



Yumurtacı Tavuk Karma Yemlerine Likopen, Lutein ve Zeaksantin İlavesinin Performans ve Yumurta Kalite Kriterleri Üzerine Etkileri

The Effects of Lycopene, Lutein, and Zeaxanthin Supplement to Layer Hen Diets on Performance and Egg Quality Parameters

Figen KIRKPINAR^{1*} 0000-0002-2018-755X Selim MERT¹ 0000-0003-2083-0450 Özgün IŞIK¹ 0000-0003-2336-183X
Zümrüt AÇIKGÖZ¹ 0000-0001-5517-4153

¹Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Bornova-İzmir

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada yumurta tavuklarında renk maddesi olarak kullanılan likopen (Lİ), lutein (LU) ve zeaksantin (ZE) ilavesinin yumurta sarısının rengi, performans ve yumurta kalite kriterleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Materyal ve Metot: Çalışmada, 40 haftalık yaşta 192 adet beyaz yumurtacı tavuk rastgele her biri 16 tekrürden oluşan 4 gruba ayrılmış ve renk maddesi içermeyen yemler ile beslenen kontrol (K) grubu 80'er ppm Lİ, LU veya ZE ilaveli yemlerin tüketildiği gruplar ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın 15. ve 30. günlerinde performans ve yumurta kalite kriterleri ölçülmüş ve renk maddelerinin bu parametreler üzerine etkileri incelenmiştir.

Bulgular: Yeme renk maddesi ilavesinin canlı ağırlık, yem tüketimi, yumurta verimi ve yemden yararlanma oranı üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır ($P>0.05$). Yumurta ağırlığı incelendiğinde 15. günde Lİ, 30. günde ise LU en yüksek değerleri vermiştir ($P<0.05$). Çalışmanın 15. gününde gruplar arasında ak ve sarı indeksleri ve Haugh birimi yönünden önemli bir fark görülmezken; yeme Lİ ilavesi 30. günde Haugh birimini önemli düzeyde yükseltmiştir ($P<0.05$). Sarı rengi yönünden 15. günde ZE en yüksek değeri verirken bunu LU ve Lİ grubu izlemiştir ($P<0.05$). Otuzuncu günde ise ZE ve LU ilavesi ile en yüksek sarı rengi değeri saptanmıştır ($P<0.05$). Yumurta sarısında L^* , a^* ve b^* değerleri yönünden renk maddelerinin kullanımı önemli düzeyde farklılıklar oluşturmuştur ($P<0.05$). Kabuk kalınlıkları ve mukavemet gibi kabuk kalite kriterleri ise renk maddeleri kullanımından etkilenmemiştir ($P>0.05$).

Sonuç: Sonuç olarak, yeme renk maddeleri ilavesi yumurta sarısı rengini ve Haugh birimini iyileştirmiştir.

Anahtar kelimeler: Lutein, zeaksantin, likopen, performans, yumurta kalitesi

ABSTRACT

Objective: In this study, the effects of the addition of lycopene (LY), lutein (LU), and zeaxanthin (ZE), which are used as pigments in laying hens, on the color of egg yolk, performance, and egg quality criteria were investigated.

Materials and Methods: In the study, 192 white laying hens at 40 weeks of age were randomly divided into 4 groups with 16 replicates each, and the control (C) group fed diet without any pigments was compared with the groups consuming diets added 80 ppm of LY, LU or ZE. On the 15th and 30th days of the study, performance and egg quality criteria were measured and the effects of pigments on these parameters were examined.

Results: There was no significant effect of adding pigments in terms of live weight, feed consumption, egg yield, and feed conversion ratio ($P>0.05$). When egg weight was examined, LY gave the highest values on the 15th day and LU on the 30th day ($P<0.05$). While there was no significant difference between the groups in terms of white and yellow indexes and Haugh unit on the 15th day of the study; adding LY to the diet significantly increased ($P<0.05$) the Haugh unit on the 30th day. In terms of yellow color, ZE gave the highest value on the 15th day, followed by the LU and LY groups. On the 30th day, the highest yellow color value was determined with the addition of ZE and LU ($P<0.05$). The use of pigments caused significant differences in L^* , a^* , and b^* values in egg yolk ($P<0.05$). Shell quality criteria such as shell thickness and strength were not affected by the use of color materials ($P>0.05$).

Conclusion: As a result, adding pigments to the diet improves egg yolk color and Haugh unit.

Keywords: Lutein, zeaxanthin, lycopene, performance, egg quality

Geliş tarihi (Received): 25.04.2023 Kabul tarihi (Accepted): 25.12.2023

*Sorumlu yazar (correspondence): figen.kirkpinar@ege.edu.tr

Atf: Kırkpınar, F., Mert, S., Işık, Ö., Açıkgöz, Z. 2023. Yumurtacı tavuk karma yemlerine likopen, lutein ve zeaksantin ilavesinin performans ve yumurta kalite kriterleri üzerine etkileri. *Hayvansal Üretim* 64(2): 76-84. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.1287510>

Citation: Kırkpınar, F., Mert, S., Işık, Ö., Açıkgöz, Z. 2023. The effects of lycopene, lutein, and zeaxanthin supplement to layer hen diets on performance and egg quality parameters. *Journal of Animal Production* 64(2): 76-84. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.1287510>

GİRİŞ

Karotenoidler, bitki ve mikroorganizmalar gibi fotosentetik canlılar tarafından sentezlenen sarı, turuncu ve kırmızı renkte olan doğal renk maddeleridir. Karotenoidler, bitkilerin meyvelerinde, taç yapraklarında, köklerinde ve yaprak gibi yeşil aksamalarında bulunabilirler; ancak yeşil aksamalarda bulunan karotenoidler, klorofilin baskın yeşil rengi nedeniyle gözle görülemez (Englmaierová and Skřivan, 2013). Temel olarak molekülünde en az bir oksijen atomu içeren ksantofiller (örneğin lutein ve zeaksantin) ve molekülünde oksijen atomu içermeyen karotenler (örneğin likopen ve β -karoten) olmak üzere iki gruba ayrılırlar (Breithaupt, 2007).

Sofralık yumurtalarda sarı rengi en önemli iç kalite değerlendirme kriteridir. Yumurta sarısının rengine luteinin katkısı %70 kadardır ve luteinden sonra onun izomeri olan zeaksantin en önemli etkiyi yapmaktadır; bunları diğer ksantofil ve karotenler izlemektedir (Kırkpınar ve Erkek, 1996; Perry et al., 2009). Hayvanlar, karotenoidleri kendi dokularında sentezleyememekte, yem ile alarak yağ dokularında (deri, iç yağ veya yumurta sarısı gibi) depolayabilmektedirler (Englmaierová and Skřivan, 2013). Renk maddelerinin depolanması oldukça hızlı olmakta (tüketimden 48 saat sonra); ancak üniform bir yumurta sarısı renginin elde edilmesi 12-14 gün sürmektedir (Altan, 2015). Oositlerde ağırlıklı olarak lipitlerin biriktirildiği foliküler büyümenin hızlı fazı yumurta sarısının boyutuna göre 6-14 günlük bir süreçte gerçekleştiğinden, yemle alınan renk maddelerinin birikiminde stabilizasyonun sağlanması için de benzer süreye ihtiyaç duyulmaktadır (Nys ve Guyot, 2011). Ortiz et al. (2021) tarafından yapılan çalışmada farklı mısır çeşitleri (beyaz, sarı ve kırmızı) kullanılarak hazırlanan yemlerle 31 gün boyunca beslenen tavuklardan elde edilen yumurtalarda lutein, zeaksantin, β -kriptoksantin ve toplam ksantofil konsantrasyonlarının 12. günde en yüksek seviyeye ulaştığı ve daha sonraki günlerde bu düzeylerin korunduğu belirlenmiştir. Karadas et al. (2006) ise yonca, kadife çiçeği ve domates türevli doğal renk maddeleriyle takviye edilmiş bıldırcın yemlerinin tüketilmelerinden 7-9 gün sonra stabil yumurta sarısı rengine ulaşıldığını bildirmişlerdir.

Tüketicilerin hoşlandığı koyu sarı renk, köy tipi küçük işletmelerde, tavukların dışarıda dolaşarak yedikleri yeşil otlar, böcekler ve hayvan gübreleri ile

sağlanmaktadır. Ancak endüstriyel üretimde (hayvanların serbest dolaşım imkânının bulunmadığı sistemlerde) renk maddesi kaynaklarının yeme katılarak verilmeleri gerekmektedir (Kırkpınar, 1993). Yumurta sarısı renginin yem hammaddeleri veya yem katkı maddeleri ile değiştirilmesi yumurta tavuğu yetiştiriciliğinde uzun zamandır yapılan bir uygulamadır (Kotrbaček et al., 2013).

Avrupa ülkelerinde DSM Yumurta Sarısı Renk Yelpazesine göre tercih edilen yumurta sarısı rengi değerleri 7-14 arasında değişmektedir (Heinzl, 2021). Tavukçulukta mısır-soya ağırlıklı yemler standart olarak kabul edilmektedir. Enerji kaynağı bir yem olan mısır yumurta sarısındaki başlıca renk maddesi olan lutein bakımından da zengindir. Ancak, tek başına mısır, yemde %60 oranında kullanılsa bile, tüketici taleplerini karşılayacak yumurta sarısı renginin elde edilebilmesi (>10) için yeterli olmayabilir. Bu yüzden özellikle endüstriyel sofralık yumurta üretiminde yemlere sentetik (β -apo-8'-karotenol, β -apo-8'-karotenolik asit etil ester ve kantaksantin) veya doğal (kadife çiçeği, yonca, kırmızı biber gibi) renk maddeleri ilaveleri yapılmaktadır (Kırkpınar ve Erkek, 1999; Gurbuz et al., 2003; Spasevski et al., 2018). Günümüzde, stabiliteyi yüksek (Kırkpınar ve Erkek, 1999) kullanım düzeyleri düşük (Chowdhury et al., 2008) olan sentetik renk maddelerinin bazılarının (kantaksantin gibi) çeşitli sağlık problemlerine (cilt ve gözlerde tahriş, retinada kristal oluşumu gibi) neden olabileceği kaygısı ciddi boyutlara ulaşmıştır (Olsen, 1996; Grashorn and Steinberg, 2002; EFSA, 2014; Kljak et al., 2021). Bu perspektifte, gıda güvenliği konusunda giderek bilinçlenen tüketicilerin bu hususta artan endişelerini gidermek amacıyla doğal renk maddelerinin yem katkı maddesi olarak kullanımı önem kazanmıştır.

Karotenoidlerin yumurta sarı rengini tüketici talepleri doğrultusunda değiştirmesinin yanında; insan sağlığı açısından gıdalar ile optimal alımının kalp damar hastalıklarına, bazı kanser türlerine, katarakt ve maküler dejenerasyon gibi hastalıklara yakalanma riskini ve oksidatif stresin etkilerini azalttığı, immün sistemi güçlendirdiği yönünde bildirişler mevcuttur. İnsan sağlığı açısından, normal düzeylerin üzerinde lutein ve zeaksantin alımının kalp hastalıkları, akciğer-meme kanseri, yaşa bağlı maküler dejenerasyon ve katarakt risklerini azaltabileceği bildirilmektedir (Granado et al., 2003; Ribaya-Mercado and Blumberg,

2004; Moeller et al., 2008; Ma et al., 2012a,b; Zaheer, 2017; Gong et al., 2018; Liu et al., 2022). Bunlara ek olarak likopen prostat kanseri riskini azaltmakta, DNA hasarını önlemekte; süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz gibi enzimlerin etkinliğini artırarak oksidatif strese karşı savunmayı güçlendirmektedir (Wertz et al., 2004, Doğan, 2007).

Fonksiyonel gıdalar, vücudun temel besin madde gereksinimini karşılamanın yanında; insan fizyolojisi ve metabolizması üzerinde ek olarak fayda sağlayan gıdalar olarak ifade edilmektedir (Altan, 2015). Yumurta içermiş olduğu besin maddeleri nedeniyle zaten kendisi bir fonksiyonel gıda olarak tanımlanmasının yanında son yıllarda rasyondaki düzenlemeler ile bazı besin maddelerince daha zengin fonksiyonel yumurta üretimine yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Açıkğöz ve Soyca Öneç, 2006; Altan, 2015; Pitargue et al., 2019). Karotenoidler de bu besin maddelerinden biridir ve yumurta, karotenoidleri insanların besin zincirine taşımak için oldukça iyi bir araç olarak görülmektedir (Englmaierová et al., 2013).

Yumurta sarısı karotenoidlerinin biyoyararlılığı yüksektir ve bu durum sindirilebilir yumurta sarısı lipid matriksi (trigliserit, fosfolipid ve kolesterol) içerisinde bulunmaları ile yakından ilişkilidir (Chung et al., 2004). Zaheer (2017), lutein ve zeaksantin yapılarındaki hidroksil grupları nedeniyle, hidrokarbon karotenoidlere (α -, β -karoten ve likopen) kıyasla daha polar bileşikler olduğunu ve bu özelliğin biyoyararlıklarına olumlu yansıdığını bildirmişlerdir. Goodrow et al. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada 5 hafta boyunca günde bir yumurta tüketen bireylerde serum lutein ve zeaksantin düzeylerinin sırasıyla %26 ve %38 arttığı belirlenmiştir. Diğer yandan, birçok farmakolojik etkiye sahip olan likopenin (Kamboj et al., 2021) fonksiyonel yumurta üretiminde kullanılmasının yumurta sarısı karotenoidlerinin konsantrasyonlarını etkilemediği ileri sürülmektedir (Olson et al., 2008).

Bu çalışmanın amacı, yumurtacı tavukların karma yemlerine karotenoid kaynağı olarak belirli oranlarda doğal lutein, zeaksantin ve likopen ilavesinin performans ve yumurta kalite özellikleri üzerine etkilerini incelemektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Deneme Ünitesinde bulunan yumurtacı tavuk kümesinde yürütülmüştür. Denemede 40 haftalık yaşta 192 adet Nick Chick yumurtacı tavuk kullanılmıştır. Tavuklar 4 katlı batarya tipi kafeslerin bulunduğu pencereless kümeste barındırılmıştır. Çalışmada, kafeslerde 3'er yumurtacı bulunacak şekilde 16 tekerrürden oluşan 4 deneme (48 tavuk/grup) grubu oluşturulmuş, 30 günlük deneme süresi boyunca 16

saat aydınlık 8 saat karanlık programı uygulanmış ve yem ile su *ad-libitum* olarak verilmiştir. Deneme materyali hayvanların manejan uygulamaları "Yumurtacı Tavukların Korunması ile İlgili Asgari Standartlara İlişkin Yönetmelik" kapsamında yapılmıştır (Resmi Gazete, 2014).

Yem ham maddeleri, İzmir'de faaliyet gösteren ticari bir yem fabrikasından temin edilmiştir. Tüm gruplara aynı formülasyona sahip karma yemler verilmiş; Lİ (likopen) grubu karma yemine 80 ppm Lİ (LiycoVit, BASF), LU (lutein) grubu karma yemine 80 ppm LU (Lutein DC, BASF) ve ZE (zeaksantin) grubu karma yemine 80 ppm ZE (Optisharp™, BASF) ilave edilmiştir. Planlanan bu çalışmada kullanılan renk maddelerinin saflık düzeyleri [likopen (%10), lutein (%5) ve zeaksantin (%5)] dikkate alınarak deneme gruplarına ilave edilecek likopen, lutein ve zeaksantin miktarları hesaplanarak eşitlenmiştir.

Karma yemin ham besin maddeleri (AOAC, 1990), nişasta ve şeker analizleri (Naumann and Bassler, 1993) Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Kimyasal Analiz Laboratuvarında yapılmıştır. Yemin metabolik enerjisi (ME) yemin besin maddelerinden yararlanılarak hesaplanmıştır (Anonim, 2004). Deneme karma yeminin yapısı ve besin madde içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Tavuklar deneme başında (40. hafta) ve sonunda (44. hafta) bireysel olarak tartılmıştır. Hayvanların yem tüketimleri (g/tavuk/gün) tekerrür bazında her hafta başında verilen yem miktarından, kalan yem miktarı çıkartılarak hesaplanmıştır. Yumurta verimleri [(günlük yumurtlanan yumurta sayısı/tavuk sayısı) \times 100] tekerrür bazında hesaplanmıştır. Karma yeme likopen, lutein ve zeaksantin ilavesinin yumurta kalite kriterleri üzerine etkileri 42 haftalık (denemenin 15. günü) ve 44 haftalık (denemenin 30. günü) yaşlarda saptanmıştır. Yumurta ağırlığı, tüm gruplarda her gün yumurtlanan yumurtaların tamamı tartılarak belirlenmiştir. Yumurta ağırlığı ve yem tüketimi değerlerinden yararlanılarak grupların yemden yararlanma oranları saptanmıştır. Yumurta kalite kriterleri, her bir tekerrürden aynı gün yumurtlanmış bir adet yumurta alınarak aynı gün içerisinde incelenmiştir. Yumurtaların en ve boy ölçümleri ile ak ve sarıya ait en, boy ve çap değerleri dijital kumpas ile ölçülmüştür. Yumurta akı ve sarısına ait yükseklikler ile kabuk kalınlık ölçümlerinde mikrometre kullanılmıştır. Elde edilen bu değerlerden aşağıda belirtilen eşitlikler kullanılarak, ak ve sarı (Romanoff and Romanoff, 1949) indeksleri ile Haugh Birimi hesaplanmıştır. Haugh biriminin hesaplanmasında Haugh (1937) tarafından geliştirilen ve Eisen et al. (1962) tarafından modifiye edilen eşitlik kullanılmıştır.

Çizelge 1. Deneme yeminin kompozisyonu ve besin maddesi içeriği

Table 1. Composition and nutrient content of experimental feed

Ham madde	Miktar (g/kg)
Mısır	581.88
Soya küspesi	220.96
Ayçiçeği küspesi	50.00
Bitkisel yağ	16.26
Bonkalit	25.00
Mermer tozu	95.04
Mono kalsiyum fosfat	4.34
Tuz	2.30
Sodyum bikarbonat	0.83
DL-metiyonin	0.89
Vitamin-mineral premiksi ¹	2.50
Besin madde içeriği	(%)
Kuru madde	87.21
Ham protein	17.60
Ham yağ	3.63
Ham selüloz	3.07
Ham kül	12.14
Kalsiyum	3.90
Toplam fosfor	0.63
Yararlanılabilir fosfor*	0.40
Metabolik enerji (kcal/kg)	2800

¹Yemin her kg'ında vitamin A, 10 000 IU; vitamin D3 3 000 IU; vitamin E, 35 mg; vitamin C, 50 mg; vitamin K3 (menadione) 5 mg; tiyamin 3 mg; riboflavin, 6 mg; piridoksin, 5 mg; nikotinamid, 20 mg; folik asit, 0.75 mg; siyanokobalamin, 0.015 mg; biyotin, 0.045 mg; kolin, 300 mg; D-kalsiyum pantotenat, 8 mg; bakır, 5 mg; iyot, 1 mg; demir, 60 mg; mangan, 60 mg; kobalt 0.2 mg; selenyum, 0.15 mg; çinko, 60 mg; endo-1.4-beta ksilanaz, 25 mg; 6-fitaz, 50 mg; dehidre edilmiş maya kültürü, 125 mg bulunmaktadır.

*Hesaplanan değer

Ak indeksi (%) = $\frac{[Ak\ yüksekliği\ (mm)]}{\{[Ak\ uzunluđu\ +\ Ak\ geniřliđi\ (mm)]\}} \times 100$

Sarı indeksi (%) = $\frac{[Sarı\ yüksekliği\ (mm)]}{[Sarı\ çapı\ (mm)]} \times 100$

Haugh Birimi = $100 \times \log(H+7.57-1.7 \times W^{0.37})$

H: Yumurta ak yüksekliği (mm)

W: Yumurta ağırlığı (g)

Yumurtaların kırılma mukavemeti (kg/cm²) ölçme aleti kullanılarak tespit edilmiştir. Cihaza yumurta yatay olarak yerleştirilip güç uygulanmış, yumurtanın çatladığı andaki direnç okunarak kırılma mukavemeti olarak kaydedilmiştir. Yumurta sarılarına ait L* (parlaklık), a* (kırmızılık) ve b* (sarılık) değerleri Minolta (CR 200) marka spektrokolorimetre ile saptanmıştır. Yumurta sarılarının subjektif renk değerlendirmesinde ise DSM Yumurta Sarısı Renk Yelpazesi kullanılmıştır.

Elde edilen tüm veriler SAS istatistik paket programı kullanılarak tek yönlü ANOVA testi ile değerlendirilmiştir. Deneme grupları arasındaki farklılıklar Student's t-testi ile karşılaştırılmış ve önem düzeyi 0.05 olarak kabul edilmiştir (SAS, 1998).

BULGULAR

Denemede incelenen grupların 40. ve 44. hafta canlı ağırlıkları ile 40-44. haftalar arasındaki yem tüketimleri, yemden yararlanma oranları ve yumurta verimlerine ait değerler Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. Deneme gruplarına ait performans değerleri

Table 2. Performance values of experimental groups

Gruplar	YT (g/tavuk/gün)	40. hafta CA (g)	44. hafta CA (g)	YV (%)	YYO (g/g)
K	96.60	1481.75	1486.70	87.08	1.80
Lİ	100.71	1466.79	1505.72	89.30	1.81
LU	97.82	1459.25	1482.81	88.47	1.83
ZE	98.89	1469.85	1479.18	87.36	1.92
OSH	1.94	15.62	16.06	0.83	0.04
P değeri	0.4970	0.7832	0.5410	0.2211	0.2951

K: kontrol, Lİ: likopen, LU: lutein, ZE: zeaksantin, YT: yem tüketimi, CA: canlı ağırlık, YV: yumurta verimi, YYO: yemden yararlanma oranı, OSH: ortalamanın standart hatası, P değeri: olasılık.

Deneme gruplarının 40. ve 44. haftalardaki canlı ağırlıkları 1459.25 ile 1505.72 g arasında değişmiş ve önemli bir farklılık oluşmamıştır (P>0.05). Grupların yem tüketim değerleri arasındaki farklılık da önemsiz (P>0.05) bulunmuş; K grubunda 96.60 g/tavuk/gün ile en düşük ve Lİ grubunda 100.71 g/tavuk/gün ile en yüksek yem tüketim değerleri saptanmıştır. Deneme süresi boyunca K, Lİ, LU ve ZE gruplarının yumurta verimleri sırası ile %87.08, 89.30, 88.47 ve 87.36 olup; bu değerler arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05). Yemden yararlanma oranları ise 1.80-1.92 arasında değişim göstermiş ve yapılan istatistiki değerlendirmede gruplar arasındaki farklılıkların önemli düzeylere ulaşmadığı tespit edilmiştir (P>0.05).

Karma yeme likopen, lutein ve zeaksantin ilavesinin yumurta kalite kriterleri üzerine etkileri 42. ve 44. haftalık yaşlarda belirlenmiş olup sırası ile Çizelge 3 ve Çizelge 4'te verilmiştir.

Deneme gruplarının 42. hafta için yumurta boyu ve mukavemeti, ak ve sarı yükseklikleri, ak boyu, sarı çapı ve ağırlığı, b* (sarılık) değeri ile kabuk ağırlığı ve kalınlıkları önemli düzeyde farklılık göstermemiştir (P>0.05). Ayrıca, Haugh birimi, sarı ve ak indeksleri bakımından da gruplar arasında önemli bir farklılık yoktur (P>0.05). K, Lİ, LU ve ZE gruplarının yumurta eni değerleri sırasıyla 43.15, 43.49, 42.30 ve 42.56 mm

Kırkpınar ve ark.

Çizelge 3. Denemenin 15. gününde (42. hafta) yumurta kalite kriterlerine ait değerler

Table 3. Values of egg quality criteria on the 15th day (42nd week) of the experiment

Kalite Kriterleri	K	Lİ	LU	ZE	OSH	P değeri
En, mm	43.15 ^{ab}	43.49 ^a	42.30 ^b	42.56 ^b	0.23	0.0030
Boy, mm	57.10	57.57	56.58	56.08	0.47	0.1522
Ağırlık, g	60.44 ^{ab}	62.82 ^a	58.15 ^b	58.44 ^b	1.00	0.0056
Mukavemet, kg/cm ²	2.78	3.00	3.00	3.30	0.15	0.1596
Ak yüksekliği, mm	7.12	7.98	6.79	7.93	0.36	0.0565
Sarı yüksekliği, mm	16.42	16.90	21.98	17.20	1.57	0.0565
Ak en, mm	67.82 ^a	63.22 ^{ab}	61.00 ^b	61.88 ^b	1.25	0.0013
Ak boy, mm	88.58	84.85	83.68	85.48	1.27	0.6370
Sarı çapı, mm	41.37	42.17	40.80	40.86	0.39	0.0761
DSM Renk Yelpazesi	10.80 ^d	11.33 ^c	12.00 ^b	12.68 ^a	0.10	0.0001
L*	55.22 ^a	52.41 ^{ab}	52.08 ^b	53.79 ^{ab}	0.76	0.0238
a*	7.95 ^c	9.85 ^b	9.11 ^b	11.25 ^a	0.29	0.0001
b*	35.82	38.91	40.95	38.39	2.11	0.4193
Sarı ağırlığı, g	15.78	16.31	15.99	15.67	0.30	0.4826
Kabuk ağırlığı, g	8.38	8.54	8.12	8.25	0.24	0.6738
Sarı indeksi	39.75	40.08	40.08	42.16	0.96	0.2835
Ak indeksi	9.15	10.81	9.47	10.83	0.55	0.0642
Haugh birimi	83.23	88.13	82.21	88.34	2.08	0.0848
Kabuk Kalınlıkları, µm						
Küt uç	317.75	319.25	319.81	320.00	0.55	0.2360
Orta	320.81	326.93	326.75	326.62	2.96	0.3929
Sivri uç	329.62	329.12	330.06	330.75	0.54	0.1942

K: kontrol, Lİ: likopen, LU: lutein, ZE: zeaksantin, YT: yem tüketimi, L*: parlaklık, a*: kırmızılık ve b*: sarılık değerleri, OSH: ortalamanın standart hatası, P değeri: olasılık.

^{a-d} aynı satırda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir (P<0.05).

Çizelge 4. Denemenin 30. gününde (44. hafta) yumurta kalite kriterlerine ait değerler

Table 4. Values of egg quality criteria on the 30th day (44th week) of the experiment

Kalite Kriterleri	K	Lİ	LU	ZE	OSH	P değeri
En, mm	43.70	43.38	43.68	42.80	0.28	0.1058
Boy, mm	58.71 ^a	57.28 ^c	58.48 ^{ab}	57.50 ^{bc}	0.40	0.0343
Ağırlık, g	62.60 ^{ab}	61.58 ^{ab}	63.33 ^a	59.54 ^b	0.88	0.0226
Mukavemet, kg/cm ²	3.16	3.04	3.54	3.26	0.13	0.0740
Ak yüksekliği, mm	7.34 ^b	8.81 ^a	7.88 ^{ab}	7.94 ^{ab}	0.27	0.0096
Sarı yüksekliği, mm	17.82 ^{ab}	18.31 ^a	17.85 ^{ab}	17.24 ^b	0.20	0.0148
Ak en, mm	66.60	65.11	67.42	63.94	1.29	0.2408
Ak boy, mm	91.02	88.65	90.93	87.59	1.49	0.2866
Sarı çapı, mm	42.77	42.02	42.42	41.75	0.46	0.4394
DSM Renk Yelpazesi	11.31 ^c	11.93 ^b	12.56 ^a	12.93 ^a	0.10	0.0001
L*	54.87 ^{ab}	54.88 ^{ab}	56.22 ^a	53.04 ^b	0.68	0.0206
a*	8.43 ^b	10.15 ^a	8.75 ^b	11.32 ^a	0.31	0.0001
b*	36.85 ^b	35.60 ^b	42.17 ^a	38.64 ^b	0.83	0.0001
Sarı ağırlığı, g	16.99	16.39	17.06	16.19	0.31	0.1424
Kabuk ağırlığı, g	8.72	8.48	8.74	8.11	0.24	0.2489
Sarı indeksi	41.72	43.84	42.11	41.44	0.70	0.1385
Ak indeksi	9.22	9.72	10.06	10.50	1.01	0.8372
Haugh birimi	84.30 ^b	92.91 ^a	87.49 ^{ab}	89.08 ^{ab}	1.57	0.0073
Kabuk Kalınlıkları, µm						
Küt uç	320.12	320.93	320.93	321.31	0.43	0.2821
Orta	329.75	329.93	331.43	330.93	0.57	0.1246
Sivri uç	329.56	329.68	331.12	330.62	0.60	0.2097

K: kontrol, Lİ: likopen, LU: lutein, ZE: zeaksantin, YT: yem tüketimi, L*: parlaklık, a*: kırmızılık ve b*: sarılık değerleri, OSH: ortalamanın standart hatası, P değeri: olasılık.

^{a-c} aynı satırda farklı harfleri taşıyan değerler arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir (P<0.05).

olarak saptanmış, K grubuna göre LU ile ZE gruplarında azalma ve Lİ grubunda yükselme eğilimi gözlenirken, Lİ grubunda LU ile ZE gruplarına kıyasla önemli düzeyde artış meydana gelmiştir. Benzer durum yumurta ağırlığı için de söz konusudur. Lİ (62.82 g) grubunun yumurta ağırlığı LU (58.15 g) ve ZE (58.44 g) gruplarına göre önemli düzeyde artarken (P<0.05), K (60.44 g) grubuna benzerlik göstermiştir. Yumurta akı eni değeri K (67.82 mm) grubuna göre renk maddesi ilaveli yemlerin kullanıldığı gruplarda azalmış ve bu değişim LU (61.00 mm) ve ZE (61.88 mm) gruplarında istatistiki olarak önemli düzeylere ulaşmıştır. Ancak, renk maddeleri kullanılan gruplar arasında yumurta akı eni değeri bakımından önemli farklılıklar oluşmamıştır. DSM Renk Yelpazesine göre en koyu sarı renkli yumurtalar ZE (12.68) grubundan elde edilmiş (P<0.05) ve bunu sırası ile LU (12.00), Lİ (11.33) ve K (10.80) grupları izlemiştir. Yumurta sarılarının L* (parlaklık) değerlerine bakıldığında, K (55.22), Lİ (52.41) ve ZE (53.79) grupları benzer değerlere sahipken, LU (52.08) grubunda K grubuna göre önemli düzeyde azalma saptanmıştır (P<0.05). Yumurta sarısı a* (kırmızılık) değerleri bakımından en yüksek değeri ZE grubu, en düşük değeri ise K grubu vermiştir (P<0.05). Lİ ve LU gruplarında ise benzer a* değerleri tespit edilmiştir.

Çalışmanın 30. gününde (44. haftada) yumurta eni ve mukavemeti, ak eni ve boyu, sarı çapı ve ağırlığı, kabuk ağırlığı ve kalınlıkları ile sarı ve ak indeksleri bakımından gruplar arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir (P>0.05). Yumurta boyu değerleri gruplar arasında önemli düzeyde farklılık göstermiş ve K (58.71 mm) grubuna göre Lİ (57.28 mm) ve ZE (57.50 mm) gruplarında azalmıştır (P<0.05). Yumurta ağırlığı bakımından K grubu ile renk maddesi kullanılan gruplar arasında önemli düzeyde farklılık oluşmazken, LU (63.33 g) grubundan ZE (59.54 g) grubuna göre önemli derecede daha ağır yumurta elde edilmiştir (P<0.05). Grupların yumurta ak ve sarı yükseklik değerleri arasındaki farklılıkların önemli olduğu saptanmıştır (P<0.05). Ak yüksekliği K (7.34 mm) grubuna göre renk maddesi kullanılan gruplarda artmış ve bu değişim sadece Lİ (8.81 mm) grubunda istatistiki olarak önemli düzeye ulaşmıştır. Sarı yüksekliği bakımından K grubu ile renk maddesi ilaveli gruplar arasında önemsiz farklılık gözükse de Lİ (18.31 mm) grubunda ZE (17.24 mm) grubuna göre önemli düzeyde yükselme meydana gelmiştir. K (11.31) grubuna kıyasla yeme likopen, özellikle lutein ve zeaksantin ilavesi DSM Yumurta Sarısı Renk Yelpazesine göre sarı renginin önemli derecede (P<0.05) koyulaşmasını sağlamıştır (sırasıyla 11.93, 12.56 ve 12.93). L* (parlaklık) değerleri bakımından en yüksek değer LU (56.22) ve en düşük değer ZE (53.04) gruplarında belirlenmiştir (P<0.05). a* (kırmızılık) değeri ise LU (8.75) ve K (8.43) gruplarında

en düşük, ZE (11.32) ve Lİ (10.15) gruplarında en yüksek bulunmuştur (P<0.05). Yumurtaların b* (sarılık) değerleri bakımından ise en yüksek değeri LU (42.17) grubu verirken, K (36.85), Lİ (35.60) ve ZE (38.64) gruplarında birbirlerine benzer şekilde daha düşük bir sarılık değeri gözlemlenmiştir (P<0.05). En yüksek Haugh birimi Lİ (92.91) grubunda belirlenmiş, bunu sırası ile ve bu gruba benzer şekilde ZE (89.08) ve LU (87.49) grupları izlemiştir. En düşük Haugh birimi ise K (84.30) grubuna aittir ve Lİ grubunununkine göre önemli düzeyde düşüktür (P<0.05).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan çalışmada, karma yeme likopen, lutein ve zeaksantin ilavesinin yumurtacı tavuklarda yem tüketimi, canlı ağırlık, yemden yararlanma oranı ve yumurta verimi üzerine önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır (P>0.05). Bu sonuçlar, Doğan (2007)'ın karma yeme 8 hafta 100, 200 ve 400 mg/kg likopen (%8'lik) ilavesi yaptığı çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Ancak, Ekiz ve Açıkgöz (2016), 8 haftalık bir deneme süresince karma yeme 25 mg saf Lİ ve Lİ+LU ilavesinin; sadece LU ilave edilen grup ile kontrol grubuna göre daha iyi yemden yararlanma oranı ve daha yüksek yumurta verimi sağladığını bildirmişlerdir. Skřivan et al. (2015), araştırmamızın bulgularından farklı olarak, 14 hafta boyunca (ilk 2 haftası ön dönem) karma yeme ilave edilen 150 mg/kg kadife çiçeği ekstraktının (21.263 mg/kg LU ve 9.649 mg/kg ZE içeren) yumurta verimini önemli düzeyde artırdığını saptamışlardır. Bununla beraber araştırmacılar yem tüketimi ve yemden yararlanmayı etkilemediğini belirtmişlerdir. Çalışma sonuçlarındaki farklılıklar kullanılan renk maddelerinin kaynağı, kullanım oranları ve tek başlarına veya birlikte kullanılmaları ile ilişkili olabilir.

Çalışmada incelenen yumurta kalite kriterlerine bakıldığında, gruplar arasında çeşitli parametreler yönünden farklılıklar bulunmaktadır. Denemenin 15. gününde Lİ grubunda yumurta eni ve ağırlığı K grubuna göre yükselme eğilimi göstermiş, fakat boy olarak benzer bir değişim saptanmamıştır. Grupların 30. gün ölçümlerinde ise birbirine yakın yumurta eni değerleri belirlenmiş, ancak boy ve ağırlık bakımından önemli düzeyde farklılıklar tespit edilmiştir (P<0.05). K grubuna göre; renk maddesi kullanılan gruplarda boy verilerinde önemli (Lİ ve ZE) veya önemsiz (LU) düzeyde azalmalar belirlenmiş, ağırlık değerlerinde ise benzerlik (Lİ), azalma (ZE) veya artma (LU) eğilimleri gözlenmiştir. Yumurta ağırlığı bulguları Ekiz ve Açıkgöz (2016), Englmaierová and Skřivan (2013) ve Skřivan et al. (2016)'a ait çalışmaların sonuçları ile uyum göstermemektedir. Çalışmada yumurta ağırlığı

bakımından denemenin 15. gününde likopen ve 30. gününde lutein daha etkili olmuştur.

Çalışma sonunda elde edilen yumurta iç kalite kriterleri yönünden gruplar arasında bazı farklılıklar mevcuttur. Denemenin 15. gününde ak eni verileri yemde lutein ve zeaksantin kullanılması ile önemli ölçüde düşüş göstermiştir. Yeme renk maddesi ilavesi ile ak eninde oluşan bu azalma her ne kadar iç kaliteyi yükselten bir değişim gibi gözükse de ak indeksi ve Haugh birimi yönünden önemli bir farklılık oluşturmamıştır. Çalışmanın 30. gününde toplanan yumurtalara ait iç kalite kriterlerinden sarı ve ak yükseklikleri likopen kullanımı ile artış gösterse de yine ak ve sarı indekslerinde önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Bunun yanında yumurta kalitesinin açık bir ifadesi olan Haugh birimi likopen kullanımı ile en yüksek değere ulaşmış ve bunu diğer renk maddeleri kullanılan gruplar izlemiştir. Benzer şekilde, bildircin yemine 100 mg Lİ ilave eden Sahin et al. (2006) Haugh biriminin önemli düzeyde arttığını (%85'den %90'a) belirlemişlerdir. Tavukları saf Lİ (20 mg) ve domates tozu (%3) ilaveli yemlerle besleyen Orhan et al. (2021), Haugh biriminde istatistiki olarak önemsiz değişimler (77.44'den 79.55 ve 79.13'e) tespit etmişlerdir. Ekiz ve Açıkgöz (2016) ise yeme 25 mg saf Lİ, LU ve Lİ+LU ilavesinin Haugh birimini önemli düzeyde etkilemediğini bildirmişlerdir. Karma yeme 0, 150, 250 ve 350 mg/kg kadife çiçeği ekstraktı ilave eden Skřivan et al. (2015) gruplar arasında önemli düzeyde farklılıklar saptamamıştır. Haugh birimine ait bu çelişkili bildirişler renk maddelerinin kullanım düzeyindeki farklılıklar ile ilişkili olabilir.

Mevcut çalışmanın sarı rengi verileri incelendiğinde gruplar arasında önemli düzeyde farklılık oluştuğu görülmektedir ($P < 0.05$). DSM Yumurta Sarısı Renk Yelpazesine göre yumurta sarısı rengi bakımından gruplar 15. günde $ZE > LU > Lİ > K$ ve 30. günde $ZE = LU > Lİ > K$ şeklinde sıralanmıştır. İlk 8 gün tavukları beyaz mısır içeren yemle besleyen Titcomb et al. (2019) daha sonra yeme kadife çiçeği tozu ilavesi yaptıklarında 28. günde yumurta sarısı lutein içeriğinin %131 düzeyinde ve zeaksantin konsantrasyonunun %64 oranında yükseldiğini saptamışlardır. Skřivan et al. (2015) yaptıkları çalışmada, yumurtacı tavuk yemlerine ilave edilen kadife çiçeği ekstraktı ve β -apo-8-karotenoid, kantaksantin ile astaksantin karışımının yumurta sarısı renk değerini önemli düzeyde yükselttiğini belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Santos-Bocanegra et al. (2004) sentetik ksantofil kullanımının sarı renk skalası değerini yükselttiğini bildirmişlerdir. Englaierová and Skřivan (2013) ise β -apo-8-karotenoid, kantaksantin ve astaksantin karışımının, tek başına luteinden daha fazla sarı renk değerini artırdığını ifade etmişlerdir.

Parlaklık (L^*) ölçümlerinde en yüksek değer 15. günde K grubunda ve 30. günde LU grubunda belirlenmiştir. Lİ ve LU'yu tek başına veya birlikte kullanan Ekiz ve Açıkgöz (2016)'ün yaptığı çalışma sonuçları, mevcut çalışmanın L^* sonuçları ile 15. günde uyuşmakta ancak 30. gün verileri ile benzerlik göstermemektedir. Bu durum, Spasevski et al. (2018) tarafından belirtildiği gibi renk maddesi kaynağına, aralarındaki sinerjik etkiye ve kullanım dozu ile süresine bağlı olabilir. Yumurta sarısı kırmızılık (a^*) değeri çalışmanın 15. gününde renk maddeleri verilen tüm gruplarda önemli düzeyde yükselme ($ZE > Lİ = LU > K$) gösterirken, 30. günde ZE ve Lİ gruplarında anlamlı derecede artmıştır. Bu sonuçlar, kırmızılık üzerine zeaksantin daha kısa sürede etkili olabildiğini, ancak likopenin yumurta sarısında etkisinin gözlenebilmesi için tüketim süresinin uzatılması gerektiğini göstermektedir. Sarılık (b^*) değeri yönünden 15. gün ölçümlerinde gruplar arasında bir farklılık görülmezken, 30. günde LU grubunda yumurta sarısında birikim düzeyine bağlı olarak önemli düzeyde yükseldiği saptanmıştır. Galobart et al. (2004), a^* ve b^* değerlerinde renk maddelerinin kaynağına ve birikim düzeylerine göre önemli düzeyde artış gözlemlemişlerdir.

Mevcut çalışmadan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde yumurtacı tavuk yemlerine ilave edilen likopen, lutein ve zeaksantin Haugh birimi değerini yükselttiği ve bu parametrede likopenin öne çıktığı görülmektedir. Renk maddelerinin yumurta sarı rengini önemli düzeyde koyulaştırdığı ve özellikle luteinin etkisinin kullanım süresi uzadığında daha belirgin olduğu söylenebilir. Kabuk kalınlığı ve mukavemeti gibi parametrelerde bir değişim saptanmamıştır.

Sonuç olarak; çalışmada kullanılan doğal renk maddeleri yumurta sarısı rengini olumlu etkilemiş ve deneme sonunda 12-13 arasında değişen DSM Renk Yelpazesine değerlerine ulaşılmıştır. Bu perspektifte, doğal likopen, lutein ve zeaksantin endüstriyel üretimde gerek standart gerek fonksiyonel yumurta üretiminde kullanılması gıda güvenliği kapsamında tüketici endişelerinin giderilmesi açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz Z, Soycan Öneç S. 2006. Fonksiyonel yumurta üretimi, Hayvansal Üretim 47(1): 36-46.
- Altan Ö. 2015. Yumurta Oluşumu, Kalitesi ve Biyoaktif Komponentleri. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir. ISBN: 978-605-84400-0-5.
- Anonim. 2004. Yem Analiz Metodları (Tebliğ No:2004/33). Resmi Gazete, 02.09.2004, Sayı: 25571.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.

- Breithaupt DE. 2007. Modern application of xanthophylls in animal feeding-a review. *Trends in Food Science & Technology* 18 (10): 501-506. Doi: 10.1016/j.tifs.2007.04.009.
- Chowdhury DS, Hassin BM, Das SC, Rashid MDH, Ferdous AJM. 2008. Evaluation of marigold flower and orange skin as sources of xanthophyll pigments for the improvement of egg yolk color. *Journal of Poultry Science* 45: 265-272. Doi: 10.2141/jpsa.45.265.
- Chung HY, Rasmussen HM, Johnson EJ. 2004. Lutein bioavailability is higher from lutein-enriched eggs than from supplements and spinach in men. *Journal of Nutrition* 134(8):1887-1893. Doi: 10.1093/jn/134.8.1887.
- Doğan N. 2007. Rasyon Likopen İçeriğinin Yumurtacı Tavuklarda Yumurta Verimi, Yumurta Kalite Özellikleri ve Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı.
- EFSA. 2021. Scientific opinion on the safety and efficacy of canthaxanthin as a feed additive for poultry and for ornamental birds and ornamental fish, Panel on Additives and Products or Substances Used in Animal Feed (FEEDAP). *EFSA Journal* 12(1):3527, 24 pp. Doi:10.2903/j.efsa.2014.3527.
- Eisen EJ, Bohren BB, McKean HE. 1962. The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. *Poultry Science* 41: 1461-1468.
- Ekiz U, Açıkgöz Z. 2016. Yumurtacı tavuklarda yeme likopen, lutein ve vitamin E ilavesinin performans, yumurta kalitesi ve oksidatif stabilite üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 53 (3): 317-324. Doi: 10.20289/zfdergi.390080
- Englmaierová M, Skřivan M. 2013. Effect of synthetic carotenoids, lutein, and mustard on the performance and egg quality. *Scientia Agriculturae Bohemica* 44 (3): 138-143. Doi: 10.7160/sab2013.44030.
- Englmaierová M, Skřivan M, Bubancová I. 2013. A comparison of lutein, spray-dried Chlorella, and synthetic carotenoids effects on yolk colour, oxidative stability, and reproductive performance of laying hens. *Czech Journal of Animal Science* 58 (9): 412-419. Doi: 10.17221/6941-CJAS.
- Galobart J, Sala R, Rincón-Carruyo X, Manzanilla EG, Vilà B, Gasa J. 2004. Egg yolk color as affected by saponification of different natural pigmentation sources. *The Journal of Applied Poultry Research* 13: 328-334.
- Gong X, Smith JR, Swanson HM, Rubin L. 2018. Carotenoid lutein selectively inhibits breast cancer cell growth and potentiates the effect of chemotherapeutic agents through ros-mediated mechanisms. *Molecules* 23 (4):905. Doi: 10.3390/molecules23040905.
- Goodrow EF, Wilson TA, Houde SC, Vishwanathan R, Scollin PA, Handelman G, Nicolosi RJ. 2006. Consumption of one egg per day increases serum lutein and zeaxanthin concentrations in older adults without altering serum lipid and lipoprotein cholesterol concentrations. *Journal of Nutrition* 136 (10): 2519-2524. Doi: 10.1093/jn/136.10.2519
- Granado F, Olmedilla B, Blanco. 2003. Nutritional and clinical relevance of lutein in human health. *British Journal of Nutrition* 90 (3): 487-502. Doi: 10.1079/BJN2003927.
- Grashorn, MA, Steinberg W. 2002. Deposition rates of canthaxanthin in egg yolks. *Archiv für Geflügelkunde* 66 (6), 258-262.
- Gurbuz Y, Yasar S, Karaman M. 2003. Effects of addition of the red pepper from 4th harvest to corn or wheat based diets on egg-yolk colour and egg production in laying hens. *International Journal of Poultry Science* 2 (2): 107-111.
- Haugh RR. 1937. The Haugh unit for measuring egg quality. *U.S. Egg & Poultry Magazine*, 43: 552-555.
- Heinzl I. 2021. Appetizing eggs with natural pigmentation: The new-generation solution, EW-Nutrition. <https://ew-nutrition.com/appetizing-eggs-natural-pigmentation/> (31.07.2023)
- Kamboj A, Nad S, Tripathi T, Konar U. 2021. Pharmacological effects of lycopene - A review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research* 70(2):305-313. Doi: 10.47583/ijpsr.2021.v70i02.037.
- Karadas F, Grammenidis E, Surai PF, Acamovic T, Sparks NH. 2006. Effects of carotenoids from lucerne, marigold and tomato on egg yolk pigmentation and carotenoid composition. *British Poultry Science* 47(5): 561-566. Doi: 10.1080/00071660600962976.
- Kırkpınar F, Erkek R. 1996. Beyaz mısır ve buğday temeline dayalı karma yemlere ilave edilen bazı doğal ve sentetik renk maddelerinin yumurta sarısının rengi ve verim üzerine etkileri. *Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi* 23: 9-14.
- Kırkpınar F. 1993. Bazı Doğal ve Sentetik Renk Maddelerinin Yumurta Sarısının Rengi ve Verimle İlgili Çeşitli Kriterler Üzerine Etkileri. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı, Bornova-İzmir.
- Kljak K, Carović-Stanko K, Kos I, Janječić Z, Kiš G, Duvnjak M, Safner T, Bedeković D. 2021. Plant carotenoids as pigment sources in laying hen diets: Effect on yolk color, carotenoid content, oxidative stability and sensory properties of eggs. *Foods* 10: 721. Doi: 10.3390/foods10040721
- Kotrbaček V, Skřivan M, Kopecký J, Pěnkava O, Hudečková P, Uhríková I, Doubek J. 2013. Retention of carotenoids in egg yolks of laying hens supplemented with heterotrophic Chlorella. *Czech Journal of Animal Science* 58 (5): 193-200. Doi: 10.17221/6747-CJAS.
- Liu Y, Ni M, Wu R, Yang Z, Zhu X, Chen J. 2022. The level and efficacy of lutein in patients with age-related macular degeneration: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *Annals of Translational Medicine* 10(6):299. Doi: 10.21037/atm-22-173
- Ma L, Dou H-L, Huang Y-M, Lu X-R, Xu X-R, Qian F, Zou Z-Y, Pang H-L, Dong P-C, Xiao X, Wang X, Sun TT, Lin X-M. 2012a. Improvement of retinal function in early age-related macular degeneration after lutein and zeaxanthin supplementation: A randomized, double-masked, placebo-controlled trial. *American Journal of Ophthalmology* 154 (4): 625-634. Doi: 10.1016/j.ajo.2012.04.014.
- Ma L, Dou H-L, Wu Y-Q, Huang Y-M, Huang Y-B, Zu X-R, Zou Z-Y, Lin, X-M. 2012b. Lutein and zeaxanthin intake and the risk of age-related macular degeneration: A systematic review and meta-analysis. *The British Journal of*

- Nutrition 107 (3): 350-359. Doi: 10.1017/S0007114511004260.
- Moeller SM, Volland R, Tinker L, Blodi BA, Klein ML, Gehrs KM, Johnson EJ, Snodderly DM, Wallace RB, Chappell RJ, Parekh N, Ritenbaugh C, Mares JA. 2008. Associations between age-related nuclear cataract and lutein and zeaxanthin in the diet and serum in the Carotenoids in the Age-Related Eye Disease Study, an Ancillary Study of the Women's Health Initiative. *Archives of Ophthalmology* 126: 354-364. Doi: 10.1001/archophth.126.3.354.
- Naumann K, Basler R. 1993. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Verlag Neumann - VDLUFA Methodenbuch, Band III., Neudamm, Melsungen, 3. Auflage.
- Nys Y, Guyot N. 2011. Egg formation and chemistry. In: Nys Y, Bain M, Immerseel FV, editors. Improving the safety and quality of eggs and egg products. Woodhead Publishing Ltd. p. 83-132.
- Olsen P. 1996. Canthaxanthin. In: Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants in food, WHO Food. Additives Series 35, WHO, Geneva, Switzerland.
- Olson JB, Ward NE, Koutsos EA. 2008. Lycopene incorporation into egg yolk and effects on laying hen immune function. *Poultry Science* 87: 2573-2580. Doi: 10.3382/ps.2008-00072.
- Orhan C, Kucuk O, Sahin N, Tuzcu M, Sahin K. 2021. Lycopene supplementation does not change productive performance but lowers egg yolk cholesterol and gene expression of some cholesterol-related proteins in laying hens. *British Poultry Science*, 62:2, 227-234, Doi: 10.1080/00071668.2020.1839017
- Ortiz D, Lawson T, Jarrett R, Ring A, Scoles KL, Hoverman L, Rocheford E, Karcher DM, Rocheford T. 2021. Biofortified orange corn increases xanthophyll density and yolk pigmentation in egg yolks from laying hens. *Poultry Science* 100 (7): 101117. Doi: 10.1016/j.psj.2021.101117.
- Perry A, Rasmussen H, Johnson E. 2009. Xanthophyll (lutein, zeaxanthin) content in fruits, vegetables and corn and egg products. *Journal of Food Composition and Analysis* 22: 9-15. Doi: 10.1016/j.jfca.2008.07.006.
- Pitargue FM, Kang, HK, KiL, DY. 2019. Lutein-enriched egg production for laying hens. *World's Poultry Science Journal* 75: 633-645. Doi: 10.1017/S0043933919000552.
- Resmi Gazete, 2014. Yumurtacı Tavukların Korunması ile İlgili Asgari Standartlara İlişkin Yönetmelik. Resmi Gazete, Tarih: 22.11.2014, Sayı: 29183.
- Ribaya-Mercado JD, Blumberg JB. 2004. Lutein and zeaxanthin and their potential roles in disease prevention. *Journal of the American College of Nutrition* 23 (6): 567-587. Doi: 10.1080/07315724.2004.10719427.
- Romanoff AL, Romanoff AJ. 1949. *The Avian Egg*. New York USA, John Wiley & Sons Inc.
- Sahin N, Sahin K, Onderci M, Kartepe M, Smith MO, Kucuk O. 2006. Effects of dietary lycopene and vitamin e on egg production, antioxidant status and cholesterol levels in japanese quail. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences* 19 (2): 224-230. Doi: 10.5713/ajas.2006.224.
- Santos-Bocanegra E, Ospina-Osorio X, Oviedo-Rondon EO. 2004. Evaluation of xanthophylls extracted from *Tagetes erectus* (marigold flower) and *Capsicum sp.* (red pepper paprika) as a pigment for egg-yolks compare with synthetic pigments. *International Journal of Poultry Science* 3 (11): 685-689. Doi: 10.3923/ijps.2004.685.689.
- SAS, 1998. *PC SAS User's Guide: Statistics*. SAS Inst. Cary.
- Skřivan M, Englmaierová M, Skřivanová E, Bubancová I. 2015. Increase in lutein and zeaxanthin content in the eggs of hens fed marigold flower extract. *Czech Journal of Animal Science* 60 (3): 89-96. Doi: 10.17221/8073-CJAS.
- Skřivan M, Marounek M, Englmaierová M, Skřivanová E. 2016. Effect of increasing doses of marigold (*Tagetes erecta*) flower extract on eggs carotenoids content, colour and oxidative stability. *Journal of Animal and Feed Sciences* 25: 58-64 Doi: 10.22358/jafs/65588/2016.
- Spasevski N, Puvača N, Pezo L, Tasić T, Vukmirović Đ, Banjac V, Čolović R, Rakita S, Kokić B, Džinić N. 2018. Optimisation of egg yolk colour using natural colourants. *European Poultry Science/Archiv für Geflügelkunde* 82 (246): 1-17. Doi: 10.1399/eps.2018.246.
- Titcomb TJ, Cook ME, Simon PW, Tanumihardjo SA. 2019. Carrot leaves improve color and xanthophyll content of egg yolk in laying hens but are not as effective as commercially available marigold fortificant. *Poultry Science* 98 (10): 5208-5213. Doi: 10.3382/ps/pez257.
- Wertz K, Siler U, Goralczyk R. 2004. Lycopene: modes of action to promote prostate health. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 430 (1): 127-134. Doi: 10.1016/j.abb.2004.04.023.
- Zaheer K. 2017. Hen egg carotenoids (lutein and zeaxanthin) and nutritional impacts on human health: a review. *Cyt-Journal of Food* 15 (3): 474-487. Doi: 10.1080/19476337.2016.1266033.