



## *Spirulina (Arthrospira): Potential Application as a Poultry Feed Supplement*

Meltem Tufan<sup>1,a,\*</sup>, Hasan Rüstü Kutlu<sup>2,b</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Production and Technologies, Faculty of Applied Sciences Muş Alparslan University, 40100 Muş, Turkey

<sup>2</sup>Department of Animal Science, Faculty of Agriculture Çukurova University, 01330 Adana, Turkey

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Review Article</p> <p>Received : 17/11/2020 Accepted : 08/07/2021</p> <p>Keywords: Microalgae Spirulina Functional nutrient Nutrient content Poultry</p>	<p><i>Spirulina platensis</i>, which cyanobacteria, is a crucial functional food additive. <i>Spirulina platensis</i> which is a photosynthetic microalgae, contains high crude protein content (62-70%) as well as precious metabolites. These proteins are mainly composed of essential amino acids. In line with the manufacture's demands, poultry producers use to natural, functional additives rather than synthetic additives. Studies on poultry have shown that Spirulina is a natural and functional nutrient. It was determined that Spirulina supports growth and development, increases fertility, improves carcass colour and egg yolk colour score, provides resistance to animal against diseases, and improves product quality. In this study were presented, the nutritional values of the microalgae species Spirulina were explained and the usability of the past and current sources and poultry rations. The basis for application as a poultry (broiler and laying hens) feed supplement is discussed.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(7): 1264-1269, 2021

## *Spirulina (Arthrospira): Kanatlı Kümes Hayvanlarında Yem Katkı Maddesi Olarak Kullanılma Potansiyeli*

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Derleme Makale</p> <p>Geliş : 17/11/2020 Kabul : 08/07/2021</p> <p>Anahtar Kelimeler: Mikroalg Spirulina Fonksiyonel madde Besin değeri Kanatlı kümes hayvanları</p>	<p>Siyanobakteri olan <i>Spirulina platensis</i> önemli bir gıda katkı maddesidir. Fotosentetik bir mikroalg olan <i>Spirulina platensis</i> yüksek oranda ham protein (%62-70) içeriğine sahiptir ayrıca kıymetli sekonder metabolitleri de içerir. Yapısında bulunan proteinler ağırlıklı olarak esansiyel amino asitlerden oluşur. Kanatlı hayvan yetiştiriciliğinde tüketici talepleri doğrultusunda üreticiler sentetik katkı maddeleri yerine doğal ve fonksiyonel besin katkı maddelerine yönelmiştir. Kanatlı kümes hayvanları üzerine yapılan çalışmalarda Spirulina'nın büyüme ve gelişmeyi desteklediği, kuluçka ve kuluçka sonrası performansı arttırdığı, yumurta sarı skoru ve ürün kalitesini iyileştirdiği, hastalıklara karşı direnç kazandırdığı dolayısıyla fonksiyonel bir yem katkı maddesi olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada Spirulina mikroalginin besin değeri ve kompozisyonu açıklanarak fonksiyonelliği ve kanatlı kümes hayvanları (etlik piliç, yumurtacı tavuk ve damızlık) rasyonlarında uygulanabilirliği çalışılmıştır.</p>

<sup>a</sup> [m.tufan@alparslan.edu.tr](mailto:m.tufan@alparslan.edu.tr)

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

<sup>b</sup> [hkrk@cu.edu.tr](mailto:hkrk@cu.edu.tr)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3891-1534>



## Giriş

Hayvanın sağlığını korunması ve istenilen düzeyde ürün verebilmesi; ancak ihtiyaç duyduğu enerji, protein, yağ, vitamin ve minerallerin eksiksiz karşılanması ile mümkündür. Bunun yanı sıra normal şartlarda ihtiyaç duymadıkları ancak yemlere katıldıklarında hastalık riskini azaltırken fizyolojik yararlar sağlayan, bağışıklık sistemini güçlendiren, besin maddelerinin bozulmalarını engelleyen, sindirilmesi, emilmesi ve taşınmasına yardımcı olan, verim miktarını arttıran ve iyileştiren, ekonomik yararlar sağlayan ürünler bulunmaktadır. Bunlar genel olarak "Fonksiyonel Yem Katkı Maddeleri" olarak tanımlanmaktadır (Açıkgöz ve Önenç, 2006; Özçelik, 2007; Çelik ve ark., 2012; Kutlu, 2014).

Türeticinin talepleri doğrultusunda, kanatlı üretiminde yetiştiriciler, yeme giren sentetik katkı maddelerinden ziyade doğal, fonksiyonel katkı maddelerini kullanmaya yönelmişlerdir. Esansiyel amino asit desteği olabilecek, dışa bağımlı olmayan, doğal ve fonksiyonel yem katkı maddesi olarak kullanılabilir ürün arayışı hızla devam etmektedir. Tüm bu sebepler, içerdiği kıymetli metabolitler; proteinler (özellikle esansiyel aminoasitler), karbonhidratlar, lipitler, mineraller, vitaminler ve antioksidan maddeler (karetonidler vb.) nedeniyle, tek hücre proteinleri olarak sınıflandırılan algal türler rasyonda kullanılabilir mi sorusunu akıllara getirmektedir.

Yakın zamanlarda algal biyoteknolojinin gelişmesine paralel olarak alg çeşitleri, biyoaktif bileşen kaynağı, farmasötik, özel kimyasal madde eldesi, sağlıklı besin kaynağı, aquakültür, atık su arıtımı, insan gıdası, hayvan yem katkı maddesi ve biyoyakıt kaynağı olarak da kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle *Spirulina*, *Chlorella*, *Haematococcus*, *Dunaliella* gibi oldukça kıymetli bileşenleri içeren mikroalg çeşitleri üzerine yoğun araştırmalar ve uygulamalar yapılmaktadır (Borowitzka ve Borowitzka, 1988; Lembi ve Waaland, 1988; Akatsuka, 1990; Radmer, 1996; Spolaore ark., 2006).

*Spirulina*, evrimsel kökeni 3,5 milyon yıl öncesine dayanan, yaşam döngüsünü sürdürebilmek için sucul ortamdaki CO<sub>2</sub> kullanan sucul fotosentetik bir alg türüdür. *Cyanophyceae* (Mavi-Yeşil Alg) sınıfından olan bu fotosentetik canlı, büyümek ve çoğalmak amacı ile yüksek güneş ışığı, yüksek sıcaklık ve alkali su ortamına ihtiyaç duymaktadır (Belay, 2013).

Biyokimyasal kompozisyonu ve besin değeri açısından oldukça zengin bileşenleri içeren *Spirulina*, yetiştirildiği ortama bağlı olarak kuru madde de %55-70 arasında ham protein (esansiyel aminoasitler dahil olmak üzere) içermektedir. Hayvansal kaynaklı (et, yumurta ve süt) proteinlerden daha az miktarda metionin, sistin ve lizin içerir; ancak bu oran soya kütüresi gibi bitkisel kaynaklı proteinlerden fazladır (Phang ark., 2000). Kanatlı kümes hayvanlarının rasyonlarında protein kaynağı olarak sıklıkla kullanılan soya kütüresi ve *Spirulina* mikroalgine ait besin madde kompozisyonları ve esansiyel amino asit içerikleri karşılaştırılmalı olarak Tablo 1' de sunulmuştur.

%5-6 toplam lipit oranının, %1.5-2 oranında çoklu doymamış yağ asitleri içeren (PUFAs) *Spirulina*, toplam PUFAs değerinin %36'sı kadar  $\alpha$ -linoleik asit (omega-3) içermektedir. Ayrıca linoleik asit, stearidonik asit, eikosapentaenoik asit, dodosaeheksaenoik asit, araşidonik asit gibi esansiyel yağ asitlerini de içermektedir.

Vitamin ve mineral içeriği bakımından oldukça zengin olan *Spirulina*, B<sub>1</sub> (tiyamin), B<sub>2</sub> (riboflavin), B<sub>3</sub> (nikotinamid), B<sub>6</sub> (pidoksin), B<sub>9</sub> (folik asit), B<sub>12</sub> (siyanokobalamin), Vitamin C, Vitamin D ve Vitamin E gibi önemli vitaminleri içermektedir. Zengin bir potasyum kaynağı olmasının yanı sıra kalsiyum, krom, bakır, demir, magnezyum, manganez, fosfor, selenyum, sodyum ve çinko da içermektedir. 100 g *Spirulina*'nın içerdiği vitamin ve enzim içeriği Tablo 2' de sunulmuştur.

Tablo 1. *Spirulina* ve soya kütüresi' nin kimyasal, enerji kompozisyonları ve esansiyel amino asit içerikleri (Alvarengo ve ark., 2011).

Table 1. Chemical and energy compositions of *Spirulina* and soybean meal (Alvarengo ve ark., 2011).

Kompozisyon	<i>Spirulina</i>	S.Kütüresi
Kuru madde (%)	88,08	89,01
Ham protein (%)	58,20	46,47
Toplam enerji (%)	4,286	3,952
Ethanol ekstraktı (%)	2,60	1,70
Ham lif (%)	0,78	4,91
ADF (%)	0,79	5,36
NDF (%)	10,61	11,42
Mineral madde (%)	8,44	5,97
Kalsiyum (%)	0,48	0,24
Toplam Fosfor (%)	1,06	0,46
Metabolik enerji (kcal/kg)	2,560	2,355
Azot dengesi korunan, gerçek metabolik enerji (kcal/kg)	2,204	2,083
Esansiyel amino asit içeriği (g/100 g protein)		
Aspartik asit	5,34	5,29
Serin	2,92	2,42
Glutamik asit	8,15	8,65
Prolin	2,15	2,36
Glisin	3,00	2,01
Alanin	4,54	2,02
Valin	3,34	2,03
Metiyonin	1,98	0,79
İzolösin	3,06	2,04
Lösin	4,84	3,40
Trosin	2,58	1,74
Sistin	0,72	0,59
Histidin	1,00	1,38
Lizin	2,72	2,80
Arginin	3,96	3,55

ADF: Asit deterjan içerisinde çözünmeyen selüloz, NDF: Nötral deterjan içerisinde çözünmeyen selüloz

Tablo 2. 100 gr *Spirulina*'nın vitamin ve enzim içeriği\*  
Table 2. Vitamin and enzyme content of 100 gr *Spirulina*

Vitamin A (Beta-karoten)	11,250 IU
Vitamin B <sub>1</sub> (Tiyamin)	75 µg
Vitamin B <sub>2</sub> (Riboflavin)	110 µg
Vitamin B <sub>3</sub> (Niyasin)	450 µg
Vitamin B <sub>6</sub>	15 µg
Vitamin B <sub>12</sub>	2,0 µg
Vitamin E	105 µg
İnositol	1,7 µg
Biyotin	0,8 µg
Folik Asit	4,5 µg
Pantotenik Asit	4,5 µg
Süperoksit dismutaz (S.O.D)	2250 IU

\*(Fox, 1996)

*Spirulina*'nın pigment bileşimi siyanobakterilere özgüdür. Fotosentetik bir canlı olduğu için yapısında bulunan değerli pigmentler gıda, eczacılık, tekstil ve kozmetik alanlarında kullanılabilir (Cohen ark., 1997; Sarada ve ark., 1999). Pigmentler dünya çapında nutrasötik maddeler olarak kabul edilmekte ve içerdiği kendine özgü doğal pigmentlerden dolayı kıymetli bir nutrasötik olarak tanımlanmaktadır (Belay ve ark., 1993; Cohen, 2017; Glazer, 1994). Klorofil pigmenti olarak kuru maddede %0,8-1,5 aralığında klorofil-a ihtiva eder. Soğukta kurutulmuş (freze-dried) *Spirulina*'da ksantofil içeriği oldukça önemli düzeydedir. Diğer başlıca karotenoidleri, beta karoten ve ksantofillerdir (miksokksantofil, zeaksantin, kriptoksantin, ekhinenon) (Paoletti ve ark., 1980). *Spirulina*'nın sahip olduğu doğal pigmentler ve miktarları Tablo 3' de sunulmuştur.

Tablo 3. *Spirulina*'da bulunan doğal pigmentler ve miktarları\*  
Table 3. Natural pigments and amounts in *Spirulina*

Pigment	Renk	% Kuru Madde
Fikosiyenin	Mavi	14
Klorofil	Yeşil	1
Karotenoidler	Turuncu	0,37
Karoten		0,20
Beta Karoten		0,17
Diğer Karotenler		0,03
Ksantofiller		0,17
Miksokksantofil		0,07
Zeaksantin		0,06
Kriptoksantin		0,01
Ekhinenon		0,01
Kantaksantin		0,02

\*(Belay, 1993)

### Broyler beslemede *Spirulina* kullanım çalışmaları

*Spirulina*, başlıca protein kaynağı olmak üzere 30 yılı aşkın süredir hayvan besleme çalışmalarında kullanılmaktadır (Belay ve ark., 1993). Günümüzde ise protein kaynağı olmasının dışında fonksiyonel yem katkı maddesi olarak kanatlı besleme alanının ortak çalışma konularını oluşturmuştur.

Kaoud (2015), etlik piliçler üzerine yapmış olduğu bir çalışmada rasyona 1g/kg *Spirulina platensis* ilavesinin deneme sonu canlı ağırlığını kontrol grubuna göre arttırdığını ve yemden yararlanma oranını %6,3 oranında iyileştirdiğini rapor etmiştir. Mariey ark. (2014), düşük oranlarda rasyona ilave edilen *Spirulina*'nın (%0,02 ve %0,03) etlik piliç performansını kontrol grubuna (%0 *Spirulina*) göre iyileştirdiği bildirilmiştir. *Spirulina*'nın besinsel değerine ve hayvan metabolizması üzerindeki fizyolojik fonksiyonu etlik piliçlerin büyüme performansı üzerinde olumlu sonuçlara neden olmaktadır (Park ve ark., 2018). Yapılan diğer çalışmada etlik piliç rasyonuna 2, 4 ve 8 g/kg oranında *Spirulina platensis* ilavesinin lineer doğrultuda yemden yararlanma oranını iyileştirdiğini ve canlı ağırlığı arttırdığı bildirilmiştir (Jamil ve ark., 2015). Park, Lee ve Kim (2018), broyler rasyonlarında farklı oranlarda (%0,0, %0,25, %0,5 ve %1) *Spirulina* kullandıklarında kontrol grubuna göre canlı ağırlık kazancını arttırdığını yemden yararlanma oranını ise

iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Shanmugapriya ve ark. (2015b), tarafından benzer sonuçlar rapor edilmiş buna ilave olarak etlik piliç rasyonuna %1 oranında *Spirulina* ilavesinin bağırsak villi hücre çapının artmasına ve bu artış sayesinde emilim kapasitesinin yükselmesine sebep olduğunu bildirmişlerdir. Ancak %1,5 oranında rasyona ilave edilen *Spirulina*'nın canlı ağırlık kazancını %0,5 ve %1 oranında katılan gruplara göre azalttığını da belirtmişlerdir. Bu sonucun rasyona ilave edilen *Spirulina*'nın %1,5 oranını aştığı takdirde karaciğer fonksiyonlarını etkileyerek metabolik rahatsızlıklara sebep olabileceğini ve dolayısıyla büyüme hızını azaltabileceğini bildirmişlerdir.

Etlik piliç rasyonlarına ilave edilen yüksek miktarda *Spirulina*'nın (%+20) yem tüketiminde ve canlı ağırlık kazancında azalmaya sebep olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Evans, Smith, ve Moritz, 2015; Ross ve Dominy, 1990). Austic ve ark. (2013) *Spirulina*'nın rasyona %20' nin üzerinde katıldığında etlik piliçlerde yarattığı bu ters etkinin hayvanlar tarafından istenmeyen tat ve kokusundan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

*Spirulina*'nın etlik piliçlerde karkas oranları üzerine olan etkiler incelendiğinde karkas oranını arttırdığı yapılan çalışmalarla rapor edilmiştir (Raju ve ark., 2004; Kaoud, 2012; Holman ve Malau-Aduli, 2013; Mariey ve ark., 2014). Raach-Maujahed ark. (2011), broyler rasyonlarında yeme ilave edilen %2,5 oranında *Spirulina*'nın karkas randımanını ilave edilmeyen kontrol grubuna göre arttırdığını rapor etmişlerdir.

Etlik piliçlerde rasyona ilave edilen *Spirulina*'nın villi uzunluğu ve intestinal besin absorpsiyonunda kritik rol oynadığı görülmektedir. Shanmugapriya ark. (2015a), *Spirulina*'nın rasyon katkı maddesi olarak kullanılmasının sonucunda canlı ağırlık kazancı, villus uzunluğu ve karkas etinde çoklu doymamış yağ asit miktarlarında iyileşme görüldüğünü rapor etmişlerdir. Yapılan çalışmaya göre rasyona ilave edilen 0, 1, 1,5 ve 2 g/kg oranlarında *Spirulina*, kontrol grubuna (+0 g/kg) göre lineer oranda villus uzunluğunu 132,82 µm oranında arttırmıştır yanı sıra duodenum kriypt derinliğini, jejunum kriypt derinliğini, ileum kriypt derinliğini azaltırken, duodenum kriypt villus oranını, jejunum villus uzunluğunu, ileum villus uzunluğu ve ileum kriypt villus oranını da arttırmıştır (P<0,05). Sonuç olarak *Spirulina* glutamik asit, prolin, glisin, alanin, metiyonin, lösin, lisin gibi yüksek kaliteli protein yapısı yanı sıra pepsin, pankreatin, pronaz gibi proteolitik enzimleri sayesinde bağırsak yüzeyinde absorpsiyon yüzeyini genişleterek nitrojen ve kuru madde sindirimini iyileştirmiştir (Park ve ark., 2018).

Son olarak etlik piliç rasyonlarına *Spirulina* ilave edilmesinin bağırsak mikroflorası üzerine etkileri incelendiğinde *Spirulina*'nın birçok patojenik mikroorganizmaya ve mantarlara karşı oldukça önemli bir antimikrobiyal etki gösterdiği unutulmamalıdır (Ferket ve ark., 2002). Nitekim rasyona *Spirulina* ilavesinin *E.coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* ile enfekte civcivlerde bakteri gelişimini durdurduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (Mala ve ark., 2009; Sivakumar ve Santhanam, 2011; Nuhu, 2013).

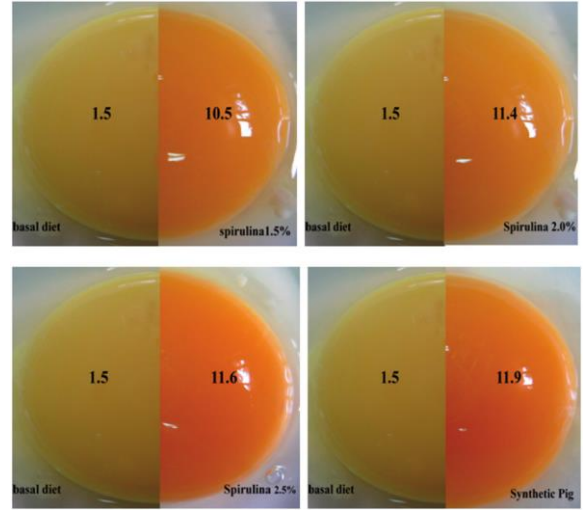
## Yumurtacı tavuk beslemede Spirulina kullanım çalışmaları

Birçok ülkede organik yumurta üretimi hızla artmaktadır. Bunun sebebi olarak tüketicilerin taze, sağlıklı, tat olarak tercih edilebilir, hormon, antibiyotik ve zararlı kimyasallar içermeyen, üretim kısmında çevreye daha az zararlı ve genetik modifiyeli olmayan ürünleri tercih etme sebebi yatmaktadır. Spirulina yumurtacı tavuk yetiştiriciliğinde hem fonksiyonel hem de doğal katkı maddesi olarak sıklıkla tercih sebebidir. Qureshi ark. (1996), yumurtacı tavuklar üzerine yapmış oldukları bir çalışmada yumurtacı tavuk rasyonuna 0, 10, 100, 1000 ve 10000 ppm oranlarında Spirulina ilave etmişler, çalışma neticesinde kanın makrofaj işlevi, antikor tepkisi ve fagositoz kapasitesini incelemişlerdir. Sonuç olarak 10000 ppm oranında rasyona ilave edilen Spirulina'nın hayvanların patojenlere karşı direncini arttırdığı tespit edilmiştir.

Yumurtacı tavuklarda Spirulina'nın yumurta verimine etkisinin incelendiği çalışmalarda, rasyona Spirulina ilave edilmesinin yumurta verimi (% randıman), toplam yumurta ağırlığı (g) ve ortalama yumurta ağırlığını iyileştirdiği bildirilmektedir (Nikodemusz ve ark., 2010; Mariey ve ark., 2012). Ancak yumurtacı tavuklarda rasyona yüksek dozda Spirulina ilavesinin (%4,8' den fazla) yumurta verimini ve ortalama yumurta ağırlığını düşürdüğü de yapılan çalışmalarla bildirilmiştir (Herber ve Van Elwyk, 1996; Peipei ve Sumin, 2018). Yüksek oranda Spirulina ilavesinde gözlemlenen bu negatif etkinin Spirulina'nın yetiştirilme ortamına bağlı olarak siyanotoksinlerle ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Neticede yetiştirilme ortamı eğer saf tutulmazsa birçok toksik mikroalglerde Spirulina ile aynı ortamda çoğalabilmektedir. Hayvan beslemede rasyona ilave edilen Spirulina'nın yetiştirildiği ortamın saf kültür olmasına dikkat edilmelidir.

Bazı araştırmacılar Spirulina ilave edilen rasyonlarla beslenen yumurtacı tavukların sindirim sisteminde gözlemlenen iyileşme, ishali önleme ve içerdiği kıymetli minerallerden dolayı yemden yararlanma oranını arttırdığını rapor etmişlerdir (Gruzauskas ve ark., 2004; Nikodemusz ve ark., 2010; Mariey ve ark., 2012). Durumun aksini iddia eden bir çalışmada ise Zahroojian ark. (2011), yumurtacı tavuk rasyonlarına %1,5, %2,0 ve %2,5 oranında Spirulina ilave etmişler ve Spirulina ilavesinin yemden yararlanma oranı, besin tüketimi ve ortalama yumurta ağırlığı üzerine etkili olmadığı sonucuna varmışlardır. Bu sonucun ise rasyona ilave edilen Spirulina oranının düşük olmasından kaynaklanabileceğini rapor etmişlerdir. Selim ark. (2018), ise rasyona ilave edilen %0,1, %0,2 ve %0,3 Spirulina'nın kontrol grubuna göre canlı ağırlık kazancını, yemden yararlanma oranını, yumurta üretim miktarını ve ortalama yumurta ağırlığını iyileştirdiğini aksine rapor etmişlerdir. Sonuç olarak yumurtacı tavuk rasyonlarında fonksiyonel katkı maddesi olarak Spirulina kullanım oranları yapılan çalışmalara göre herhangi bir netlik kazanamamıştır. Bu noktada hayvanın türü, yaşı ve çevresel koşul farklılığı göz önünde bulundurulmalıdır.

Yumurta kalitesi incelendiğinde Spirulina'nın içerdiği mikroalgal karotenoidler sayesinde yumurta sarı pigment derecesinde önemli bir miktarda artışa sebep olduğu gözle görülebilen bir gerçektir. Şekil 1' de bazal diyetle beslenen yumurtacı tavuklarda Spirulina ve diğer sentetik pigmentin yumurta sarı skoruna etkisi sunulmuştur.



Şekil 1. Farklı oranlarda yumurtacı tavuk rasyonlarına ilave edilen sentetik pigment ve Spirulina'nın yumurta sarısı renk skorlarının kıyaslanması (Zahroojian ve ark., 2011).

Figure 1. Comparison of egg yolk colour of control group with different additions of Spirulina and synthetic pigment (Zahroojian ve ark., 2011).

Kanatlı kümes hayvanları karotenoidleri kendileri üretemeyip besin maddelerinden temin ederler. Karotenoidler sadece yumurta sarısında değil kan, kas, karaciğer, yağ, deri ve tüy hücrelerinde de bulunurlar (Zahroojian ve ark., 2011). Yumurtacı tavuklar kas ve derilerinde depoladıkları pigment maddelerini yumurta sarı renklendirmesinde kullanırlar. Dolayısıyla bakım, besleme ve çevresel koşullar yumurta sarı pigmentlerini depolama kabiliyetlerinde oldukça önemlidir. Spirulina yumurtacı tavuk beslemede oldukça güçlü bir pigment kaynağıdır. İçerdiği aktif karotenoidler sayesinde rasyona ilave edildiğinde lineer oranda yumurta sarı pigment derecesini arttırmaktadır. Sadece yumurta sarısı değil aynı zamanda deri pigmentasyon oranını da iyileştirmektedir (Avila ve Cuca, 1974; Lorenz, 1999; Hammershoj, 1995; Yang ve ark., 2006)

Diğer bir yumurta kalite kriterlerinden olan kabuk kalınlığı incelenecek olursa yumurtacı tavuk rasyonuna ilave edilen 20g/kg Spirulina'nın kontrol grubuna göre yumurta kabuk ağırlığını arttırdığı bildirilmektedir (Doğan ve ark., 2016). Spirulina oldukça iyi bir mineral kaynağıdır bu nedenle yumurta kabuk kalınlığı üzerinde pozitif etki gösterebilir ancak Spirulina ile yumurtacı tavuklar arasında kurulan mineral metabolizması henüz açıkça ortaya konulmamıştır. Nitekim yumurtacı tavuk rasyonlarına ilave edilen %0, %0,1, %0,2, %0,3 oranında Spirulina'nın yumurta kabuğu oranı, sarı indeksi, haught birimi ve albümen yüzdesi üzerinde kontrol grubuna göre istatistiki olarak hiçbir farklılık ( $P>0,05$ ) göstermediği belirtilmiştir (Mariey ve ark., 2012).

## Damızlık tavuk beslemede Spirulina kullanım çalışmaları

Öncelikli olarak unutulmaması gerekir ki Spirulina potansiyel olarak kanatlı kümes hayvanlarının organik besleme sistemlerinde kullanılabilen yüksek besleyici içeriğe sahip fonksiyonel bir gıda katkı maddesidir. Damızlık tavukların rasyon kalitesi sağlıklı döl verimi ve

döllerin kuluçka süresinde depo besin maddelerinin kalitesi açısından oldukça önem taşımaktadır.

Civciv embriyolarının beslenmesi sırasında yumurta bileşenleri içerisinde antioksidan maddeler önemli rol oynamaktadır. Bunun sebebi dokularında biriken çoklu doymamış yağ asitlerinin kuluçka çıkışı sırasında lipit peroksidasyonuna sebep olarak hayvanda oksidatif strese sebebiyet vermesidir. Kuluçkadan yeni çıkan civcivler birçok enzim ve vitamini içeren antioksidan sistemlerle donatılmıştır. Spirulina manganez, selenyum, vitamin E, vitamin C, fikosiyenin ve B-karoten içeriği sayesinde antioksidan özelliğe sahip bir mikroalgdır (Stivala ve ark., 1996). Fikosiyenin peroksi radikalleri tarafından oluşturulan lipit peroksidanını engellediği bildirilmiştir (Bhat ve Madyastha, 2001).

Kuluçkadan çıkan civcivlerde damızlık rasyonları ve dolayısıyla yumurta PUFA kompozisyonu antioksidan aktivitenin düzenlenmesi açısından önem taşımaktadır. Damızlık diyetlerinde iki farklı  $\omega$ -3 kaynağı vardır. Alfa linoleik asit bitkisel kaynaklı yağlardan ve yağlı tohumlardan elde edilirken uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (EPA, DPA, DHA) balık yağı veya alglerden elde edilmektedir (Cherian, 2015). Dolayısıyla Spirulina damızlık beslemede oldukça kıymetli çoklu doymamış yağ asitleri kaynağıdır.

Dişi damızlıklar üzerine yapılan çalışmalarda rasyona Spirulina ilavesinin döllülük oranını ve yumurta verimini artırdığı yapılan çalışmalarla bildirilmiştir (Ross ve Dominy 1990; Nikodemusz ve ark., 2010). Spirulina' nın kullanılan rasyonlarda yumurta döllülük oranını %87' den %96 oranına yükselttiği belirtilmiştir (Ross ve Dominy, 1990). Samia ve ark. (2018), dişi yumurtacı tavuk rasyonlarına 0, 2 ve 3 g Spirulina/kg ilave ettikleri bir çalışmada kontrol grubuna göre kuluçka çıkış performansının ve döllülük oranının yükseldiğini bildirmişlerdir. Döllülük oranı kontrol (0 g/kg) grubunda %89,5 tespit edilirken rasyona 2 g/kg Spirulina ilavesinde %90,4, rasyona 3 g/kg Spirulina ilavesinde %94,4 olduğu rapor edilmiştir. Kuluçka çıkış performansında ise bu oran sırasıyla %80,6, %82,8 ve %84,2 tespit edilmiştir.

## Sonuç

Rasyona Spirulina ilavesi ile kanatlı kümes hayvanlarının performansı ve ürün kalitesinin artırılmasına yönelik çalışmalar oldukça ilgi görmektedir. Kanatlı kümes hayvanları uygulamalarında mikroalg biyoteknolojiyi geliştirebilmek için performans ve ürün kalitesi çalışmalarından ziyade spesifik araştırmalarında yapılması gerekmektedir. Spirulina' nın pigment kaynağı dışında özellikle yumurtacı tavuklarda rasyona ilave edilebilme miktarı ve metabolik sonuçları tam olarak bilinmemektedir. Bu nedenle sindirilebilirlik, işlevsellik, sağlık ve ürün kalitesi ile ilgili daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Özellikle üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizde su kaynakları oldukça fazladır dolayısıyla algal organizmalar kanatlı hayvan yetiştiriciliği için hem ekonomik hem de ekolojik uygulamalardır.

## Kaynaklar

Açıkgöz Z, Önenç S. 2006. Fonksiyonel yumurta üretimi. *Hayvansal Üretim*, 47(1): 36-46.

- Akatsuka I. 1990. Introduction to applied phycology. Balogh Scientific Books. ISBN: 9051030525
- Austic RE, Mustafa A, Jung B, Gatrell S, Lei XG. 2013. Potential and limitation of a new defatted diatom microalgal biomass in replacing soybean meal and corn in diets for broiler chickens. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 61:7341-48. <https://doi.org/10.1021/jf401957z>
- Avila E, Cuca M. 1974. Efectividad de la alga Spirulina geitleri sobre la pigmentacion de la yema de huevo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuaris* 1(26):47.
- 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. <https://doi.org/10.1007/BF00004024>
- Belay A. 2013. Biology and industrial production of Arthrospira (Spirulina). *Handbook of microalgal culture: applied phycology and biotechnology*, John Wiley & Sons. s. 339-358. ISBN:9781118567166
- Bhat VB, Madyastha, K M. 2001. Scavenging of peroxyntirite by phycocyanin and phycocyanobilin from Spirulina platensis: protection against oxidative damage to DNA. *Biochemical and biophysical research communications*, 285(2), 262-266. doi: 10.1006/bbrc.2001.5195.
- Borowitzka MA, Borowitzka, LJ. 1988. Micro-algal biotechnology. Cambridge University Press. 47(2), 181-182. ISBN 0-521-323495
- Çelik L, Kutlu HR, Şahan Z, Kiraz AB, Serbest U, Tekeli, A, Hesenov A. 2012. Yumurta tavukları rasyonlarına ilave edilen likopenin yumurtanın kolesterol seviyesi ve yağ asitleri kompozisyonuna etkileri. *Hayvansal Üretim*, 53(2), 1-7.
- Cherian G. 2015. Nutrition and metabolism in poultry: role of lipids in early diet. *Journal of animal science and biotechnology*, 6(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0029-9>
- Cohen Z, Qiang HU, Zheungu H, Richond, A. 1997. Enhancement of eicosapentaenoic acid (EPA) and  $\gamma$ -linolenic acid (GLA) production by manipulating algal density of outdoor cultures of Monodus subterraneus (Eustigmatophyta) and Spirulina platensis (Cyanobacteria). *European Journal of Phycology*, 32(1), 81-86. <https://doi.org/10.1080/09541449710001719395>
- Cohen Z. 2017. Products from microalgae. In *Handbook of Microalgal Mass Culture*, CRC Press, 421-454. ISBN: 9780203712405
- Dogan SC, Baylan M, Erdogan Z, Akpınar GÇ, Küçükgül, Düzgüner V. 2016. Performance, egg quality and serum parameters of Japanese quails fed diet supplemented with Spirulina platensis. *Fresenius Environmental Bulletin* 25 (12a): 5857-62.
- Evans AM, Smith DL, Moritz JS. 2015. Effects of algae incorporation into broiler starter diet formulations on nutrient digestibility and 3 to 21 d bird performance. *Journal of applied poultry research*, 24(2), 206-214. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv027>
- Ferket PR, Van Heugten E, Van Kempen TATG, Angel R. 2002. Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. *Journal of Animal Science*, 80(2), E168-E182. [https://doi.org/10.2527/animalsci2002.80E-Suppl\\_2E168x](https://doi.org/10.2527/animalsci2002.80E-Suppl_2E168x)
- Glazer AN. 1994. Phycobiliproteins family of valuable, widely used fluorophores. *Journal of Applied Phycology*, 6(2), 105-112. <https://doi.org/10.1007/BF02186064>
- Gruzauskas R, Lekavičius R, Racevičiūtė-Stupelienė A, Šašytė V, Tėvelis, V, Švirmickas GJ. 2004. Viščiukų broilerių virškinimo procesų optimizavimas simbiotiniiais preparatais. *Veterinarija ir zootechnika*, 28(50), 51-56.
- Herber SM, Van Elswyk ME. 1996. Dietary marine algae promotes efficient deposition of n-3 fatty acids for the production of enriched shell eggs. *Poultry Science*, 75 (12), 1501-1507. doi: 10.3382/ps.0751501

- Holman BWB, Malau-Aduli AEO. 2013. Spirulina as a livestock supplement and animal feed. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 97(4), 615-623. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2012.01328.x>
- Jamil AR, Akanda MR, Rahma MM, Hossain MA, Islam MS. 2015. Prebiotic competence of spirulina on the production performance of broiler chickens. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 2(3), 304-309. <http://dx.doi.org/10.5455/javar.2015.b94>
- Kaoud HA. 2015. Effect of Spirulina platensis as a dietary supplement on broiler performance in comparison with prebiotics. *Scientific Journal of Applied Research*, 1(2), 44-48.
- Kaoud HA, Mahran KM, Rezk A, Khalf MA. 2012. Bioremediation the toxic effect of mercury on liver histopathology, some hematological parameters and enzymatic activity in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Researcher*, 4(1), 60-70. doi: 10.7537
- 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.
- Lembi CA, Waaland JR. 1988. *Algae and human affairs*. Cambridge University Press, 69(3), 742. <https://doi.org/10.1017/S0025315400031210>
- Lorenz RT. 1999. A review of Spirulina and Haematococcus algae meal as a carotenoid and vitamin supplement for poultry. *Spirulina Pacifica Technical Bulletin*, 53, 1-14.
- Hammershøj M. 1995. Effects of dietary fish oil with natural content of carotenoids on fatty acid composition, n-3 fatty acid content, yolk colour and egg quality of hen eggs. *Archiv für Geflügelkunde*, 59(3), 189-197. ISSN: 0003-9098
- Mala R, Sarojini M, Saravanababu S, Umadevi G. 2009. Screening for antimicrobial activity of crude extracts of Spirulina platensis. *Journal of Cell and Tissue Research*, 9(3), 1951. ISSN: 0974- 0910
- 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. *Egyptian Poultry Science Journal*, 32(1), 201-215. Corpus ID: 34268496
- Mariey YA, Samak HR, Abou-Khashba HA, Sayed MAM, Abou-Zeid AE. 2014. Effect of Using Spirulina platensis Algae as Feed Additives for Poultry Diets. 2. Productive Performance of Broiler. *Egypt Poul. Sci*, 34, 245-258.
- Nikodémusz E, Páskai P., Tóth L, Kozák, J. 2010. Effect of dietary Spirulina supplementation on the reproductive performance of farmed pheasants. *Technical Articles-Poultry Industry*, 1-2. ISSN: 1682-8356
- Nuhu AA. 2013. Spirulina (Arthrospira): An important source of nutritional and medicinal compounds. *Journal of Marine biology*. <https://doi.org/10.1155/2013/325636>
- Özçelik B. 2007. Fonksiyonel Gıdalar ve Sağlık: Yeni Ürün Tasarımları. Şu adresten erişilebilir: <https://docplayer.biz.tr/1812900-Fonksiyonel-gidalar-ve-saglik-yeni-urun-tasarimlari-yrd-doc-dr-beraat-ozcelik.html> [Erişim tarihi 28 Haziran 2021]
- Paoletti C, Vicenzini M, Bocci F, Materassi R. 1980. Composizione biochimica generale delle biomasse di Spirulina platensis e Spirulina maxima. *Prospettive della coltura di Spirulina in Italia*. Roma: Consiglio Nazionale delle Ricerche, sy 111-125.
- Park WS, Kim HJ, Li M, Lim DH, Kim J, Kwak SS, Ahn MJ. 2018. Two classes of pigments, carotenoids and c-phycocyanin, in spirulina powder and their antioxidant activities. *Molecules*, 23(8), 2065. DOI: 10.3390/molecules23082065
- Peipei L, Sumin Z. 2018. Effect of Spirulina-Chinese herbal medicine on quality of eggs and serum biochemical indexes of egg-laying hens. *Indian Journal of Animal Research*, 52(3). DOI: 10.18805/ijar.v0iOF.9143
- 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. DOI:10.1023/A:1008157731731
- Qureshi MA, Garlich JD, Kidd MT. 1996. Dietary Spirulina platensis enhances humoral and cell-mediated immune functions in chickens. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, 18(3), 465-476. DOI: 10.3109/08923979609052748.
- Raach-Moujahed A, Hassani S, Zairi S, Bouallegue M, Darej C, Haddad B, Damergi, C. 2011. Effect of dehydrated Spirulina platensis on performances and meat quality of broilers. *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences*, 1(8), 505-509.
- Radmer RJ. 1996. Algal diversity and commercial algal products. *Bioscience*, 46(4), 263-270. DOI: <https://doi.org/10.2307/1312833>
- Raju MVLN, Rama Rao SV, Radhik K, Chawak MM. 2004. Effects of Spirulina platensis or furazolidone on the performance and immune response of broiler chickens fed with aflatoxin contaminated diet. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 21(1), 40-44. ISSN: 0970-3209.
- Ross E, Dominy W. 1990. The nutritional value of dehydrated, blue-green algae (Spirulina plantensis) for poultry. *Poultry Science*, 69(5), 794-800. DOI: 10.3382/ps.0690794.
- Sarada RMGP, Pillai MG, Ravishankar GA. 1999. Phycocyanin from Spirulina sp: influence of processing of biomass on phycocyanin yield, analysis of efficacy of extraction methods and stability studies on phycocyanin. *Process Biochemistry*, 34(8), 795-801. DOI: 10.1016/S0032-9592(98)00153-8
- Samia MM, Rizk AM, El-Sayed OA. 2018. Effect of supplementing diet with Spirulina Platensis algae or turmeric on productive and reproductive performance of Golden Montazah layers. *Egyptian Poultry Science Journal*, 38(1). ISSN: 1110-5623 (Print) – 2090-0570 (Online)
- 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. Poul. Sci*, 82, 14-24. DOI: 10.1399/eps.2018.227.
- Shanmugapriya B, Babu SS, Hariharan T, Sivanewaran S, Anusha, MB. 2015a. Dietary administration of Spirulina platensis as probiotics on growth performance and histopathology in broiler chicks. *Int. J. Recent Sci. Res*, 6(2), 2650-2653. ISSN: 0976-3031.
- Shanmugapriya B, Babu SS, Hariharan T, Sivanewaran S, Anusha MB, Raja PU. (2015b). Synergistic effect of Spirulina platensis on performance and gut microbial load of broiler chicks. *Indo-Asian Journal of Multidisciplinary Research* 1:149-55. ISSN: 0976-3031.
- Sivakumar J, Santhanam P. 2011. Antipathogenic activity of Spirulina powder. *Recent Research in science and Technology*, 3(4). ISSN: 2076-5061.
- Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A. 2006. Commercial applications of microalgae. *Journal of bioscience and bioengineering*, 101(2), 87-96. <https://doi.org/10.1263/jbb.101.87>.
- Stivala LA, Savio M, Cazzalini O, Pizzala R, Rehak L, Bianchi L, Prosperi E. 1996. Effect of  $\beta$ -carotene on cell cycle progression of human fibroblasts. *Carcinogenesis*, 17(11), 2395-2401. DOI: 10.1093/karsin/17.11.2395
- Yang YX, Kim YJ, Jin Z, Lohakare JD, Kim CH, Ohh SH, Chae BJ. 2006. Effects of dietary supplementation of astaxanthin on production performance, egg quality in layers and meat quality in finishing pigs. *Asian-australasian journal of animal sciences*, 19(7), 1019-1025. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.2006.1019>
- Zahroojian N, Moravej H, Shivazad M. 2011. Comparison of marine algae (Spirulina platensis) and synthetic pigment in enhancing egg yolk colour of laying hens. *British poultry science*, 52(5), 584-588. DOI: 10.1080/00076668.2011.10779.