

# Animal welfare, etológia és tartástechnológia



## Animal welfare, ethology and housing systems

Volume 5

Issue 4

Különszám

Gödöllő  
2009



## A LIKOPIN KAROTINOID ÉS LIPID METABOLIKUS HATÁSAI TOJÓTYÚKOKBAN

*Bárdos László, Kerti Annamária, Szabó Csaba, Lakner Hajnalka,  
Jung Ivett, Gregosits Balázs*

Szent István Egyetem, Állattudományi Alapok Intézet,  
Állatélettani és Állat-egészségtani tanszék  
2103 Gödöllő, Páter Károly út 1.  
[bardos.laszlo@mkk.szie.hu](mailto:bardos.laszlo@mkk.szie.hu)

### Összefoglalás

A sárgás-vöröses karotinoid festékek jellemzően metabolizálódnak a madár szervezetében. Színezik a bőrt és a tollakat, beépülnek a fejlődő tüszőkbe ezzel a tojássárgája jellegzetes színét eredményezik. A madarakban ezekért a hatásokért főleg az oxikarotinoidok, a xantofillok felelősek. A likopin, egy gyűrűt és oxigént sem tartalmazó karotinoid, a paradicsom jellegzetes vörös színét adja. A likopin napjainkban favorizált egészségmegőrző, -javító szerepe részben az igen erős antioxidáns hatásában, a sejtek közötti réskapcsolatok (gap junction), a sejtciklus szabályozásában és a koleszterinszintézist csökkentő hatásban foglalható össze. Vizsgálatunkban Hy-Line Brown tojóhibridek takarmányát egészítettük ki likopinnal (Redivivo<sup>TM</sup> DSM) két dózisban (L<sub>5</sub> csoport 250, L<sub>10</sub> csoport 500 µg/takarmány kg). Kontrollok a szokásos árutojó tápot, ill. karotinoid mentes takarmányt (L<sub>0</sub> csoport) fogyasztó tojók voltak. Célfotométerrel CIELab skálához viszonyítva mértük a tojások színét. A vér és a tojássárgája likopin koncentrációit HPLC technikával, a szérum és a tojássárgája egyes lipid összetevőit (koleszterin, HDL-koleszterin, triglicerid) enzimatikus kolorimetriás módszerrel határoztuk meg. Két hetes karotinoid kiürülési periódust követő likopin kiegészítés hatására már a kezelés első hetére jellemzően mindkét kezelt állományban megemelkedett a sárgája CIELab a\* értéke a kontrollhoz (L<sub>0</sub>) viszonyítva (p<0,001). A tojássárgájában feldúsult likopin 80-100 µg/tojás tartalmat eredményezett. Az L<sub>10</sub> csoportban vér koleszterin szintje csökkent (p<0,05). Mivel az eredeti növényi forráshoz viszonyítva a tojás anyagainak közegéből egyes karotinoidok biológiai hasznosulása már igazolást nyert, így a likopinnal dúsított tojás joggal pályázhat a funkcionális élelmiszer minősítésre.

**Kulcsszavak:** likopin, karotinoid, CIELab, lipid, funkcionális tojás



## Metabolic effects of lycopene on carotenoid and lipid parameters of laying hens

### Abstract

Carotenoids occur in the skin, ovary, liver and eyes, but the different types are distributed in a characteristic way in the various tissues. Birds as all of animals metabolize carotenoids, but they are not able to synthesize these molecules. For these reason birds require carotenoids in their food. The oxygen containing carotenoids, the xanthophylls are deposited into feather, skin and egg yolk of birds. This feature of xanthophylls is used in the animal husbandry for the desired coloration of egg yolk. Lycopene is an acyclic hydrocarbon carotenoid which stains the tomato red. Lycopene has a lot of health benefit as antioxidant, cell cycle modulator; it has hypocholesterolemic and anticarcinogenic activity especially in prostate cancer. This carotenoid is not a common constituent of poultry fodder. In present experiment proceed to two weeks carotenoid depletion period Hy-Line Brown laying hens were supplied with two doses of lycopene (group L<sub>5</sub> 250, group L<sub>10</sub> 500 µg/kg fodder) by Redivivo™ (DSM) for four weeks. Layers consumed carotenoid free diet assigned for controls (group L<sub>0</sub>).

Egg yolk colours were estimated by CIELab scale with handy spectrophotometer (Micromatch™; Sheen Ltd), serum and yolk samples were analysed for lycopene by HPLC and some lipid parameters (cholesterol, HDL-cholesterol, triglycerides) by enzymatic colorimetric tests. The lycopene supplementation resulted high CIELab a\* values (L<sub>5</sub> 19, L<sub>10</sub> 17.5) compared to L<sub>0</sub> (5.2) (p<0,001). The lycopene accumulation into egg was 80-100 µg/yolk. The serum cholesterol concentration is decreased in group L<sub>10</sub> (p<005). The results indicate that dietary lycopene can be accumulated into yolk resulting desired colour. Taking into account the health benefits the lycopene enriched egg may be a candidate for functional food.

**Keywords:** Lycopene, carotenoids, CIELab, lipid, functional egg

### Irodalmi áttekintés

A karotinoidok a természetben széleskörűen elterjedt vegyületek, számos növény (virág és gyümölcs), gerinctelen és gerinces állat sárga, narancsvörös, és vörös színéért felelősek. Növényekben és egyes mikroorganizmusokban (baktérium, algák, gombák) szintetizálódnak. Az állatok nem képesek a karotinoidok *de novo* szintézisére, ezért a táplálékból jutnak hozzájuk. E sokféle forrásból több mint 600 karotinoidot izoláltak. Az emberi táplálékban kb. 60 található meg, de közülük csak 20 mutatható ki a vér- és szövetmintákban (During és Harrison, 2004). A metabolizmus során a karotinoidok egyenletesen



feloldódnak mind a transzport (lipoprotein) részecskében, mind a szöveti tárolásuk helyén, a lipoidokban, ezért a helyes nevezéktan az állatvilágban nem pigment, hanem festék. A baromfitermék előállításban, főleg a tojástermelési időszak alatt, a színezékeknek ezt a tulajdonságát használják ki takarmányba történő adagolásukkal. Ha nincs hatékony, azaz jól mobilizálható raktározás, akkor a karotinoidok utánpótlás hiányában 10 nap múlva eltűnnek a csirke szervezetéből (Na és mtsai, 2004). A növényi festőanyagok közül kiemelkedő jelentőségű az  $\alpha$ -, a  $\beta$ -, a  $\gamma$ -karotin, a likopin, és az oxikarotinoidok, más néven xantofillok közül a kriptoxantin, a lutein és a zeaxantin. A tojásmínőség nemcsak szubjektív, de funkcionális értelemben is hasznos karotinoidjai közé alapvetően a xantofillok sorolhatók (Kerti és mtsai, 2008), de a tojómadár karotinoid metabolizmusának ismeretében a likopin is számba vehető. A színezés mellett egyéb hatásokért felelős specifikus étrendi karotinoidokra egyre nagyobb figyelmet fordítanak. Számos vizsgálat folyik annak tisztázása érdekében, hogy ezek a táplálék összetevők milyen előnyöket jelentenek. Epidemiológiai tanulmányok azt mutatják, hogy a karotinoid tartalmú élelem (zöldség, gyümölcs, tojás) kellő mennyiségben történő fogyasztása egyes rákos és kardiológiai jellegű megbetegedések kockázatának csökkenésével áll összefüggésben (Agarwal és Rao, 1998). Az oxikarotinoidok (lutein, zeaxantin) pedig a retina sárgafoltjának épen tartásában fontosak. A lutein és zeaxantin hiány felelős az egyik leggyakoribb látásromlást és akár vakságot is eredményező időskori sárgafolt elfajulásért (Age-related Macular Degeneration, AMD) (Krinsky és mtsai, 2003). A karotinoid hatások többségének alapja az antioxidáns tulajdonságuk, ami sejtvédő és immunmoduláns hatásokban nyilvánul meg. Egyes, ún.  $\beta$ -jonon gyűrűt tartalmazó karotinoidok ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -karotin és kriptoxantin) különböző mértékben A-provitamin aktivitásúak. A retinoidokkal összehasonlítva viszonylag keveset tudunk az állati szervezetben lejátszódó karotinoid felszívódási és metabolikus folyamatokról. Különösen madarakban hiányosak az ismereteink (Gregosits és mtsai, 2007).

Jelen vizsgálatunkban tojótyúk takarmányát likopinnal egészítettük ki. Célunk az volt, hogy a tojássárgája színének alakulásából következtessünk a likopin hasznosulására, valamint felmérjük a lipidmetabolizmus esetleges változásait is.

## Anyag és módszer

### *Kísérleti elrendezés, takarmányozás, mintavételezés*

A kísérletet egy 14 000 férőhelyes, battériákkal berendezett tojóistállóban végeztük. Az istállóban Hy-Line Brown tojóhibridek termeltek. A kísérletbe vont állatok előtti etetőszalagra 4-4 ketrecet (mindegyikben 6-6 tojó) ellátó vályúba napi kétszeri feltöltéssel a kísérleti takarmány adagolása történt. Az így takarmányozott állatok tojásait külön lehetett gyűjteni. A három kezelt csoport kontrolljának az istállóban termelő állományból véletlenszerűen vett minták szolgáltak. A kísérleti takarmány, „sárgító”



adalékot (kantaxantin tartalmú Carophyll<sup>®</sup> Red - DSM) nem tartalmazott. Az egyik tojócsoporthoz ezt a takarmányt fogyasztotta (L<sub>0</sub> csoport). Két másik kísérleti csoport takarmányának alapját ugyanez a keverék képezte, de az L<sub>5</sub> csoport esetében 5g, az L<sub>10</sub> csoport esetében 10 g Redivivo<sup>™</sup> Lycopene 5% TG/P (DSM) is volt kg-ként a takarmányba keverve. Ezáltal 250 mg, ill. 500 mg likopint tartalmaztak a tápok takarmány kg-onként. A kísérlet kezdetekor két hétig a mentes takarmánnyal volt etetve mindhárom csoport. Két hét elteltével csoportonként 10-10 tojást gyűjtöttünk, és 10-10 vérmintát (5 ml/állat) vettünk a kezelt és kontroll állatokból is. Ezt követően a csoportok a kísérleti takarmányt fogyasztották (L<sub>0</sub>, L<sub>5</sub> és L<sub>10</sub>). Minden kezelési hét végén 10-10 tojást gyűjtöttünk csoportonként négy héten át. A negyedik hét végén ismét vért vettünk minden csoport 10-10 állatából.

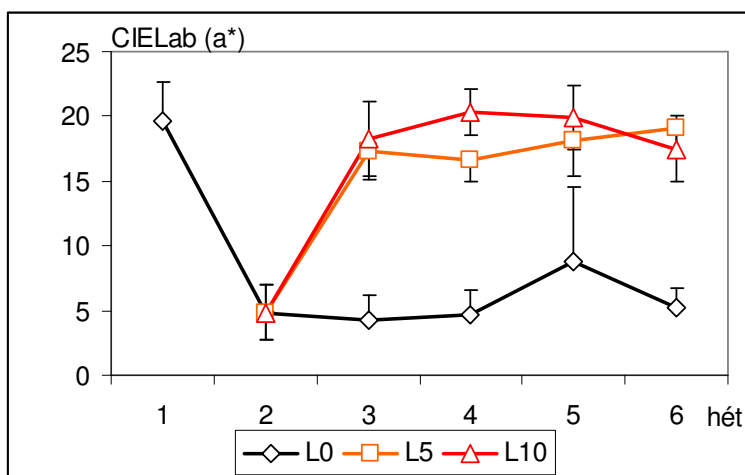
#### *Analitikai módszerek*

A tojássárgája színét kolorimetriás módszerrel a CIELab skálához viszonyító kézi reflexiós célfotométerrel határoztuk meg (Micromatch<sup>™</sup>; Sheen Ltd) az általunk adaptált módszer segítségével (Szabó és mtsai, 2007). A tojássárgája és a szérumból kinyert karotinoid és retinoid összetételét fordított fázisú izokratikus HPLC módszerrel mértük (Kerti és Bárdos, 2006). Meghatároztuk a tojássárgája és szérumból kinyert egyes lipodjait (koleszterin, HDL-koleszterin, triglicerid TG) enzimikus módszerrel mértük (Reanal, Budapest). Az eredményeket ANOVA teszttel Prism 5 for Windows programmal p<0,05 szinten minősítettük.

### **Eredmények és értékelés**

A két hétig tartó előetetés alatt a vér összkarotinoid tartalma szignifikáns mértékben lecsökkent. Ebben a kiürülési szakaszban a tojássárgája CIELab a\* átlagértékei a negyedére (19,59→4,82) estek (p<0,01). A kísérlet további egy hónapja alatt, gyakorlatilag ezt az értéket a jellemző az L<sub>0</sub> csoportban. A likopinos takarmányt fogyasztó csoportokban a kiindulási értéket az L<sub>10</sub> csoport már a negyedik, az L<sub>5</sub> csoport a 6. hétre érte el (1. ábra).

Csak a Redivivo<sup>™</sup> tartalmú takarmányt fogyasztó csoportokban volt mérhető a likopin a vérben, de a két csoport likopin koncentrációja nem tükrözte a dózisok közötti kétszeres különbséget. A vérplazma retinol koncentrációi gyakorlatilag azonos szinten voltak a kísérlet alatt (1. táblázat). Az L<sub>5</sub> és L<sub>10</sub> csoportok a\* értékei között nem volt szignifikáns különbség.



**1. ábra: A tojássárgája színintenzitásának jellemzése CIELab módszerrel**

Figure 1. Egg yolk colour values characterized by CIELab method

**1. táblázat: A vér karotinoid és retinol koncentrációi (x±s)**

		Össz-karotinoid (µg/l)	Likopin (µg/l)	Retinol (µg/l)
Kiürülési <sup>1</sup> szakasz	Eleje	47,56 ± 13,81	-	10,66 ± 1,13
	Vége	12,99 ± 4,49***	-	9,63 ± 1,15
Kezelési <sup>2</sup> szakasz	L <sub>0</sub> csoport	11,76 ± 3,13	-	8,08 ± 0,92
	L <sub>5</sub> csoport	40,37 ± 14,27**	11,75 ± 4,08	8,30 ± 0,70
	L <sub>10</sub> csoport	19,62 ± 5,59**	14,70 ± 6,72	7,51 ± 1,63

Table 1. Blood carotenoid and retinol concentrations in different groups

1. P < \* 0,05, \*\* 0,01, \*\*\*0,001

2. P < az L<sub>0</sub> csoporthoz viszonyítva \* 0,05; \*\* 0,01; \*\*\* 0,001

A 3-6. hét közötti időszakban a likopin mentes tápot fogyasztó L<sub>0</sub> és a két likopinnal kiegészített csoport (L<sub>5</sub> és L<sub>10</sub>) értékei között egyaránt szignifikáns volt a különbség mind az objektív színmérés (CIELab) mind a kémiai analízis összkarotinoid értékei esetében (2. táblázat). A kísérlet zárásakor a szérum összkoleszterin koncentrációi az áruatój állomány értékeihez viszonyítva az L<sub>10</sub> csoport esetében szignifikánsan (p<0,05) kisebbek voltak.

**2. táblázat: A tojássárgája színe, karotinoid és retinol koncentrációi (x±s)**

		CIELab (a*)	Össz-karotinoid (µg/g)	Likopin (µg/g)	Retinol (µg/g)
Kiürülési <sup>1</sup> szakasz	eleje	19,59 ± 2,95	18,78 ± 1,43	-	1,76 ± 0,41
	vége	4,82 ± 2,03***	2,95 ± 0,7***	-	1,52 ± 0,32
Kezelési <sup>2</sup> szakasz	L <sub>0</sub> csoport	5,27 ± 1,46	3,22 ± 0,7	-	1,66 ± 0,40
	L <sub>5</sub> csoport	19,04 ± 1,91***	13,78 ± 1,47***	4,35 ± 0,91	2,07 ± 0,18
	L <sub>10</sub> csoport	17,5 ± 2,42***	10,83 ± 1,94**	5,57 ± 1,38	1,61 ± 0,26

Table 2. Yolk colour, carotenoid and retinol concentrations

1. P < \* 0,05, \*\* 0,01, \*\*\*0,001

2. P < az L<sub>0</sub> csoporthoz viszonyítva \* 0,05; \*\* 0,01; \*\*\* 0,001

A tojássárgájából mért összkoleszterin, valamint a szérumból meghatározott HDL-koleszterin és triglicerid koncentrációk kezelésekként nem különböztek egymástól (3. táblázat).

**3. táblázat: A szérum és a tojássárgája lipid koncentrációi ( $x \pm s$ )**

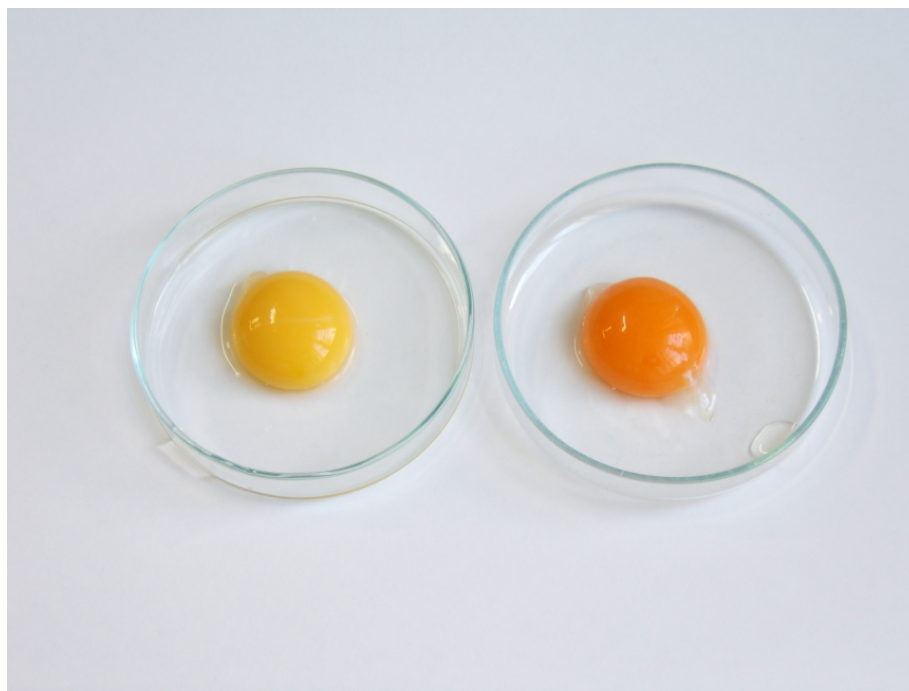
Csoport	Szérum			Tojássárgája
	összkoleszterin (mmol/L)	HDL koleszterin (mmol/L)	triglicerid (g/L)	koleszterin (mg/g)
Árutojó	4,25 ± 1,64	1,48 ± 0,82	9,50 ± 3,79	12,23 ± 1,45
L <sub>0</sub>	4,14 ± 1,53	1,07 ± 0,17	9,01 ± 2,50	11,65 ± 0,87
L <sub>5</sub>	3,37 ± 0,69	1,42 ± 0,89	8,63 ± 2,92	11,69 ± 0,82
L <sub>10</sub>	3,03 ± 1,25*	1,46 ± 0,29	7,95 ± 3,58	11,37 ± 0,49

Table 3. Lipid concentrations of sera and egg yolk

P < az Árutojó csoporthoz viszonyítva \* 0,05

Korábbi japán fürjekben végzett modell vizsgálatainkban szárított paradicsompüré formájában adagoltunk likopint a takarmányba. Akkor is tapasztaltuk, amit most tojótúkok esetében, hogy a takarmányba adagolt likopin hatékonyan felszívódik, azaz megjelenik a vérben, amivel azután eljut, majd beépül a tojásba (Bárdos és mtsai, 2004, 2005). Hasonló eredményre jutottak angol kutatók is, akik japán fürjek tojásaiban szárított paradicsom adagolást követően ugyancsak kimutatták a likopint. Az általuk alkalmazott csekély karotinoid tartalmú, búza és árpa alapú takarmányhoz 2%-ban kevert szárított paradicsomtól megemelkedett a színskálával (Yolk Colour Fan – DSM) mért érték (Karadas és mtsai, 2006). Mi a vizsgálatunkban 5% likopin tartalmú mikrokapszulázott gyári készítményt használtunk (Redivivo™ Lycopene 5% TG/P, DSM). Mások ugyanezt a készítményt használva tojótúkokban arról számoltak be, hogy csak előzetesen 60°C-on történő vizes hidrolízist követő takarmányba keverés után volt hatékony a felszívódás (Olson és mtsai, 2008). Esetünkben ilyen előkezelés nélkül is hatékonyan minősíthetjük a felszívódási folyamatot, amit a kezelt csoportok vérében és tojássárgájában mért likopin koncentrációk és a tojássárgája intenzív sárga színe egyaránt bizonyít (1. és 2. táblázat, 1. és 2. ábra).

A tojássárgája színintenzitási és likopin koncentráció értékei csak kissé, de nem szignifikáns mértékben tükrözték a takarmány-kiegészítő sokkal jelentősebb mértékű (L<sub>5</sub> 250. ill. L<sub>10</sub> 500 mg/tak.kg) különbségeit. Ez tojótúkokban végzett karotinoid abszorpciós és raktározási vizsgálatokban már korábban leírtakkal összeegyeztethető eredmény, azaz minél kisebb a kiegészítésként adagolt karotinoid koncentráció, annál nagyobb a felszívódás, majd az értékesülés (takarmány → vér, vér → bőr) határfoka (Na és mtsai, 2004). Ez tojótúkokban végzett karotinoid abszorpciós és raktározási vizsgálatokban már korábban leírtakkal összeegyeztethető eredmény, azaz minél kisebb a kiegészítésként adagolt karotinoid koncentráció, annál nagyobb a felszívódás, majd az értékesülés (takarmány → vér, vér → bőr) határfoka (Na és mtsai, 2004).



**2. ábra: Árutojó (balra) és likopinnal kiegészített tápot (L<sub>5</sub>) (jobbra) fogyasztó tyúkok tojássárgái**

*Figure 2. Egg yolks of layers fed commercial (left) and lycopene (L<sub>5</sub>) (right) containing diet*

Az L<sub>5</sub> kezelés  $4,35 \pm 0,91$ , az L<sub>10</sub> kezelés  $5,57 \pm 1,38$   $\mu\text{g/g}$  tojás likopin koncentrációkat eredményezett. Ez egy 17-19 g súlyú sárgája esetében ~80-100  $\mu\text{g}$  mennyiségnek felel meg. Ezek ugyan elmaradnak a paradicsom, ill. paradicsom készítmények értékeitől (Lugasi és mtsai, 2004), de nem kizárt, hogy hatékonyabb biológiai értékesülést eredményez a tojássárgája biológiai közegében eloszló likopin, mint a növényi eredetű. Ezt a feltételezést támasztják alá azok a táplálkozás-élettani vizsgálatok, amelyek azt bizonyították, hogy luteinnel dúsított tojásból a lutein hasznosulása közel 3-szor hatékonyabb, mint táplálék-kiegészítő preparátumokból, vagy akár az eredeti növényi forrásokból, pl. kukoricából, ill. parajból (Chung és mtsai, 2004). A feltételezett kedvezőbb biológiai hasznosulás a likopinnal dúsított tojást a funkcionális élelmiszerek sorába emelheti. A likopinnak színező hatása mellett bizonyított egészségjavító és/vagy ~megőrző tulajdonsága az, hogy a karotinoidok között az egyik legerősebb antioxidáns (Rao és Agarwal, 1998), valamint a sejt közötti egyik réskapcsolat (*gap junction*) típus (Connexin 43) kialakulásában van szerepe (Bertram, 2004). E tulajdonságok révén bizonyos tumorok, különösen a dűlmirigy daganatok (*prostate carcinoma*) rizikójának csökkentő tényezőjeként tartják számon (Giovannucci és mtsai, 2002). A likopin másik egészségvédő hatásának ítéltető az a koleszterin anyagcserében tapasztalható változás, ami szerint a koleszterin bioszintézist a hidroximetil-glutaril koenzim-A redukáz (HMG-CoA) gátlásával csökkenti (Agrawal és Rao, 1988). Ennek megnyilvánulásaként értékelhetjük, hogy az L<sub>10</sub> csoport tyúkjainak vérében csökkent az összkoleszterin





koncentráció (3. táblázat). Mivel az HDL-koleszterin szint gyakorlatilag nem változott, így feltételezhető, hogy a májban lejátszódó *de novo* koleszterin szintézis mértéke csökkent. Csökkenés a tojások koleszterin tartalmában nem jelentkezett, aminek az lehet a magyarázata, hogy az embrió anyagcseréjében is fontos szerepet betöltő koleszterin transzportját a tojásképződés idején a májban szintetizálódó specifikus nagyon kis sűrűségű lipoproteinnel (VLDL<sub>y</sub>) (Walzem és mtsai, 1999) optimalizálni képes a tojómadár.

## Következtetések és javaslatok

A hazai lakosság körében végzett felmérés szerint az átlagos napi likopin bevitel 3-4 mg, ami nemzetközi összehasonlításban közepes mértékűnek értékelhető. A hazai likopin forrás főleg a paradicsom és a paradicsom készítmények, valamint szezonálisan a görögdinnye (Lugasi és mtsai, 2004). A likopin-tartalmú táplálékkínálatot lehetne bővíteni likoppal dúsított tojások előállításával. A tojótápra kevert likopin a takarmány saját karotinoidjai mellett már kétheti etetés során a piaci kívánalmaknak megfelelő színintenzitást eredményez, de az előzőekben leírtak szerint ez a takarmány-kiegészítés nemcsak szubjektív fogyasztó igényt elégít ki, hanem funkcionális hatást is eredményez.

## Irodalomjegyzék

- Agarwal, S., Rao, A.V. (1998): Tomato lycopene and low density lipoprotein oxidation: a human dietary intervention study. *Lipids*, 33. 981-984.
- Bárdos L., Kiss Zs., Gregosits B., Réthy K., Kerti A., Szabó Cs. (2005): Studies on the effects of lycopene in poultry (Hen and quail). *ISAH 2005. Warsaw, Poland Proceedings Vol. 2.* 65-68.
- Bárdos L., Réthy K., Kiss Zs., Szabó Cs. (2004): Effects of dietary lycopene on lipid parameters and yolk coloration in Japanese quail. *Acta Angiol.*, 10. (Suppl.) 51.
- Bertram, J. S. (2004): Induction of connexin 43 by carotenoids: functional consequences. *Arch. Biochem. Biophys.*, 430. 120-126.
- Chung, H-Y., Helen M., Rasmussen, H.M., Johnson. E.J. (2004): Lutein bioavailability is higher from lutein-enriched eggs than from supplements and spinach in men. *J. Nutr.*, 134. 1887-1893.
- During, A., Harrison. E. H. (2004): Intestinal absorption and metabolism of carotenoids: insights from cell culture. *Arch Biochem Biophys.*, 430. 77-88.
- Giovannucci, E., Rimm, E.B., Liu, Y., Stampfer, M. J., Willett, W. C. (2002): A Prospective Study of Tomato Products, Lycopene, and Prostate Cancer Risk., *JNCI.*, 94. 391-398.
- Gregosits B., Kerti A., Bárdos L. (2007): A karotinoid kutatás nem szokványos kísérleti állatai. *Irodalmi áttekintés. Animal Welfare, Ethology and Housing Systems (AWTH)*, 3. 2-15.



- Karadas, F., Grammenidis, E., Surai, P. F., Acamovic, T., Sparks, N. H. C.* (2006): Effects of carotenoids from lucerne, marigold and tomato on egg yolk pigmentation and carotenoid composition. *Br. Poult. Sci.*, 47. 561-566.
- Kerti A., Bárdos, L.* (2006): Retinoidok (retinol, retinil-palmitát), karotinoidok (lutein, zeaxantin,  $\beta$ -kriptoxantin, likopin,  $\beta$ -karotin) és E-vitamin szimultán analízise rPHPLC-vel. *Klin. Kísérl. Lab. Med.*, 32. 106.
- Kerti A., Szabó Cs., Gregosits B., Jung I., Bárdos L.* (2008): A tojásminőség fontos festékanyagai. . *Animal Welfare, Ethology and Housing Systems (AWTH)*, 4. 773-779.
- Krinsky, N. I., Landrum, J. T., Bone, R. A.* (2003): Biologic mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye. *Ann. Rev. Nutr.*, 23. 171-201.
- Lugasi, A., Hóvári, J., Bíró, L., Brandt, S., Helyes, L.* (2004): Az ételmisszereink likopintartalmát befolyásoló tényezők és a hazai lakosság likopinbevitel. *Magy. Onkológia*, 48. 131-136.
- Na, J.C., Song, J.Y., Lee, B.D., Lee, S.J., Lee, C.Y., An, G.H.* (2004): Effect of polarity on absorption and accumulation of carotenoids by laying hens. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 117. 305–315.
- Olson, J.B., Ward, N.E., Koutsos, E. A.* (2008): Lycopene Incorporation into Egg Yolk and Effects on Laying Hen Immune Function. *Poultry Sci.*, 87. 2573–2580.
- Rao. A.V., Agarwal. S.* (1998): Bioavailability and in vivo antioxidant properties of lycopene from tomato products and their possible role in the prevention of cancer. *Nutr. Cancer*, 31. 199-203.
- Szabó, Cs., Kerti, A., Bárdos, L.* (2007): A tojássárgája színének objektív értékelése CIELab módszerrel. *Baromfiágazat*, 7. 44-46.
- Walzem, R. L., Hansen, R. J., Williams, D. L., Hamilton, R. L.* (1999): Estrogen induction of VLDL assembly in egg-laying hens. *J. Nutr.*, 129. 467-472.