal történő kiegészítésével kívánták az oxidációs stabilitás csökkenését megakadályozni, vagy legalább mérsékelni (Husvéth és mtsai, 2000; Mézes, 2000; Onibi és mtsai, 2000; Dal Bosco és mtsai, 2004).

A fentiekből kiindulva kísérletünkben a következő kérdésekre kerestünk választ:

- Lehetséges-e lenolajjal és halolajjal végzett kombinált kiegészítéssel a tojás zsírjának nemcsak az α -linolénsav, hanem EPA és DHA tartalmát is érdemben növelni?
- Milyen hatást gyakorol a kombinált kiegészítés az ilyen tojásból készült ételek organoleptikus tulajdonságaira, élvezeti értékére?
- Milyen mértékben és milyen hatékonysággal növelhető a tojások α -tokoferol tartalma a tojótáp szintetikus dl- α -tokoferol-acetáttal történő kiegészítésével?

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletet ketreces tartásban elhelyezett *Tetra SL* tojóhibridekkel állítottuk be. Az állatokat párosan helyeztük el a háromszintes ketrec egyes fülkéiben. A csoportok kialakításakor arra is tekintettel voltunk, hogy a különböző kezelések állatai azonos arányban kerüljenek a ketrec különböző szintjeire.

A tyúkok 51. hetesek voltak a kísérlet indulásakor. A kísérlet 192 állattal folyt, amelyeket 4 kezelésre osztottunk. A takarmányuk összetételét és táplálóanyag-tartalmát az 1. táblázat mutatja be. Mint a táblázat adataiból kitűnik, kontrollnak az 1. csoportot tekintettük, ennek takarmánya sem lenolaj-, sem halolaj-kiegészítést nem tartalmazott, és a premixben levő E-vitaminon túlmenően többlet E-vitamin kiegészítést sem adtunk hozzá. A lenolaj kiegészítést *lenolajos Perfettel* (ABOMIX Zrt.) végeztük, amely 60% extrudált kukoricapehelyből, valamint 40% lenolajból áll. Ennek megfelelően a 2. kezelés takarmánya 4%, a 3. és 4. kezelés takarmánya pedig 3% lenolajat tartalmazott. Ez utóbbi két csoport takarmányát még 1–1% halolajjal is kiegészítettük. A kiegészítés céljára azért ezt a két olajat választottuk, mert a lenolajnak kiemelkedően nagy (48–56%) az α -linolénsav tartalma, a halolaj pedig, amint az már korábban említésre került, EPA-ból és DHA-ból tartalmaz jelentős mennyiséget. A kiegészítésre felhasznált két olajfélésegs zsírsavösszetételét a 2. táblázatban tüntettük fel. A lenolaj, illetve a halolaj kiegészítés következtében a kísérleti csoportok (2., 3. és 4. csoport) takarmányának nyerszsír tartalma 6%-ra növekedett. Azért, hogy az egyes csoportok takarmánykeverékének zsírtartalma és ezzel energiatartalma azonos legyen, a kontroll csoport tápjába 10% *Perfett friss* (ABOMIX Zrt.) energiakiegészítő készítményt kevertünk, amely a 60% extrudált kukorica mellett 40% napraforgóolaj alapú növényolajipari mellékterméket tartalmaz.

A kísérleti kezelések közül a 3. és a 4. részesült külön E-vitamin kiegészítésben, amit 50% hatóanyagtartalmú dl- α -tokoferol-acetát készítménnyel végeztünk el (DSM Nutritional Products Ltd.). A 3. kezelés takarmányát kilogrammonként 0,13 g, a 4. kezelését pedig 0,26 g 50%-os készítménnyel egészítettük ki, ami tojótáp kg-onként 65, illetve 130 mg dl- α -tokoferol-acetát kiegészítést jelentett. Mint-hogy a tápokat alkotó takarmányok α -tokoferolja mellett a tápokban levő premix is tartalmazott dl- α -tokoferol-acetátot, a különböző kezelések takarmánykeverékének összes (táp komponensek+premix+kiegészítés) α -tokoferol tartalma a 3. táblázatban foglaltak szerint alakult.

A kísérlet 12 hétig tartott, amely időszakban naponta megállapítottuk a keze-lések tojástermelését, továbbá naponta és kezelésenként 10, véletlenszerűen ki-választott, tojás súlyát is megmértük.

A kísérlet során 8 alkalommal, kezelésenként 3–3 tojás zsírsavösszetételét, valamint α -tokoferol tartalmát határoztuk meg, így az erre vonatkozó adatok cso-portonként 24, összesen pedig 96 tojás vizsgálata alapján számított átlagok. A to-jások zsírsavösszetételét a kísérlet 4. hetét követően kezdtük vizsgálni, ugyanis *Hargis és Van Elswik* (1993), valamint *Aymond és Van Elswik* (1995) szerint 3–4 hétre van szükség ahhoz, hogy a tojások zsírsavösszetétele stabilizálódjon.

A kísérlet folyamán két alkalommal — a kísérlet 6. hetében és a kísérlet vé-gén — organoleptikus vizsgálatot is végeztünk. Ennek során 9 fős bírálóbizottság értékelte a különböző kezelések tojásaiból készített főtt tojás, illetve rántotta ízét,

valamint illatát. A bírálóbizottság természetesen nem ismerte, hogy az ételek melyik csoport tojásaiból készültek. A tulajdonságokra adható pontok száma 1 és 5 közötti volt.

1. táblázat

A kísérletben etetett tojótáp összetétele (%) és számított táplálóanyag-tartalma (g/kg)

Takarmány-összetétel(1)	1. Kontroll(2)	2. 4% lenolaj(3)	3. 3% lenolaj+1% halolaj+65 mg dl- α -tokoferol- acetát/kg takarmány(4)	4. 3% lenolaj+1% halolaj+130 mg dl- α -tokoferol- acetát/kg takarmány(5)
Kukorica(2)	35,00	35,00	36,49	36,48
Búza(3)	12,00	12,00	12,00	12,00
Tritikálé(4)	8,00	8,00	8,00	8,00
Extrahált szójadara(5)	18,00	18,00	18,00	18,00
Extrahált napraforgódara(6)	4,00	4,00	4,00	4,00
Kukoricaglutén(7)	1,50	1,50	1,50	1,50
Perfett friss(8)*	10,00	—	—	—
Lenolajos Perfett(9)**	—	10,00	7,50	7,50
Halolaj(10)	—	—	1,00	1,00
Takarmánymész(11)	9,00	9,00	9,00	9,00
MCP	1,20	1,20	1,20	1,20
Takarmánysó(12)	0,30	0,30	0,30	0,30
2171 Egységes árutójo premix(13)***	0,50	0,50	0,50	0,50
Biolizin(14)***	0,35	0,35	0,35	0,35
Biometin(15)***	0,15	0,15	0,15	0,15
dl- α -tokoferol-acetát (50%-os)(16)	—	—	0,013	0,026
Összesen(17)	100,00	100,00	100,00	100,00
Táplálóanyag-tartalom(18)				
Szárazanyag(19)	904,00	904,00	903,20	903,20
AMEn MJ/kg	11,94	11,94	11,94	11,94
Nyersfehérje(20)	163,70	163,70	163,70	163,70
Nyerszsír(21)	60,62	60,62	60,59	60,59
Nyersrost(22)	33,26	33,26	32,94	32,94
Lizin(23)	8,04	8,04	8,04	8,04
Metionin(24)	3,09	3,09	3,10	3,10
Metionin+cisztin(25)	6,03	6,03	6,04	6,04
Ca	36,97	36,97	36,98	36,98
P összes	6,14	6,14	6,14	6,14
P nem fitin-P(26)	3,71	3,71	3,71	3,71
dl- α -tokoferol-acetát	0	0	65	130

*napraforgóolaj tartalmú zsírkiegészítő (ABOMIX Zrt., Nyíregyháza)

**lenolaj tartalmú zsírkiegészítő (ABOMIX Zrt., Nyíregyháza)

***TENDRE Takarmányipari Kft. (Nagyigmánd)

Table 1.: Composition and nutrient content of the laying hen feeds
feed and/or nutrient(1), corn(2), wheat(3), triticale(4), extracted soybean meal(5), extr. sunflower meal(6), corn gluten meal(7), sunflower oil-based product(8), flaxseed oil-based product(9), fish oil(10), limestone(11), salt(12), premix(13), L-lizin-HCL based product(14), DL-methionine based product(15), dl- α -tocopherol-acetate(16), total(17), nutrient content(18), dry matter(19), crude protein(20), ether extract(21), crude fiber(22), lysine(23), methionine(24), methionine plus cystine(25), non phytate P(26)

2. táblázat

**A kísérletben etetett Perfett friss, lenolaj és halolaj zsírsavösszetétele
(az összes zsírsav %-ában)**

Zsírsav(1)	Perfett friss(2)	Lenolaj(3)	Halolaj(4)
Laurinsav (C _{12:0})	0,02	0,01	0,10
Tridekánsav (C _{13:0})	—	—	0,03
Mirisztinsav (C _{14:0})	0,13	0,04	7,69
Mirisztóleinsav (C _{14:1})	—	—	0,04
Pentadekánsav (C _{15:0})	0,02	0,02	0,46
Palmitinsav (C _{16:0})	9,54	5,58	17,22
Palmitoleinsav (C _{16:1})	0,15	0,07	8,49
Heptadekánsav (C _{17:0})	0,07	0,06	0,36
Heptadecénsav (C _{17:1})	0,03	—	1,42
Sztearinsav (C _{18:0})	3,67	3,18	3,36
Elaidinsav (t-C _{18:1})	—	—	2,33
Olajsav (C _{18:1})	27,16	15,87	8,83
Vakcénsav (c-C _{18:1})	0,65	0,44	3,02
Linolelaidinsav (t-C _{18:2})	—	—	0,05
Linolsav (C _{18:2})	55,11	19,02	3,84
Arachidsav (C _{20:0})	—	—	0,20
γ-Linolénsav (C _{18:3} , n-6)	0,52	0,14	0,25
α-Linolénsav (C _{18:3} , n-3)	0,97	54,03	1,02
Konjugált linolsav (t9, t ₁₁ -C _{18:2})	—	—	2,87
Eikozadiénsav (C _{20:2})	0,04	0,03	0,11
Eikozatriénsav (C _{20:3})	—	0,01	0,10
Erukasav (C _{22:1})	—	0,09	0,90
Arachidonsav (C _{20:4})	—	—	1,25
Eikozapentaénsav, EPA (C _{20:5})	—	—	19,31
Dokozatetraénsav, DTA (C _{22:4})	—	—	0,13
Dokozapentaénsav, DPA (C _{22:5})	—	—	2,04
Dokozahexaénsav, DHA (C _{22:6})	—	—	7,14
Egyéb nem azonosított zsírsav(5)	1,92	1,41	7,44
Összesen (6)	100,00	100,00	100,00

Table 2.: Fatty acid composition of the oil supplements (in % of fatty acid)
fatty acid(1), sunflower oil-based product(2), flaxseed oil(3), fish oil(4), not identified fatty acids(5), total(6)

3. táblázat

A tojótápok E vitamin tartalma (mg/kg légszáraz takarmány)

	1.	2.	3.	4.
	kezelés(1)			
A tojótáp alapanyagainak α-tokoferol tartalma(2)	17,5	12,9	13,3	13,3
dl-α-tokoferol-acetát(3)				
– premixben(4)	34,0	34,0	34,0	34,0
– kiegészítésként(5)	—	—	65,0	130,0
Összesen(6)	51,5	46,9	112,3	177,3

Table 3.: Vitamin E content of the laying diets (mg/kg feed)
treatment(1), α-tocopherol content of the ingredients(2), dl-α-tocopherol-acetate(3) premix(4), supplement(5), total(6)

Az etetett tojótáp szárazanyag-, nyersfehérje-, nyerszsír-, nyersrost-, nyershamu-, valamint Ca- és P-tartalmát, a *Magyar Takarmánykódex* (1990) által ajánlott módszerekkel (5.1, 6.1, 7.1, 8.1, 10.1, 11.3 és 11.6 fejezetek) határoztuk meg.

A takarmányok, valamint a termelt tojások E-vitamin tartalmát, a 44/2003 FVM rendelet XXVI. fejezetében közreadott módszer szerint, Biotronik 2000 (*Biotronik Wissenschaftliche Geräte GmbH*, Németország) típusú HPLC berendezéssel határoztuk meg.

A kiegészítésként felhasznált lenolaj és halolaj, továbbá a tojássárga zsírájának zsírsavösszetételét, Aglient Technologies 6890N (*HP*, USA) típusú gázkromatográfval határoztuk meg. Az oszlop jellemzői: Supelco SP™ 2560 Fusea Silica Column (*Supelco Inc. Bellafonte*, USA) 100m × 0,25mm × 0,2 µm filmvastagság. Vívógáz: H.

A tojás sárgájából kloroform és metanol 2:1 arányú elegyével vontuk ki a zsírt. A fázisok megfelelő elválását 0,9%-os sóoldattal segítettük. Az elszappanosítást, a minta bepárlását követően, 1n NaOH-dal, 100 °C-on végeztük. Az észterezés BF₃-metanollal történt, majd hexános kioldás, illetve centrifugálás és víztelenítés után került sor a minták injektálására.

A kísérleti eredmények biometria értékelését, egytényezős varianciaanalízissel (ANOVA), a Statistica 6.0 program segítségével végeztük.

KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

A tyúkok tojástermelési adatait a 4. táblázatban foglaltuk össze. Ezekből megállapítható, hogy a kiegészítéseknek nem volt jelentős befolyása a tyúkok tojástermelésére. A kísérleti kezelések (2., 3. és 4. kezelés) átlagos napi tojástermelése 0,9–2,9%-kal meghaladta ugyan a kontroll kezelését, de a különbség csak a 3. kezelés esetében volt szignifikáns. Ugyanakkor a kísérleti kezelések tojásainak súlya 1,3–1,6 g-mal, szignifikánsan kisebb volt a kontroll kezelés tojásainál, azaz mind a lenolaj-, mind a halola-kiegészítés kis mértékben csökkentette a tojások súlyát. A két ellentétes hatás azt eredményezte, hogy az egy-egy tyúk által termelt tojásmennyiség a különböző kezelésekben gyakorlatilag azonos volt. Pál és mtsai (2004) kísérletében, a 2 és a 4% lenolaj kiegészítés ugyancsak nem befolyásolta érdemben a tyúkok tojástermelését, a 4% lenolaj kiegészítés azonban szignifikánsan csökkentette a tojások súlyát. *Gonzales-Esquera* és *Leeson* (2000) csukamájolaj kiegészítés esetén figyelték meg a tojássúly csökkenését.

A tojások zsírsavösszetételére vonatkozó eredmények az 5. táblázatban találhatók meg. Az adatok alapján megállapítható, hogy a lenolaj és a halolaj kiegészítés jelentős mértékben módosította a tojássárga zsírsavösszetételét, mégpedig legnagyobb mértékben az α -linolénsav tartalmát. A 4% lenolaj kiegészítés, a kontroll tojások α -linolénsav tartalmához képest szignifikánsan ($P < 0,001$), 14,6-szorosára növelte a tojássárga α -linolénsav tartalmát. A 3% lenolaj és 1% halolaj kiegészítésben részesülő 3. és 4. kezelés tojásainak α -linolénsav tartalma ugyancsak jelentősen — a kontroll tojásokhoz mérten, a két kezelésben átlagában, 12,9-szeres mértékben — növekedett. A 4% lenolaj kiegészítéshez képest a 3. és 4. csoport esetében azért kisebb a növekmény, mert a halolaj a lenolajnál lényegesen kevesebb — csak 1% — α -linolénsavat tartalmazott.

4. táblázat

A lenolaj, a halolaj, valamint az E-vitamin kiegészítés hatása a tyúkok tojástermelésére

Termelési paraméter(1)	1. Kontroll(2)	2. 4% lenolaj(3)	3. 3% lenolaj+1% halolaj+65 mg dl- α -tokoferol- acetát/kg takarmány(4)	4. 3% lenolaj+1% halolaj+130 mg dl- α -tokoferol- acetát/kg takarmány(5)
Átlagos tojólétszám(6)	47,33	47,00	45,46	48,00
A tojástermelés napi átlaga(7)	39,74	39,90	39,47	40,80
A napi %-os tojástermelés(8)	83,96 $\pm$ 4,33a	84,90 $\pm$ 4,20a	86,83 $\pm$ 4,29b	85,00 $\pm$ 4,20a
A napi tojássúly átlaga, g(9)	66,46 $\pm$ 4,62a	65,20 $\pm$ 4,63b	64,88 $\pm$ 4,32b	64,93 $\pm$ 4,48b
Naponta termelt tojás súlya, g/tyúk(10)	55,8	55,3	56,2	55,2

^{ab}: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (min. $P < 0,05$)(11)

Table 4.: Effect of flaxseed and fish oil and/or vitamin E supplementation on the egg production of laying hens

production parameter(1), control(2), 4% flaxseed oil(3), 3% flaxseed oil+1% fish oil+65 mg dl- α -tocopherol-acetate/kg feed(4), 3% flaxseed oil+1% fish oil+130 mg dl- α -tocopherol-acetate/kg feed(5), average hen number(6), average daily egg production(7), daily egg production, %(8), average daily egg weight(9), daily egg mass, g/hen(10), ab: different superscripts within a row indicate significant differences ($P < 0.05$)(11)

Jelentősen, szignifikáns mértékben ($P < 0,05$) csökkent a lenolaj és halolaj kiegészítés hatására a tojások linolsav-tartalma. A csökkenés mértéke, a kontroll tojásokhoz képest, a 2., 3. és 4. csoportokban, relatíve 29,5, 31,0, illetve 31,9% volt. Ennek oka az volt, hogy a lenolaj csak 19%, a halolaj még ennél is kevesebb, mindössze 3,84% linolsavat tartalmaz.

A linolsav, valamint az α -linolénsav tartalom említett változásának eredményeként számottevően szűkült a kísérleti kezelések tojásaiban a linolsav/ α -linolénsav arány. A különböző kezelésekből származó tojások linolsav/ α -linolénsav aránya a kiegészítések hatására a következőképpen alakult:

1. kezelés (kontroll)	48,9:1
2. kezelés (4% lenolaj kiegészítés)	2,3:1
3. kezelés (3% lenolaj+1% halolaj+65 mg dl- α -tokoferol-acetát/kg takarmány)	2,5:1
4. kezelés (3% lenolaj+1% halolaj+130 mg dl- α -tokoferol-acetát/kg takarmány)	2,6:1

A linolsav/ α -linolénsav arány jelentős szűkülése táplálkozásélettani szempontból kedvező, hiszen a korábbiakban már említett ajánlás szerint, az optimális arány 3–5:1, míg hazánkban ez az arány 28:1 felett van (Barna, 2006). A fenti arány azért fontos, mert ettől függ, hogy n-3, vagy n-6 csoportból származó eikozanoidok keletkeznek az emberi szervezetben. A két csoportból származó eikozanoidok ugyanis esetenként ellentétes hatást fejtenek ki az anyagcserében (Antal és Gaál, 1998).

5. táblázat

**Lenolaj és halolaj kiegészítés hatása a tojássárgája zsírsav-összetételére
(az összes zsírsav %-ában)**

Zsírsav(19)	1. Kontroll(2)	2. 4% lenolaj(3)	3. 3% lenolaj+1% halolaj+65 mg dl- α -tokoferol- acetát/kg takarmány(4)	4. 3% lenolaj+1% halolaj+130 mg dl- α -tokoferol- acetát/kg takarmány(5)
Mirisztinsav (C _{14:0})	0,28 $\pm$ 0,04 ^a	0,23 $\pm$ 0,03 ^b	0,31 $\pm$ 0,04 ^c	0,34 $\pm$ 0,03 ^d
Mirisztoleinsav (C _{14:1})	0,04 $\pm$ 0,01 ^a	0,04 $\pm$ 0,01 ^a	0,05 $\pm$ 0,01 ^b	0,05 $\pm$ 0,01 ^b
Pentadekánsav (C _{15:0})	0,06 $\pm$ 0,01 ^a	0,05 $\pm$ 0,01 ^b	0,07 $\pm$ 0,01 ^c	0,07 $\pm$ 0,01 ^c
Palmitinsav (C _{16:0})	23,25 $\pm$ 1,07 ^a	20,94 $\pm$ 0,87 ^b	21,09 $\pm$ 1,07 ^b	21,35 $\pm$ 0,97 ^b
Palmitoleinsav (C _{16:1})	1,83 $\pm$ 0,41 ^a	2,33 $\pm$ 0,31 ^b	2,48 $\pm$ 0,41 ^b	2,51 $\pm$ 0,22 ^c
Heptadekánsav (C _{17:0})	0,20 $\pm$ 0,02 ^a	0,16 $\pm$ 0,02 ^b	0,19 $\pm$ 0,02 ^a	0,20 $\pm$ 0,02 ^a
Heptadecénsav (C _{17:1})	0,11 $\pm$ 0,02 ^a	0,14 $\pm$ 0,02 ^b	0,16 $\pm$ 0,02 ^c	0,16 $\pm$ 0,02 ^c
Sztearinsav (C _{18:0})	8,95 $\pm$ 1,08 ^a	8,83 $\pm$ 1,15 ^a	8,61 $\pm$ 1,27 ^a	8,99 $\pm$ 0,51 ^a
Olajsav (C _{18:1})	36,71 $\pm$ 3,53 ^a	39,26 $\pm$ 2,68 ^b	39,24 $\pm$ 2,26 ^b	39,26 $\pm$ 1,96 ^b
Vakcénsav (C-C _{18:1})	1,12 $\pm$ 0,17 ^a	1,20 $\pm$ 0,07 ^b	1,36 $\pm$ 0,10 ^c	1,37 $\pm$ 0,10 ^c
Linolsav (C _{18:2})	21,35 $\pm$ 3,81 ^a	15,05 $\pm$ 1,25 ^b	14,73 $\pm$ 0,96 ^b	14,55 $\pm$ 1,35 ^b
Arachidsav (C _{20:0})	0,03 $\pm$ 0,00 ^a	0,02 $\pm$ 0,00 ^a	0,02 $\pm$ 0,01 ^b	0,02 $\pm$ 0,01 ^b
γ -Linolénsav (C _{18:3} , n-6)	0,13 $\pm$ 0,03 ^a	0,06 $\pm$ 0,01 ^b	0,06 $\pm$ 0,01 ^b	0,06 $\pm$ 0,01 ^b
α -Linolénsav (C _{18:3} , n-3)	0,44 $\pm$ 0,12 ^a	6,44 $\pm$ 1,13 ^b	5,83 $\pm$ 1,04 ^b	5,53 $\pm$ 0,84 ^c
Eikozadiénsav (C _{20:2})	0,23 $\pm$ 0,06 ^a	0,11 $\pm$ 0,02 ^b	0,10 $\pm$ 0,01 ^c	0,09 $\pm$ 0,02 ^d
Eikozatriénsav (C _{20:3})	0,16 $\pm$ 0,04 ^a	0,12 $\pm$ 0,03 ^b	0,11 $\pm$ 0,02 ^b	0,11 $\pm$ 0,01 ^b
Erukasav (C _{22:1})	0,00 $\pm$ 0,00 ^a	0,10 $\pm$ 0,01 ^b	0,09 $\pm$ 0,02 ^c	0,08 $\pm$ 0,02 ^c
Arachidonsav (C _{20:4})	2,24 $\pm$ 0,62 ^a	1,12 $\pm$ 0,32 ^b	0,90 $\pm$ 0,32 ^c	0,93 $\pm$ 0,12 ^c
Trikozénsav (C _{23:0})	0,01 $\pm$ 0,00 ^a	0,02 $\pm$ 0,01 ^b	0,01 $\pm$ 0,01 ^a	0,02 $\pm$ 0,01 ^b
Eikozapentaénsav, EPA (C _{20:5})	0,00 $\pm$ 0,00 ^a	0,15 $\pm$ 0,03 ^b	0,29 $\pm$ 0,07 ^c	0,30 $\pm$ 0,03 ^c
Dokozapentaénsav, DPA (C _{22:5})	0,06 $\pm$ 0,02 ^a	0,33 $\pm$ 0,10 ^b	0,35 $\pm$ 0,08 ^b	0,32 $\pm$ 0,08 ^b
Dokozaheaxaénsav, DHA (C _{22:6})	0,41 $\pm$ 0,19 ^a	1,89 $\pm$ 0,65 ^b	2,19 $\pm$ 0,70 ^b	2,08 $\pm$ 0,35 ^b
Egyéb nem azonosított zsírsav(6)	2,37	1,41	1,76	1,61
Összesen(7)	100,00	100,00	100,00	100,00

abcd: A vízszintes sorokon belül a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól (min. P<0,05)(8)

Table 5.: Effect of linseed and fish oil supplementation on the fatty acid profile of egg yolk (in % of fatty acid)

fatty acid(1), as in Table 4. (2–5), not identified fatty acid(6), total(7), abcd: different superscripts within a row indicate significant differences (P<0.05)(8)

Leskanich és Noble (1997) szerint a legtöbb kísérletben lenolajat használtak a tojás zsírsavösszetételének módosítására, de található az irodalomban olyan kísérletek is, amelyekben lenmagdarát, lenmagpogácsát, illetve perillamagot (*Perilla ocymoides*) etettek ilyen céllal. Farrel és mtsai (1994) kísérletében a lenolaj, a repceolaj, valamint a halolaj közül a lenolaj növelte a legnagyobb mértékben a tojássárga α -linolénsav tartalmát. Grobas és mtsai (2001) tojóttyúk takarmányának olíva-, szója- és lenolajjal történő kiegészítésekor csak a lenolajat fogyasztó tyúkok tojásaiban találtak EPA-t. Pál és mtsai (2004), 2 és 4% lenolaj-kiegészítéssel ugyancsak jelentősen, a kontroll kezeléshez képest 12,6-, illetve 27,1-szeresre tudták növelni a tojás α -linolénsav tartalmát. Sari és mtsai (2002) 5, 10 és 15% lenmagot tartalmazó táp etetések az tapasztalták, hogy a tojássárga

3,9-, 4,6-, illetve 9,7-szer annyi n-3 zsírsavat tartalmazott, mint a kontroll tojások sárgája. Jiang és mtsai (1994) kísérletében is lenmagdara etetésekor az α -linolénsav mennyisége növekedett meg a tojássárgában. Richter (2000) 2–10% lenmagpogácsával szerzett hasonló tapasztalatokat. Eredményei alapján 6% lenmagpogácsa etetését javasolja a tojótápokban. Olajának nagy α -linolénsav tartalma következtében a perillamag is alkalmas a tojás α -linolénsav tartalmának növelésére. Saito és Nomura (2001), 2,5–10,0% perillamagot tartalmazó táp etetésével, 3,7–11,7-szeresre tudta növelni a tojások sárgájának α -linolénsav tartalmát.

Kísérleti eredményeink azt is igazolják, hogy az 1% halolaj kiegészítés a csak lenolajjal végzett kiegészítéshez képest szignifikánsan ($P < 0,05$) növeli a tojás EPA és DHA tartalmát. Ez a korábban kifejtettek szerint azzal magyarázható, hogy a tyúkok a takarmány α -linolénsav tartalmát az emberhez hasonlóan csak kis mértékben tudják EPA-vá, illetve DHA-vá alakítani. A különböző kiegészítéseknek a tojássárga EPA és DHA tartalmára gyakorolt hatásáról ugyancsak az 5. táblázatban találhatók adatok.

Zsírsav vizsgálati eredményeink alapján kiszámítható, hogy egy átlagos nagyságú (60g-os) tojás mennyi n-3 zsírsavat tartalmaz a különböző kezelések hatására. A számítások eredményeit a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat

A kezelések hatása a tojások n-3 zsírsav tartalmára

Kezelés(1)	Egy 60 g-os tojásban(2)		
	α -linolénsav(3)	EPA	DHA
	mg		
Kontroll tojás(4)	26,4	—	24,6
4% lenolaj kiegészítés(5)	386,4	9,0	113,4
3% lenolaj+1% halolaj kiegészítés(6)	340,8	17,7	128,1

Table 6.: Effect of different oil supplementations on the n3 fatty acid content of egg treatment(1), an in 60 g eggs(2), α -linolenic acid(3), control(4), 4% flaxseed oil(5), 3% flaxseed oil+1% fish oil(6)

A fentiek alapján megállapítható, hogy a 3% lenolaj+1% halolaj kiegészítéssel előállított tojás kedvezőbb n-3 ellátást biztosít a fogyasztónak, mint az a tojás, amelyet a 4% lenolaját fogyasztó tyúkok termeltek. Bár ez utóbbi tojások több α -linolénsavat tartalmaznak, azonban a korábban már említettek értelmében azt is tekintetbe kell venni, hogy az ember szervezete az elfogyasztott α -linolénsavnak csak 5–10%-át tudja EPA-vá átalakítani. Az ember napi 0,3–0,4 g-nyi EPA+DHA szüksége (Perédi, 2002) a lenolaj+halolaj-kiegészítéssel termelt tojással könnyebben fedezhető.

Számos olyan kísérlet eredménye ismert, amelyben halolaj kiegészítéssel kísérelték meg a tojás n-3 zsírsav tartalmát növelni. Korelski és mtsai (2000) kísérletében a 0,1–0,4% halolaj kiegészítés nemcsak az α -linolénsav, hanem az EPA és DHA arányát is megnövelte a tojássárgában. Pál és mtsai (2004) 2 és 4% csukamájolaj-kiegészítéssel 3,5–6,7-szeresre tudták a tojások DHA tartalmát emelni, míg 2 és 4% lenolaj-kiegészítés esetén a DHA növekmény csak 1,7–2,6-szoros volt. Kovács és mtsai (2003) ugyancsak azt állapították meg, hogy a különböző olaj-kiegészítések közül (olíva-, szója-, napraforgó-, repce- és halolaj) EPA-t, csak a halolajat fogyasztó tyúkok tojása tartalmazott és ezekben a tojásokban találták a legtöbb DHA-t is.

Több kísérletben kombinálták a lenolaj, vagy lenmag-kiegészítést, halolaj kiegészítéssel. *Mori* (2001) kísérletében lenmagdara és halolaj kombinációjával egészítették ki a tyúkok takarmányát. Az n-3 zsírsavak akkor fordultak elő legnagyobb mennyiségben a tojás sárgájában, amikor a takarmány 7% lenmagdarát és 2% halolajat tartalmazott.

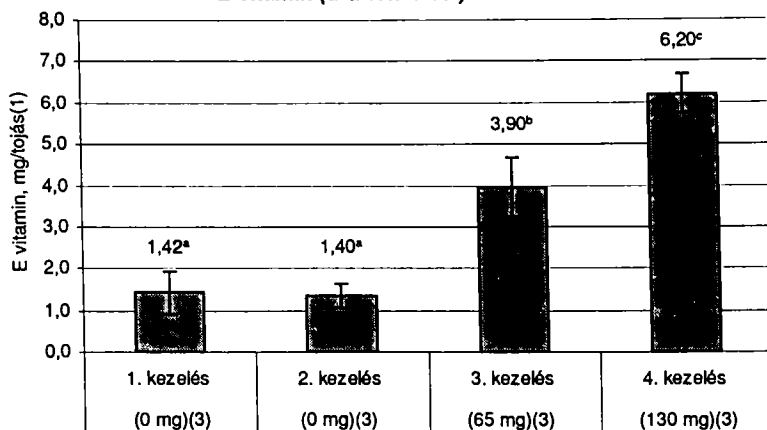
A lenolaj- és a halolaj-kiegészítés további kedvező hatásokat is kifejtett a tojás zsírsavösszetételére kísérletünkben. Nevezetesen csökkent a tojás zsírában a telített zsírsavak (mindenekelőtt a palmitinsav) mennyisége. A palmitinsav részarányának csökkenése azért előnyös, mert azok közé a hosszú szénláncú telített zsírsavak közé tartozik, amelyeket a szív- és érrendszeri betegségekért részben felelősnek tartanak. A palmitinsavval kapcsolatos megállapításunk egyezik *Yannakopoulos* és *mtsai* (1999) eredményeivel, akik a tojás α -linolénsav tartalmának lenmagdara etetésekor bekövetkezett növekedésekor ugyancsak a palmitinsav részarányának csökkenését figyelték meg.

A dl- α -tokoferol-acetáttal végzett kiegészítés eredményét az 1. ábrán mutatjuk be, melynek alapján megállapítható, hogy annak a két kezelésnek a tojásai-ban, amelyek nem kaptak tokoferol-acetát kiegészítést (1. és 2. kezelés) és táp-juk csak a különböző komponensek természetes α -tokoferol tartalmát, valamint a premixben levő 34,0 mg/kg tojótáp dl- α -tokoferol-acetát mennyiséget tartalmazta, tojásonként csak 1,35 mg, illetve 1,40 mg d- α -tokoferolt találtunk. Amikor azonban a tápot kg-onként 65 mg, illetve 130 mg dl- α -tokoferol-acetáttal egészítettük ki, az átlagos 60 g-os tojás d- α -tokoferol-tartalma jelentősen, szignifikánsan ($P < 0,001$) növekedett. A két különböző tokoferol dózissal elért növekmény 2,8-, illetve 4,4-szeres volt, ami Ez táplálkozás-élettanilag nagyon kedvező változás. Ismert ugyanis, hogy a természetes eredetű d- α -tokoferol lényegesen — a terhes anyákkal elvégzett újabb vizsgálatok szerint közel 50%-kal — jobban hasznosul a szervezetben a szintetikus racém dl- α -tokoferol-acetátnál. Ez azzal áll összefüggésben, hogy az a fehérje, amelynek segítségével a tokoferol felszívódik és szállítódik a szervezetben (TTP=tokoferol transzfer protein) a természetes d- α -tokoferolt részesíti előnyben (*Peisker*, 2004).

A tojások, valamint a tojótáp d- α -tokoferol tartalma, továbbá a premixben, illetve a kiegészítésként adott dl- α -tokoferol-acetát mennyisége alapján becsülhető, hogy a tyúkok, a kiegészítésként adott dl- α -tokoferol-acetátot milyen hatékonysággal építik be. A számítás során tekintettel voltunk arra, hogy az α -tokoferol-acetát hatóanyagtartalma az acetát oldallánc miatt csak 90%-os, és nem vettük figyelembe a tojótáp komponenseiben található természetes α -tokoferol mennyiséget. Ezzel azt a hatást kívántuk kiküszöbölni, amit a takarmányok α -tokoferol tartalmának, valamint a szintetikus dl- α -tokoferol-acetátnak az eltérő hasznosulása, a különböző mértékű adagolások esetében, a kiegészítés hatékonyságára gyakorol. Minthogy a tojótáp α -tokoferol tartalma a különböző csoportokban viszonylag szűk határok között (12,9–17,5 mg/kg tojótáp) változott, és egyébként is kicsi volt, a tojások α -tokoferol tartalmából következtetni lehet a dl- α -tokoferol-acetát-kiegészítés hatékonyságára, melynek az értékét a következőnek találtuk:

1. kezelés	32,4%	3. kezelés	31,7%
2. kezelés	32,3%	4. kezelés	29,7%

1. ábra: Az E-vitamin (*dl*- α -tokoferol-acetát) kiegészítés hatása a tojássárgája E-vitamin (*d*- α -tokoferol) tartalmára



E-vitamin kiegészítés, mg *dl*-alfa-tokoferol-acetát/kg takarmány(2)

abc: a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($P < 0,001$)(4)

Fig. 1.: Effect of vitamin E (*dl*- α -tocopherol-acetate) supplementation of the diet on the *d*- α -tocopherol content of egg

vitamin E, mg/egg(1), vitamin E supplementation, mg *dl*- α -tocopherol-acetate/kg feed(2), treatment(3), abc: different superscripts indicate significant differences ($P < 0,001$)(4)

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a kiegészítés mértékének növekedésével a hatékonyság, a vizsgált tartományban (99–164 mg/kg tojótáp), kismértékben, de tendenciózusan romlik. Engelmann (1999) kísérleti eredményei ugyancsak azt igazolják, hogy az E-vitamin kiegészítés növelésével romlik a kiegészítés hatékonysága. Amikor ugyanis a kiegészítés mennyiségét 20 mg α -tokoferol/kg takarmány értékről 20 000 mg/kg takarmány értékre növelte, a kiegészítés hatékonysága 68%-ról 2%-ra csökkent.

Kísérleti eredményeink azt igazolják, hogy a tojótápnak kg-onként 130 mg *dl*- α -tokoferol-acetáttal történő kiegészítéskor, a tojások α -tokoferol tartalma 4,4-szer nagyobb (6,2 mg/tojás) volt, mint azoké a tojásoké, amelyeket a takarmány kg-onként csak 34 mg *dl*- α -tokoferol-acetátot tartalmazó tojótápot fogyasztó tyúkok termeltek. Amennyiben azt vesszük alapul, hogy egy felnőtt ember napi E-vitamin szükséglete 15 mg (Antal, 2005), a növekményt jelentősnek lehet minősíteni.

Az organoleptikus próba eredményeit a 7. táblázatban mutatjuk be. Ezek szerint sem a 4% lenolaj, sem pedig 3% lenolaj+1% halolaj-kiegészítés nem befolyásolta kedvezőtlenül a főtt tojás, illetve a rántotta két legfontosabb organoleptikus tulajdonságát, nevezetesen az étel ízét és illatát. A különböző kezelések között kialakult minimális pontszámbeli különbségeket ugyanis nem találtuk szignifikánsnak. Eredményeink ebben a tekintetben megegyeznek Mazalli és mtsai (2004) megfigyelésével, akik nem tapasztaltak ízhibát a tojás esetében, amikor a tojótúkok takarmányát 3%-nyi mennyiségben különböző olajokkal (repceolaj, napraforgóolaj, lenolaj, halolaj, lenolaj és halolaj keveréke) egészítették ki. Garcia-Rebollar és mtsai (2008) ugyancsak arról számolnak be, hogy 1,5–1,7% halolaj-kiegészítés nem befolyásolta kedvezőtlenül a tojás érzékszervi tulajdonságait.

7. táblázat

Lenolaj és halolaj kiegészítés hatása a tojásból készült ételek organoleptikus tulajdonságaira

Kezelés(1)	Pontszám(2)			
	Főtt tojás(3)		Rántotta(4)	
	Íz(5)	Illat(6)	Íz(5)	Illat(6)
Kontroll(7)	3,89±0,83NS	4,06±0,94NS	4,11±1,02NS	4,17±0,86NS
4% lenolaj(8)	4,11±0,83NS	4,33±0,69NS	4,33±0,77NS	4,33±0,59NS
3% lenolaj+1% halolaj(9)	3,94±1,06NS	4,11±0,83NS	4,33±0,91NS	4,17±1,10NS
3% lenolaj+1% halolaj(9)	3,67±1,19NS	4,33±0,69NS	4,11±0,83NS	4,44±0,62NS

Table 7.: Effect of linseed and fish oil supplementation on the organoleptic parameters of egg treatment(1), point(2), boiled egg(3), scrambled eggs(4), taste(5), smell(6), control(7), 4% flaxseed oil(8), 3% flaxseed oil plus 1% fish oil(9)

A kísérlet eredményei alapján összefoglalóan megállapítható, hogy 3% lenolajból és 1% halolajból álló kombinált kiegészítéssel a fogyasztók számára kedvezőbb n-3 zsírsavellátást biztosító tojás állítható elő annál, mint amikor a tyúkok takarmányát csak lenolajjal egészítjük ki. Az 1% halolaj még nem rontja az ilyen tojásból készült ételek organoleptikus tulajdonságait.

IRODALOM

- Antal, M. (2005): Tápanyagszükséglet. In: Új Tápanyagtáblázat. Szerk: Rodler I., Medicina Könyvkiadó, Budapest, 21–22.
- Antal, M. – Gaál, Ö. (1998): Többszörösen telítetlen zsírsavak jelentősége a táplálkozásban. Orv. Hetilap, 139. 19. 1153–1158.
- Aymond, W.M. – Van Elswik, M.E. (1995): Yolk tiobarbituric active reactive substances and n-3 fatty acids in response to whole and ground flaxseed. Poult. Sci., 74. 1388–1394.
- Barna, M. (2006): A zsírsavak szerepe a táplálkozásfüggő megbetegedések megelőzésében, különös tekintettel az elégtelen n-3 zsírsav-ellátottságra. Metabolizmus, 4. 267–272.
- Bernardini, M. – Dal Bosco, A. – Castellini, C. (1998): Effect of dietary n-3/n-6 ratio on fatty acid composition of liver, meat and perirenal fat in rabbits. Anim. Sci., 68. 4. 647–654.
- Bou, R. – Grimpa, S. – Guardiola, F. – Barroeta, A.C. – Codony, R. (2006): Effects of various fat sources, alpha-tocopheryl acetate, and ascorbic acid supplements on fatty acid composition and alpha-tocopherol content in raw and vacuum packed, cooked dark chicken meat. Polutry Sci., 85. 8. 1472–1481.
- Dal Bosco, A. – Castellini, C. – Bianchi, L. – Mugnai, C. (2004): Effect of dietary α -linolenic acid and vitamin E on the fatty acid composition, storage stability and sensory traits of rabbit meat. Meat Sci., 66. 407–413.
- Dublecz, K. – Pál, L. – Bartos, Á. – Zsédely, E. – Wágner, L. – Kovács, G. – Bányai, A. – Tóth, Sz. (2006): A takarmányozás hatása a baromfitermékek minőségére. Állattenyésztés és Takarmányozás, 55. 1. 71–87.
- Emken, E.A. – Rakoff, H. – Adolf, R.O. (1993): Comparison of linoleic and linolenic acid metabolism in man. Essential Fatty Acids Eicosanoids – Adalaide
- Engelmann, D. (1999): Einfluss hoher Vitamin-E-Supplemente auf Legehennen und deren Nachkommen. PhD Thesis, Tierärztliche Hochschule, Hannover
- FVM 44/2003. XXIV. Fejezet: E-vitamin tartalom meghatározása. Magyar Közlöny,
- Farrel, D.J. – Sim, J.S. – Nakai, S. (1994): The fortification of hens' eggs with omega-3 long chain fatty acids and their effect in human. Egg uses and processing technologies: New developments, 35. 386–401.
- García-Rebollar, P. – Cachaldora, P. – Alvarez, C. – De Blas, C. – Mendez, J. (2008): Effect of the combined supplementation of diets with increasing levels of fish and linseed oils on yolk fat composition and sensorial quality of eggs in laying hens. Anim. Feed Sci Tech., 140. 3–4. 337–348.

- Gonzales-Esquera, R. – Leeson, S. (2000): Effect of feeding hens regular or deodorized menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile and sensory quality of eggs. *Poultry Sci.*, 79. 1597–1602.
- Grobbs, S. – Mendez, J. – Lazaro, R. – Blas, C. – Matheos, G.G. (2001): Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. *Poult. Sci.*, 80. 8. 1171–1179.
- Hargis, P.S. – Van Elswik, M.E. (1993): Manipulating the fatty acid composition of poultry meat and eggs for the health conscious consumer. *Wild. Poult. Sci.*, 49. 3. 251–264.
- Husvéth, F. (2000): A gazdasági állatok élettana az anatómia alapjaival. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 653.
- Husvéth, F. – Manilla, H.A. – Gaál, T. – Vajdovich, P. – Balogh, N. – Wágner, L. – Loth, L. – Németh, K. (2000): Effects of saturated and unsaturated fats with vitamin E supplementation on the antioxidant status of broiler chicken tissues. *Acta Vet. Hung.*, 48. 1. 69–79.
- Husvéth, F. – Rózsa, L. – Magyar, L. – Bali, G. – Papócsi, P. (2003): N-3 fatty acid enrichment of table eggs by addings a fish oil preparation Nordos Fat to the diet of laying hens. *Geflügelk.* 67. 5. 198–203.
- Jiang-Wen Chuan – Li-Ying Ru – Jan-Der Fang – Lin-Liang Chuan (1996): Effect of different dietary fat sources on growth performance, carcass composition and lipid accumulation in 0- to 6-week-old geese. *J. Chin. Soc. Anim. Sci.*, 25. 1. 1–12.
- Jiang, Z. – Sim, J.S. – Nakai, S. (1994): Fatty acid modification of yolk lipids and cholesterol-lowering eggs. *Egg uses and processing technologies: New developments*, 27. 349–361.
- Korelski, J. – Kuchta, M. – Sieradzka, A. (2000): The effect of fish-oil on dietetic value of hen eggs. *Roczniki Naukowe Zootechniki, Supplement* 6. 336–338.
- Kovács, G. – Husvéth, F. – Wágner, L. – Farkas Zsle, E. – Pál, L. – Lengyel, Z. – Deák T. (2003): A takarmány összetételének hatása a tojássárgája A-, E-vitamin és koleszterin tartalmára, valamint zsírsavösszetételére. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 52. 1. 77–91.
- Kumar, S. – Raina, P.L. – Nair, R.B. – Amla, B.L. (1994): Lipid profiles and fatty acid composition of broiler meat. *J. Food Sci. Techn.*, 31. 3. 255–258.
- Leskanich, C.O. – Noble, R.C. (1997): Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acid composition of avian eggs meat. *Wild. Poult. Sci.*, 79. 971–974.
- Magyar Takarmánykódex 2. kötet (1990): Budapest
- Manilla, H.A. – Husvéth, F. (1999): N-3 fatty acid enrichment and oxidative stability of broiler chicken (A review). *Acta Alimentaria*, 28. 3. 235–249.
- Mazall, M.R. – Faria, D.E. – Salvador, D. – Ito, D.T. (2004): A comparison of the feeding value of different sources of fat for laying hens: 2. Lipid, cholesterol, and vitamin E profiles of egg yolk. *J. Appl. Poultry Res.*, 13. 2. 280–290.
- Mézes, M. (2000): Antioxidáns vitaminok a baromfitakarmányozásban. *Takarmányozás*, 3. 1. 10–11.
- Mézes, M. – Erdélyi, M. (2003): Prooxidánsok és antioxidánsok a baromfi-takarmányozásban. *Takarmányozás*, 6. 3. 11–14.
- Mézes, M. – Tóth, T. (2006): A takarmányozás hatása a sertés- és nyúlhús minőségére és biztonságára. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 55. 41–51.
- Mitchaothai, J. – Yuangklang, C. – Wittayakun, S. – Vasupen, K. – Wongsutthavas, S. – Srenanul, P. – Hovenier, R. – Everts, H. – Beynen, A.C. (2007): Effect of dietary fat type on meat quality and fatty acid composition of various tissues in growing-finishing swine. *Meat Sci.*, 76. 1. 95–101.
- Mori, A.V. (2001): Dietary fish oil and flaxseed as sources of omega-3 polyunsaturated fatty acids in chicken eggs. (Thesis) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Universidade de Sao Paulo. 162.
- Morrissey, P.A. – Sheehy, P.A.J. – Galvin, K. – Kerry, J.P. – Buckley, D.J. (1998): Lipid stability in meat and meat products. *Meat Sci.*, 49. 73–86.
- Onibi, G.E. – Scaife, J.R. – Murray, I. – Fowler, V.L. (2000): Supplementary alpha-tocopherol acetate in full-fat rapeseed-based diets for pigs: influence on tissue alpha-tocopherol content, fatty acid profiles and lipid oxidation. *J. Sci. Food Agric.*, 80. 11. 1625–1632.
- Özpinar, H. – Kahraman, R. – Abas, I. – Kutay, H.C. – Eseceli, H. – Grashorn, M.A. (2003): Effect of dietary fat source on n-3 fatty acid enrichment of broiler meat. *Arch. Geflügelk.*, 67. 2. 57–64.
- Pál, L. – Dublec, K. – Wágner, L. – Kovács, G. – Bartos, Á. – Bányai, A. (2004): Az omega-3 tojások előállításának lehetőségei. *Takarmányozás*, 7. 3. 9–10.
- Peisker, M. (2004): Natürliches Vitamin E in Sauen- und Ferkelfutter. *Kraftfutter*, 4. 154–160.

- Perédi, J.* (2002): Lehetőségek a hazai lakosság n-3 zsírsav-ellátottságának javítására. *Orv. Hetilap*, 143. 46. 2587–2591.
- Raes, K. – De Smet, S. – Demeyer, D.* (2004): Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 113. 1–4. 199–221.
- Richter, G.* (2000): Linseed press-cake as componnet in feeds for laying hens. *Mühle und Mischfutter*, 137. 11. 358–359.
- Saito, K. – Nomura, M.* (2001): Effects of feeding perilla seeds on fatty acid content in egg yolk. *J. Anim. Sci.*, 72. 9. 1359–1370.
- Sari, M. – Aksit, M. – Özdoğan, M. – Basmacioglu, H.* (2002): Effects of addition of flaxseed to diets of laying hens on some production characteristics, levels of yolk and serum cholesterol and fatty acid composition of yolk. *Arch. Geflügelk.*, 66. 2. 75–79.
- Schaefer, E.J.* (2002): Lipoproteins, nutrition, and heart disease. *Am. J. Clin. Nutr.*, 75. 191–212.
- Utlü, N. – Kaya, N.* (2002): Influence of inclusion of sunflower oil in the diet of geese on essential fatty acids and composition of serum and adipose tissues. *Indian J. Anim. Sci.*, 72. 11. 1046–1047.
- Wahrburg, U.* (2004): What are the health effects of fat? *Eur. J. Nutr.*, 43. (Suppl 1) 1/6–1/11.
- Yannakopoulos, A.L. – Tserveni-Gousi, A.S. – Yannakakis, S.* (1999): Effects of feeding flaxseed to laying hens on the performance and egg quality and fatty acid composition of egg yolk. *Arch. Geflügelk.*, 63. 6. 260–263.
- Zajkás, G.* (2004): Magyarország Nemzeti Táplálkozáspolitikája. OÉTI (Összeállította: Zajkás Gábor)

Érkezett: 2008. január
Szerzők címe: Nyugat-Magyarországi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar
Authors' address: University of West Hungary, Faculty of Agriculture
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár u. 2.