



Effects of Supplemented *Spirulina platensis* to Layer Diets on Egg Cholesterol Level and Fatty Acid Composition

Meltem Tufan^{1,a,*}, Hasan Rüştü Kutlu^{2,b}

¹Departement of Animal Production and Technologies, Faculty of Applied Sciences, Muş Alparslan University, 49250 Muş, Turkey

²Departement of Animal Science, Faculty of Agriculture, Çukurova University, 01330 Adana, Turkey

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Research Article</p> <p>Received : 16/11/2020 Accepted : 01/02/2021</p> <p>Keywords: Laying hens <i>Spirulina platensis</i> Egg Yolk cholesterol Yolk fatty acid composition</p>	<p><i>Spirulina platensis</i> is a photosynthetic, single-cell microalgae. Microalgae could be utilized for the production of several chemicals which are either unique to the algae or found at relatively high concentrations and command a high market value. In this respect, <i>Spirulina</i> is one of the more promising microalgae. It is especially rich, relative to other sources, in the polyunsaturated fatty acid γ-linolenic acid (GLA) and in pigments such as phycocyanin, myxoxanthophyl and zeaxanthin. <i>Spirulina</i> containing 5-6% total lipid ratio, 1.5-2% polyunsaturated fatty acids (PUFAs), contains 36% of α-linoleic acid as total PUFAs. It also contains precious fatty acids such as Linoleic Acid, Stearidonic Acid, Eicosapentaenoic Acid, Dodosahexaenoic Acid, Arachidonic Acid. The present study was conducted to evaluate whether dietary <i>Spirulina</i> would affect egg cholesterol level and fatty acid composition of ATA-K-S. Seventy two similar weight layer hens at the 38 weeks age were randomly divided to four groups comprising 18 birds each. The hens were fed with standard layer diets containing %0, %0.5, %1, %2 <i>Spirulina</i> for 8 weeks. The hens were housed in individual cages. 16:8 hours light:dark photoperiod was employed. Feed and water were given ad libitum. Egg cholesterol was assessed by weekly and the fatty acid composition of the egg yolk was analyzed at the end of experimental period. The results showed that dietary supplemental <i>Spirulina</i> did not have significant effect on egg yolk cholesterol level, but the fatty acid composition is significant affected by the ratio of linolenic acids.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(3): 584-589, 2021

Yumurtacı Tavuk Rasyonlarına *Spirulina platensis* İlave Edilmesinin Yumurta Kolesterol Seviyesi ve Yağ Asit Kompozisyonuna Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 16/11/2020 Kabul : 01/02/2021</p> <p>Anahtar Kelimeler: Yumurtacı tavuk <i>Spirulina platensis</i> Yumurta Kolesterol Yağ asitleri</p>	<p><i>Spirulina platensis</i> tek hücreli, fotosentetik bir mikroalg türüdür. Hem insan hem de hayvan tüketimi için protein ve fonksiyonel gıda katkı maddesidir. Yapısında keşfedilen değerli fitonütrientler ve pigmentler sayesinde sağlıklı beslenme, nutrasötik ve farmasötik alanda yoğun ilgi görmüştür. %5-6 toplam lipit oranının, %1,5-2 oranında çoklu doymamış yağ asitleri içeren (PUFAs) <i>Spirulina</i>, toplam PUFAs değerinin %36'sı kadar α-linoleik asit içermektedir. Ayrıca Linoleik Asit, Stearidonik Asit, Eikosapentaenoik Asit, Dodosahexaenoik Asit, Araşidonik Asit gibi kıymetli yağ asitlerini de içermektedir. Bu çalışmada kahverengi yumurtacı tavuk (ATA-K-S) yemlerine ilave edilen <i>Spirulina</i> ununun yumurta sarısı yağ asit kompozisyonu ve yumurta sarısı kolesterol seviyesine etkisi belirlenmiştir. 72 adet benzer canlı ağırlıkta 38 haftalık yumurtacı tavuk, her birinde 18 hayvan bulunacak şekilde 4 gruba rastgele dağıtılmıştır. Bireysel kafes sisteminde barındırılan tavuklar 8 hafta süreyle denemede tutulmuş ve %0 (Kontrol), %0,5, %1, %2 (%KM' de) <i>Spirulina</i> unu içeren standart yumurtacı tavuk yemleriyle beslenmiştir. Deneme süresince 16:8 saatlik aydınlık:karanlık aydınlatma periyodu uygulanmıştır. Yem ve su ad libitum verilmiştir. Deneme sonucunda kontrol grubu ile kıyaslandığında, muamele grupları yumurta sarısı kolesterol miktarları arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. Yağ asidi kompozisyonuna ilişkin elde edilen bulgulara göre rasyona ilave edilen <i>Spirulina</i> unu gruplar arasında linolenik asit miktarları üzerine etkili olmuştur.</p>

^a meltemkalkantufan@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0002-3804-7571>

^c hrc@cu.edu.tr

^d <https://orcid.org/0000-0002-3891-1534>



Giriş

Yumurtacı tavuk yetiştiriciliğinde kaliteli yumurta elde etmek temel amaçtır. Yumurta kalitesini arttırmada ıslah ve genetik etkenlerden sonra en önemli faktör beslemedir. Günümüzde yumurta üretiminde kullanılan tavuklar yüksek verimli ticari hibritlerdir. Bu hayvanlara uygulanan besleme programı; yumurta üretimi yanında, yumurta kabuğunu, yumurta sarısını ve az da olsa yumurta bileşimini etkilemektedir. Özellikle fonksiyonel özelliği olan (kolesterolü düşük, omega-3 içeriği yüksek, vitamin veya minerallerce zenginleştirilmiş) yumurta üretimi yem ve beslemeye bağlı olabilmektedir.

Hayvanın sağlığının korunması ve istenilen düzeyde ürün verebilmesi ancak enerji, protein, yağ, vitamin ve minerallerin eksiksiz karşılanması ile mümkündür. Bunun yanı sıra normal şartlarda ihtiyaç duymadıkları ancak yemlere katıldıklarında besin maddelerinin bozulmalarını engelleyen, sindirilmesi, emilmesi ve taşınmasına yardımcı olan, verim miktarını arttıran ve iyileştiren, ekonomik yararlar sağlayan ürünler bulunmaktadır. Bunlar genel olarak “Yem Katkı Maddeleri” ya da “Fonksiyonel Gıda” olarak tanımlanmaktadır (Özçeli, 2007; Açıkgoz ve Öneç, 2006). Hayvan sağlığının korunarak, ürün verim ve kalitesini arttırmaya yönelik, rasyona eklenen fonksiyonel yem katkı maddeleri uygulamalarında pigment maddelerince zenginleştirilmiş yumurta, düşük kolesterolü yumurta, Omega-3 yağ asitlerince zenginleştirilmiş yumurta ve konjuge linoleik asitçe zenginleştirilmiş yumurta çalışmaları örnek verilebilmektedir (Anderson ve ark., 1991; Cherian ve ark., 1996; Galobart ve ark., 2001; Narahari ve ark., 2009).

Siyanobakteri olan *Spirulina platensis*, mikroalgal türler arasında ekonomik ve ekolojik potansiyele sahip olan önemli bir fonksiyonel gıda katkı maddesidir (Fox, 1996). *Spirulina* yapısındaki esansiyel amino asitler, karotenoidler, vitaminler, mineraller ve γ -Linolenik Asit (GLA) ağırlıklı olmak üzere yağ asitleri bakımından keşfedildiğinden bu yana insan gıdası olarak kullanılmaktadır. Protein değerindeki yükseklik başta olmak üzere 30 yılı aşkın süredir hayvan besleme çalışmalarında da kullanılmaktadır (Belay ve ark., 1993). *Spirulina* yetiştirildiği ortama bağlı olarak, 55-70 %KM oranında ham protein içeren güçlü bir protein kaynağıdır (Phang ve ark., 2000). Yetiştirilme ortamına bağlı olarak değişmekle beraber %5-6 toplam lipit oranının, %1,5-2 oranında çoklu doymamış yağ asitleri içeren (PUFAs) *Spirulina*, toplam PUFAs değerinin %36'sı kadar α -linoleik asit (omega-3) içermektedir. Ayrıca Linoleik, Stearidonik, Eikosapentaenoik, Dodosahexaenoik, Araşidonik asit gibi esansiyel yağ asitlerini de içermektedir (Cirik ve Gökpinar, 1993).

Yumurtacı tavuk rasyonlarında yeme ilave edilen *Spirulina*'nın yumurta sarı kolesterol seviyesini düşürdüğü bildirilmiştir (Sujatha ve Narahari, 2011). Bu durum, esas olarak *Spirulina*'nın içerdiği zengin antioksidan ve Omega-3 grubu çoklu doymamış yağ asitlerince ilişkilendirilmiştir (Rajasha ve ark., 2011; Sujatha ve ark., 2011). Bu araştırma yumurtacı tavuk rasyonlarına ilave edilen farklı düzeylerdeki *Spirulina*'nın yumurta kolesterol seviyesi ve yumurta sarısı yağ asit kompozisyonuna olan etkisini ortaya koymak amacıyla

yürütülmüştür. Sonuç olarak yumurta rasyonlarında yer alacak farklı düzeylerdeki *Spirulina* ile yumurtanın kolesterol içeriğinin düşürülmesi, doymamış yağ asidi kompozisyonunun artırılması ve böylece ürün kalitesinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Spirulina platensis

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Yemler ve Hayvan Besleme A.B.D. Laboratuvar ortamında kuru yumurtacı tavuk gübresi kullanılarak yetiştirilen, hasat edilen ve öğütülerek alg unu haline getirilen *Spirulina platensis* yumurtacı tavuk rasyonlarında yem katkı maddesi olarak kullanılmıştır.

Rasyona ile edilen *Spirulina platensis*'in kuru madde, ham kül, ham yağ, ham protein ve ham selüloz analizleri Weende analiz sistemine göre yapılmıştır (AOAC, 1998). *Spirulina* ununun besin madde kompozisyonu Çizelge 1' de verilmektedir.

Kuru yumurtacı tavuk gübresi kullanılarak yetiştirilen *Spirulina* ununun yağ asit kompozisyonu Folch ve ark. (1957)'nin bildirdiği yöntemle göre tayin edilmiştir. Analiz sonucunda *Spirulina* ununun yağ asit kompozisyonu Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 1. *Spirulina platensis* besin madde analiz sonuçları
Table 1. *Spirulina platensis* nutrient analysis results

<i>Spirulina</i> Unu Besin Madde İçeriği	% Kuru madde
Kuru Madde	93,90
Ham Kül	8,35
Ham Yağ	1,50
Ham Protein	61,77
Ham Selüloz	2,61

Çizelge 2. *Spirulina platensis* % yağ asit kompozisyonu
Table 2. *Spirulina platensis* % fatty acid composition

Kimyasal Adı	Karbon Sayısı	Yağ %
Kaprilik Asit	C8:0	0,12
Kaprik Asit	C10:0	5,35
Miristik Asit	C14:0	0,32
Palmitik Asit	C16:0	35,38
Palmitoleik Asit	C16:1	4,59
Heptadekoneik asit	C17:0	0,3
Stearik Asit	C18:0	1,22
Oleik Asit	C18:1n9	5,88
Vaksenik Asit	C18:1n7	1,19
Linoleik Asit	C18:2 n6	17,64
Alfa-Linolenik Asit	C18:3n6	0,14
Linolenik Asit	C18:3n3	16,9
Araşidik Asit	C20:0	3,9
Cis-11-Eikosenoik Asit	C20:1n9	0,42
Araşidonik Asit	C20:4 n6	0,28
EPA (Eikosapentaenoik Asit)	C20:5n3	0,4
DHA (Dekosahekzaenoik Asit)	C22:6n3	0,07
Diğer		5,9
Toplam Yağ (%KM' de)		1,5

Hayvan Materyali

Araştırmada hayvan materyali olarak; Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Yumurtacı Tavuk Ünitesi'nden temin edilen 38 haftalık, 72 adet ticari kahverengi yumurtacı tavuk (ATAK-S) kullanılmıştır.

Yem Materyali

Denemelerde yem materyali olarak standart (prebiotik, probiyotik, enzim, özel katkı maddesi içermeyen, mısır-soyaya dayalı) 1. Dönem Yumurtacı Kafes Tavuk Yemi kullanılmıştır. İzokolarik ve izonitrojenik özellikteki yemler, denemelerin modeline uygun şekilde belirlenen Spirulina oranlarını içerecek şekilde formüle edilmiştir. Deneme süresince hayvanlara optimum yumurtlama dönemi yem tüketim (72 hafta) göz önünde bulundurularak günlük 120 gram yem verilmiştir. Weende analiz sistemine göre yapılmış kafes tavuğu birinci dönem yumurta yemine ait hammadde bileşimi ve hesaplanmış besin madde içeriği Çizelge 3'de verilmektedir.

Deneme Planı

Tesadüf parselleri deneme planına uygun olarak 8 hafta yürütülen araştırmada, 72 yumurtacı tavuğun bulunduğu 4 muamele grubu (4 Muamele Grubu × 18 Tekerrür=72 Alt Grup) deneme odasında 72 bireysel bölmeleri olan kafeslere yerleştirilmiştir. Muamele gruplarına uygulanacak besleme metodu Kontrol (Spirulina unu katkısı yok), Standart Yem+%0,5 Spirulina unu, Standart Yem+%1 Spirulina unu, Standart Yem+%2 Spirulina unu şeklinde düzenlenmiştir.

Yumurta Sarısı Yağ Asit Kompozisyonunun Belirlenmesi

Sekiz haftalık deneme sonunda Spirulina'nın yumurtacı tavuk rasyonlarında kullanımının yumurta sarısı yağ asitleri üzerine etkisi, deneme sonunda her gruptan alınan 5'er örnek olmak üzere toplam 20 yumurta sarısında belirlenmiştir (Folch ve ark., 1957). Yağ asitlerinin metil esterlerinin analizi Shimadzu GC-14-A (Gaz Kromatografi) cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

Yumurta Sarısı Kolesterol İçeriğinin Belirlenmesi

Tavukların yumurta sarısı kolesterol içeriğinin belirlenmesi için, her alt gruptan her hafta 5'er adet olmak üzere her bir grup için haftalık 20, toplamda 160 adet yumurta, spektrofotometrik yöntemle analiz edilmiştir. Buna göre haşlanmış yumurta sarıları homojenize edilerek, alkolde çözdürülmüş ve süzülen numuneler su banyosunda bekletildikten sonra santrifüj edilmiştir. Elde edilen supernatanta kolesterol kiti ilave edilerek 37°C'de 10 dakika bekletilmiş daha sonra spektrofotometrede 520 nm dalga boyunda okunmuştur. Okunan değerler metotda belirtilen formülde yerine konularak yumurta sarısı örneklerindeki kolesterol miktarı belirlenmiştir (Boehringer Mannheim Biochemica, 1995).

İstatistik Analizler

Denemede elde edilen veriler SAS (1996) paket programı kullanılarak deneme modeline uygun olarak General Linear Model (PROC GLM) prosedürü ile varyans analizine tabi tutulmuş, deneme grupları (Spirulina düzeyleri) arasındaki linear, kuadratik ve kübik ilişkiler

aynı paket programda ortogonal polinom kontrast uygulanarak belirlenmiştir (Bek ve Efe, 1988).

Çizelge 3. Denemeye ait yumurtacı tavuk yeminin hammadde bileşimi ve besin madde içeriği

Table 3. Ingredient and nutrient composition of the experimental diets given laying hens

Hammadde	g/kg
Mısır	519,81
Tam Yağlı Soya	156,15
Mermer Tozu	76,46
Ayçiçeği Küspesi (%34 HPr)	138,48
Buğday (Kırık)	50,00
Mısır Gluten Küspesi(%64 HPr)	30,00
DCP-18	19,95
Tuz	2,32
Sodyum Bikarbonat	1,81
DL-Metiyonin	1,79
L-Lizin	0,74
L-Treonin	0,50
Vitamin Önkarışımı*	1,00
Mineral Önkarışımı**	1,00
Toplam	1000,00
Analizle Bulunan Besin Madde İçeriği	
	%
Kuru Madde	89,76
Ham Protein	17,00
Ham Selüloz	5,04
Ham Yağ	5,31
Ham Kül	12,25
Hesaplanan Besin Madde İçeriği	%
Nişasta	37,27
Metabolik Enerji (kcal/kg)	2750
Lizin	0,75
Metiyonin	0,50
Metiyonin+Sistin	0,80
Triptofan	0,18
Treonin	0,66
Valin	0,36
Ca	3,50
Toplam Fosfor	0,72
Yararlanılabilir Fosfor	0,40
Ca/Yarar. P	8,75
Na	0,16
K	0,67
Cl	0,21

*Her 2 kg'lık vitamin karışımı: 12 000 000 IU Vitamin A, 3 500 000 IU Vitamin D3, 100 g Vitamin E, 3 g Vitamin K3, 2,5 g Vitamin B1, 6 g Vitamin B2, 25 g Niasin, 12 g Ca-D-Pantotenat, 15 mg Vitamin B12, 1,5 g Folik Asid, 150 mg D-Biotin, 100g Vitamin C, 450 g Kolin Klorid vardır. **Her 1 kg'lık mineral karışımı:100 mg Manganez, 25 g mg Demir, 65 g Çinko, 15 g Bakır, 0,25 g, Kobalt, 1 g İyot, 0,2 g Selenyum vardır

Bulgular ve Tartışma**Rasyona Spirulina platensis ilavesinin Yumurta Sarısı Yağ Asit Kompozisyonuna Etkisi**

Rasyonda farklı düzeydeki Spirulina unu katkısının yumurta sarısı yağ asidi kompozisyonuna ilişkin sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre rasyona ilave edilen Spirulina unu yumurta sarısı yağ asit kompozisyonunda istatistiki olarak sadece Linolenik asit miktarları üzerine etkili olmuştur (P<0,05). Grupların yağ asit kompozisyon değerleri incelendiğinde en yüksek

linolenik asit miktarı kontrol grubunda gözlemlenirken en düşük değer rasyona %1 oranında Spirulina ilave edilen muamele grubunda tespit edilmiştir. Rasyona ilave edilen Spirulina'nın yumurtanın diğer yağ asit değerleri üzerine istatistiki olarak bir etkisi bulunmazken gruplar arasında Stearik asitte kübik, Linoleik asit, Omega-6 ve PUFA değerleri arasında kuadratik bir ilişki olduğu belirlenmiştir.

Yumurta sarısı içindeki yağların yağ asit bileşimi çoğunlukla yemlerin içindeki yağlar tarafından etkilenmektedir. Örneğin linoleik ve linolenik asitlerce zengin yem yağları yumurta içindeki doymamış yağ asitlerinin çoğalmasına neden olmaktadır (Kutlu, 2014). Linoleik asitten metabolik bir ürün olarak araşidonik asit, linolenik asitten ise DHA ve EPA oluşmaktadır.

Ticari yumurtalar Omega-6 serisi çoklu doymamış yağ asitlerince zengin (başlıca linoleik asit), buna karşın Omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri bakımından fakirdir (Surai ve Sparks, 2001). Yumurtanın Omega-3 yağ asitleri ile zenginleştirilmesi bu yağ asitlerince zengin yemlerin (balık unu, balık yağı, keten tohumu) yumurta tavuğu yemlerine ilave edilmesiyle mümkündür (Scheideler ve ark., 1997; Bond ve ark., 1997). Spirulina'nın yetiştirilme ortamının farklılığına bağlı olarak besin madde kompozisyonunda değişmektedir. Optimum yetiştirilme koşullarında, %5-6 toplam lipit oranının, %1,5-2 oranında çoklu doymamış yağ asitleri içeren (PUFAs) Spirulina, toplam PUFAs değerinin %36'sı kadar α -linoleik asit (omega-3) içermektedir. Ayrıca Linoleik Asit, Stearidonik Asit, Eikosapentaenoik Asit, Dodosahexaenoik Asit, Araşidonik Asit gibi esansiyel yağ asitlerini de içermektedir (Vonshak, 2002).

Yapılan analiz sonucunda gübre ortamında yetiştirilen ve rasyona ilave edilen *Spirulina platensis* ununun %1,5 oranında ham yağ içerdiği belirlenmiş ve bu yağ içeriğinin %1,22'sini stearik asit, %17,64'ünü linoleik asit, %16,9'unu linolenik, %18,6'sını omega-3 ve %35,01'ini çoklu doymamış yağ asitleri oluşturmuştur. En çok bulunan yağ asidi ise palmitik asit olup %35,38 oranında tespit edilmiştir. Linoleik ve linolenik esansiyel yağ asitleri hayvansal organizmalar tarafından sentezlenemeyen fakat bitkiler tarafından sentezlenebilen yağ asitleridir (Çelebi ve ark., 2017). Hayvansal organizmalarda 3-4 ve 6-7'nci karbon arasındaki çift bağlar sentezlenemediğinden omega-3 ve omega-6 serisi tüm yağ asitleri esansiyel nitelik taşırlar. Omega yağ asitlerinden omega-6 ve omega-9 yağ asitleri, kendi omega orijinine uyan yağ asitlerinden sentezlenebilirler. Ayrıca bu yağ asitlerinin, hayvansal organizmalarda omega serisi aynı olmak üzere, zincir uzama reaksiyonları ile diğer bileşiklere dönüştürülebilirler. Örneğin; Linolenik asit Eikosapentaenoik asit ve Dokosaheksenoik asite dönüşebilmektedir (Du ve Du, 2000; Eseceli ve ark., 2006; Haris ve ark., 2008). Nitekim çalışma sonucunda yumurta sarısı yağ asit kompozisyonunda görülen linolenik asit miktarında ki azalma dönüşüm metabolizması ile açıklanabilmektedir. Aynı sıra yağ asit kompozisyonunda önemli bir kompozisyon değişikliği olmaması, rasyona girilen Spirulina oranının miktarsal açıdan azlığına ve yine yapılan besin madde analizi sonucunda Spirulina'nın diğer besin maddelerine göre daha az oranda ham yağ içermesiyle açıklanmıştır.

Çizelge 4. Rasyonda farklı düzeylerdeki Spirulina kullanımının yumurta tavuklarının yumurta sarısı yağ asit kompozisyonu üzerine etkileri

Table 4. The effects of using different levels of Spirulina in the ration on the egg yolk fatty acid composition of laying hens

Yağ Asitleri (% Yağ)	Spirulina Unu Düzeyleri(%KM)				SED	Önem Düzeyi	Etkiler ¥		
	%0	%0.5	%1	%2			L	Q	C
Miristik	0,33	0,29	0,34	0,34	0,01	-	-	-	-
Palmitik	25,84	25,28	26,77	25,72	0,37	-	-	-	-
Palmitoleik	2,67	2,53	2,98	2,63	0,08	-	-	-	-
Heptadekanoik	0,16	0,17	0,16	0,18	0,007	-	-	-	-
Stearik	9,16	8,99	9,95	8,926	0,15	-	-	-	*
Oleik	31,85	31,55	33,66	30,85	0,51	-	-	-	-
Vaksenik	1,57	1,48	1,68	1,54	0,032	-	-	-	-
Linoleik	20,41	18,81	16,86	19,25	0,49	-	-	*	-
Alfalinoleik	0,14	0,13	0,15	0,15	0,001	-	-	-	-
Linolenik	1,03 ^a	0,96 ^a	0,79 ^b	0,97 ^a	0,028	*	-	*	-
Araşidik	0,03	0,04	0,03	0,04	0,005	-	-	-	-
Cis-11Eikosenoik	0,21	0,20	0,22	0,220	0,004	-	-	-	-
Araşidonik	0,12	0,06	0,06	0,12	0,015	-	-	-	-
EPA	0,04	-	0,03	0,02	0,005	-	-	-	-
DHA	1,09	0,99	1,20	1,12	0,045	-	-	-	-
Omega-3	2,16	1,95	2,00	2,10	0,052	-	-	-	-
Omega-6	20,67	18,99	17,08	19,47	0,49	-	-	*	-
Doymuş	35,52	34,78	37,25	35,20	0,49	-	-	-	-
MUFA	36,31	35,77	38,54	35,24	0,582	-	-	-	-
PUFA	22,83	20,95	19,08	21,57	0,522	-	-	*	-

Doymuş Yağ Asitleri: Miristik Asit+Palmitik Asit+Heptadekanoik Asit+Stearik Asit+Behenik Asit Tekli Doymamış Yağ Asitleri: Miristoleik Asit+Palmitoleik Asit+Heptadekanoik Asit+Oleik Asit Çoklu Doymamış Yağ Asitleri: Linoleik Asit+Linolenik Asit+Alfa Linolenik Asit+Dokosaheksaenoik Asit+Cis Dokosaheksaenoik AsitOmega-3: Linolenik Asit+EPA+DHAOmega-6: Linoleik Asit+Alfalinolenik Asit+Araşidonik Asit, L: linear etki, Q: Kuadratik etki, C: Kübik etki, *: P<0,05, **:P<0,01, ***:P<0,001

Çizelge 5. Rasyonda farklı düzeylerdeki Spirulina kullanımının yumurta tavuklarının yumurta sarısı ortalama kolesterol düzeyi üzerine etkileri (mg/g)

Table 5. Effects of different levels of Spirulina use in the ration on the average egg yolk cholesterol level of laying hens (mg/g)

Haftalar	Spirulina Unu Düzeyleri(%KM)				SED	Önem Seviyesi	Etkiler ¥		
	%0	%0,5	%1	%2			L	Q	C
1. hafta	12,45	11,34	11,89	11,88	0,21	-	-	-	-
2. hafta	11,12	12,16	12,04	11,81	0,32	-	-	-	-
3. hafta	11,31	11,90	12,33	11,83	0,34	-	-	-	-
4. hafta	10,63	10,76	10,81	11,81	0,32	-	-	-	-
5. hafta	11,90	10,52	10,99	10,86	0,26	-	-	-	-
6. hafta	11,14	11,80	11,75	12,22	0,32	-	-	-	-
7. hafta	12,49	11,38	11,95	11,78	0,34	-	-	-	-
8. hafta	10,79	10,67	12,18	11,86	0,27	-	-	-	-
Ortalama	11,48	11,32	11,74	11,76	0,08	-	-	-	-

L: linear etki, Q: Quadratik etki, C: Kübik etki, *: P<0,05, **:P<0,01, ***:P<0,001

Rasyona Spirulina platensis ilavesinin Yumurta Sarısı Kolesterol İçeriğine Etkisi

Kurutulmuş yumurtacı tavuk gübresinde yetiştirilen *Spirulina platensis* ilaveli (%0, %0,5, %1 ve %2 KM'de) yumurtacı tavukların yumurta sarılarında, sekiz haftalık, ortalama yumurta sarısı kolesterol içeriğine ait araştırma bulguları gram yumurtada mg olarak Çizelge 5'de verilmiştir. Buna göre kontrol grubu ile kıyaslandığında, muamele grupları yumurta sarısı kolesterol miktarları arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur (P>0,05). Sekiz hafta sonunda ortalama kolesterol düzeyi incelendiğinde rasyondaki Spirulina düzeyi gram yumurta sarısındaki mg kolesterol düzeyini istatistiki olarak etkilememekle birlikte en düşük rasyona %KM' de %0,5 ilave edilen muamele grubunda gözlenmiştir.

Mariey ve ark. (2012) yapmış oldukları bir çalışmada yumurtacı tavuk rasyonlarına 0, %0,10, %0,15 ve% 0,20 Spirulina ilave ederek deneme sonunda yumurta kalite ve performans değerlerini belirlemiştir. Rasyonda Spirulina miktarının artışına bağlı olarak yumurta sarısı toplam lipid ve kolesterol miktarında azalışın olduğunu öne sürmüşlerdir. Rasyona Spirulina ilave edilen yumurta tavuklarının yumurta sarılarındaki kolesterol ve toplam lipid miktarının düşmesini kan plazması ile ilişkilendirmişlerdir çünkü aynı istatistiki etki kan kolesterol seviyesinde de gözlenmiştir (P<0,01). Torres ve ark. (1998) ve Fong ve ark. (2000) rat ve kobay üzerine yapmış oldukları çalışmada rasyona Spirulina ilavesinin kan trigliserit ve kolesterol seviyesini azalttığını rapor etmişlerdir. Selim ve ark. (2018) çalışmalarında 160 yumurtacı tavuğa 4 farklı besleme metodu uygulamışlar ve rasyonlarına 0, %0,1, %0,2 ve %0,3 oranında Spirulina ilave etmişlerdir. Sonuç olarak gruplarda Spirulina ilavesinin artışına lineer oranda hem serum kolesterol seviyesinin hem de yumurta sarısı kolesterol seviyesinin azaldığını ileri sürmüşlerdir (P<0,01). Mevcut çalışma ön çalışmaları desteklememektedir. Bunun nedeni olarak hem mevcut çalışma ile önceki çalışmalarda rasyona ilave edilen Spirulina miktarı farklıdır hem de çalışmalarda kullanılan Spirulinanın yetiştirilme ortamı ile kaynaklı besin madde içeriği dolayısıyla içeriğinde ki yağ miktarı farklıdır. Örneğin rasyona girilen Spirulina miktarı oranı ile benzerlik gösteren Zahroojian ve ark. (2013) çalışmalarında, 63 haftalık 120 yumurtacı tavuk rasyonlarına 0, %1,5, %2,0 ve %2,5 oranında Spirulina ilave etmişler ve yumurta sarı kolesterol seviyesinde gruplar arasında istatistiki bir fark olmadığını belirtmişlerdir.

Sonuç

Spirulinanın yumurta kolesterolü ve yağ asidi kompozisyonu üzerine etkilerinin incelendiği çalışmada, yumurta sarısı kolesterol içeriğinin (mg/g) Spirulina oranlarına bağlı olarak gruplar arasında istatistiki açıdan önemli sayılabilecek bir farklılık oluşturmamıştır. Sayısal olarak incelendiğinde ise yumurta sarısı içeriğindeki en düşük kolesterol düzeyi rasyona %0,5 oranında Spirulina ilave edilen muamele grubunda gözlenmiştir. Yumurta yağ asit kompozisyonu incelendiğinde ise Linolenik asit düzeyi rasyondaki Spirulina düzeyinin artışına bağlı olarak gruplar arasında kuadratik ilişkili bir değişme göstermiş en düşük rasyona %1 oranında ilave edilen muamele grubunda gözlenirken en yüksek değerde kontrol grubunda tespit edilmiştir. *Spirulina platensis* hem insan hem de hayvan tüketimi için protein ve fonksiyonel gıda katkı maddesidir. Besin maddelerinde miktarsal olarak en fazla orana protein miktarı sahipken en düşük oranlarda ham yağ değerine sahiptir. Nitekim yapılan besin madde analiz sonuçlarında bu bilgiyi kanıtlamıştır. Bu nedenle literatürde yoğun olarak öncelikle protein kaynağı olarak kullanılma çalışmalarına rastlanmıştır. Aynı zamanda Spirulina'nın pigment bileşimi siyanobakterilere özgüdür. Klorofil-a, ksantofil ve beta karoten içeriği zengin olduğu için yine literatürde pigment kaynağı olarak beyaz et ve yumurta sarı pigmentasyon derecesini arttırma çalışmalarına da sıklıkla rastlanmaktadır. Mevcut çalışmada besin bileşenlerindeki düşük yağ oranı rasyonda yağ kaynağı olarak kullanılmaktan ziyade fonksiyonel yem katkı maddesi olarak kullanılması amaçlanmıştır ve bu amaçla literatür çalışmalarından daha yoğun miktarlarda rasyona Spirulina ilave edilmiştir ancak rasyondaki Spirulina miktarın oransal artışıyla paralel olarak yumurta sarısı kolesterol seviyesi ve yağ asit kompozisyonu değişmemiş ve beklenen fonksiyonellik gerçekleşmemiştir. Kolesterol düzeyinin değerlendirilmesinde tavsiye edilebilecek ve rasyona ilave edilebilecek optimum Spirulina değeri %0,5 KM' de olarak belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Açıkgöz Z, Önenç SS. 2006. Fonksiyonel yumurta üretimi. Hayvansal Üretim, 47(1): 36-46.
Anderson DW, Tang CS, Ross E. 1991. The xanthophylls of Spirulina and their effect on egg yolk pigmentation. Poultry Science, 70(1): 115-119.

- AOAC. 1998. *Official Methods of Analysis*. 16th Edition, AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Bek Y, Efe E. 1988. Araştırma ve Deneme Metotları 1. Çukurova Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Ders Kitabı, Adana.
- Belay A, Ota Y, Miyakawa K, Shimamatsu H. 1993. Current knowledge on potential health benefits of *Spirulina*. *Journal of applied Phycology*, 5(2): 235-241.
- Boehringer Mannheim GmbH Biochemica. 1995. *Methods of Biochemical Analysis and Food Analysis*. Mannheim, Germany, 26-28.
- Bond JM, Julian RJ, Squires EJ. 1997. Effect of dietary flaxseed on broiler growth, erythrocyte deformability, and fatty acid composition of erythrocyte membranes. *Canadian Journal of Animal Science*, 77(2): 279-286.
- Cherian G, Wolfe FW, Sim JS. 1996. Dietary oils with added tocopherols: effects on egg or tissue tocopherols, fatty acids, and oxidative stability. *Poultry Science*, 75(3): 423-431.
- Cirik S, Gökpinar Ş. 1993. Plankton bilgisi ve kültürü. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, 47: 131-133.
- Çelebi Ş, Kaya H, Kaya A. 2017. Omega-3 Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 32(2).
- Du M, Ahn DU, Nam KC, Sell JL. 2000. Influence of dietary conjugated linoleic acid on volatile profiles, color and lipid oxidation of irradiated raw chicken meat. *Meat Science*, 56(4): 387-395.
- Eseceli H, Değirmencioğlu A, Kahraman R, Üniv B, Bandırma MYO, Bandırma EEP. 2006. Omega yağ asitlerinin insan sağlığı yönünden önemi. *Türkiye*, 9: 403-406.
- Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J Biol Chem*, 226(1): 497-509.
- Fong B, Cheung M, Lee M. 2000. Effect of dietary *Spirulina* on plasma cholesterol and triglyceride levels in mice. In *Abstracts (Vol. 4)*.
- Fox RD. 1996. *Spirulina: Production and Potential*. Edisud.
- Galobart J, Barroeta AC, Baucells MD, Codony R, Ternes W. 2001. Effect of dietary supplementation with rosemary extract and α -tocopheryl acetate on lipid oxidation in eggs enriched with ω 3-fatty acids. *Poultry Science*, 80(4), 460-467.
- Harris WS, Lemke SL, Hansen SN, Goldstein DA, Dirienzo MA, Su H, Nemeth MA, Taylor ML, Ahmed G, George C. 2008. Stearidonic acid-enriched soybean oil increased the omega-3 index, an emerging cardiovascular risk marker. *Lipids*, 43(9): 805-811.
- Kutlu HR. 2014. Tavukların Beslenmesi. In: M. Türkoğlu ve M. Sarıca (Editör), *Tavukçuluk Bilimi (Yetiştirme, Besleme ve Hastalıklar)*, 4. Baskı, Bey Ofset Matbaacılık, Ankara, pp.405-560.
- Mariey YA, Samak HR, Ibrahim MA. 2012. Effect of using *Spirulina platensis* algae as a feed additive for poultry diets: 1-productive and reproductive performances of local laying hens. *Poult. Sci*, 32(1): 201-215.
- Narahari D, Manohar GR, Suba S, Thiruvengadam R. 2009. Performance and egg value enhancing abilities of herbal feed supplements in layer diets. *Indian Journal of Poultry Science*, 44(1): 55-58.
- Özçelik B. 2007. Fonksiyonel gıdalar ve sağlık: yeni ürün tasarımları. <https://www.foodelphi.com/fonksiyonel-gidalar-ve-saglik-yeni-urun-tasarimlari-dr-beraat-ozcelik/> (09.11.2020).
- Phang SM, Miah MS, Yeoh BG, Hashim MA. 2000. *Spirulina* cultivation in digested sago starch factory wastewater. *Journal of Applied Phycology*, 12(3-5): 395-400.
- Rajisha J, Madhusudhan B, Mahadevaswamy M, Rao RJ, Ravishankar GA, Kuarunakumar M. 2011. Flaxseed and *Spirulina* in designer eggs: A potent blended functional food and a smart food choice. *Functional foods in health and disease*. Food Science Publisher, Richardson (Dallas), TX, 124-139.
- Scheideler SE, Froning G, Cuppett S. 1997. Studies of consumer acceptance of high omega-3 fatty acid-enriched eggs. *Journal of Applied Poultry Research*, 6(2): 137-146.
- Selim S, Hussein E, Abou-Elkhair R. 2018. Effect of *Spirulina platensis* as a feed additive on laying performance, egg quality and hepatoprotective activity of laying hens. *Eur. Poult. Sci*, 82: 14-24.
- Sujatha T, Narahari D. 2011. Effect of designer diets on egg yolk composition of 'White Leghorn' hens. *Journal of food science and technology*, 48(4): 494-497.
- Surai PF, Sparks NHC. 2001. Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food. *Trends in food science and Technology*, 12(1): 7-16.
- Torres-Durán PV, Miranda-Zamora R, Paredes-Carbajal MC, Mascher D, Díaz-Zagoya JC, Juárez-Oropeza MA. 1998. *Spirulina maxima* prevents induction of fatty liver by carbon tetrachloride in the rat. *IUBMB Life*, 44(4): 787-793.
- Vonshak A, Lu C. 2002. Effects of salinity stress on photosystem II function in cyanobacterial *Spirulina platensis* cells. *Physiologia plantarum*, 114(3): 405-413.
- Zahroojian N, Moravej H, Shivazad M. 2013. Effects of dietary marine algae (*Spirulina platensis*) on egg quality and production performance of laying hens. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15: 1353-1360.