



## The Effect of Red and White LED Light on Performance, Egg Quality and Some Behavior Characteristics of Laying Hens Raised in Enriched Cages

Nazlı Tez<sup>1,a</sup>, Mustafa Akşit<sup>1,b,\*</sup>

<sup>1</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Aydın, Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 18.08.2023 Accepted : 17.01.2024</p> <p><b>Keywords:</b> LED light Layer hen Sexual maturity Egg production Egg quality</p>	<p>The objective of this study was to determine the effect of red and white LED light on sexual maturity, performance, egg quality and some behavior characteristics of laying hens. A total of 432 sixteen-wk-old Brown layer pullets (Lohmann) were randomly allocated to 2 treatment groups, each with 12 replicates. Treatment groups were consisted of 1) Monochromatic red LED lighting and 2) White LED lighting. Birds were housed in enriched cages during the experiment (16-32 wk). It was determined that hens reached sexual maturity 5 days and peak egg production 4 days earlier under monochromatic red light than under white light and produced 2,05% more eggs during the experiment. In the same period, it was seen that there was no significant difference in feed consumption and feed conversion ratio (FCR) between the lighting groups. However, it was seen that the hens had better FCR values in red light at 21, 23-26 and 29 weeks when egg production was high. Egg weight and egg mass were higher in red light. Light color did not influence the egg quality characteristics, the rates of perch, nestbox use and cracked egg of laying hens. As a result, monochromatic red LED light treatment starting at the end of the growth period enabled the birds to reach sexual maturity earlier and produce more eggs during the laying period.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(3): 375-381, 2024

## Kırmızı ve Beyaz LED Işığın Zenginleştirilmiş Kafeslerde Yetiştirilen Yumurta Tavuklarının Performansı, Yumurta Kalitesi ve Bazı Davranış Özellikleri Üzerine Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 18.08.2023 Kabul : 17.01.2024</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> LED ışık Yumurtacı tavuk Eşeyssel olgunluk Yumurta verimi Yumurta kalitesi</p>	<p>Bu çalışmanın amacı, kırmızı ve beyaz LED ışığın yumurtacı tavukların eşeyssel olgunluğu, performansı, yumurta kalitesi ve bazı davranış özellikleri üzerindeki etkisini belirlemektir. On altı haftalık toplam 432 kahverengi yumurtacı yarka (Lohmann) rastgele her biri 12 tekerrürlü 2 uygulama grubuna ayrılmıştır. Uygulama grupları 1) Monokromatik kırmızı LED aydınlatma ve 2) Beyaz LED aydınlatma gruplarından oluşturulmuştur. Kanatlılar, deneme süresince (16-32 hafta) zenginleştirilmiş kafeslerde barındırılmıştır. Tavukların monokromatik kırmızı ışıkta beyaz ışığa göre eşeyssel olgunluğa 5 gün ve pik yumurta verimine 4 gün daha erken ulaştıkları ve deneme boyunca % 2,05 daha fazla yumurta ürettikleri belirlenmiştir. Aynı dönemde ışık renginin yem tüketimine ve yemden yararlanma oranına (YYO) etkisi önemli bulunmamıştır. Ancak, yumurta veriminin yüksek olduğu 21, 23-26 ve 29. haftalarda tavukların kırmızı ışıkta daha iyi YYO değerlerine sahip oldukları görülmüştür. Yumurta ağırlığı ve yumurta kitlesi kırmızı ışıkta daha yüksek bulunmuştur. Işık rengi, tavukların yumurta kalite özellikleri, tünek ve folluk kullanımı ve kırık yumurta oranı üzerinde önemli bir etkiye bulunmamıştır. Sonuç olarak, büyüme döneminin sonunda başlayan monokromatik kırmızı LED ışık uygulaması kanatlıların daha erken eşeyssel olgunluğa ulaşmalarını ve yumurtlama döneminde daha fazla yumurta üretmelerini sağlamıştır.</p>

<sup>a</sup> [nazlitez-zootekni@hotmail.com](mailto:nazlitez-zootekni@hotmail.com)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0001-6817-8134>

<sup>c</sup> [maksit@adu.edu.tr](mailto:maksit@adu.edu.tr)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8074-8208>



## Giriş

Kanatlılarda büyüme, üremeyi ve davranışları etkileyen ışık, gözler ve beyinde bulunan fotoreseptör hücreler aracılığıyla algılanmakta (Foster ve Follet, 1985), ve hipotalamus-hipofiz-gonadlar aksını (hypothalamic-pituitary-gonadal (HPG) axis) aktive etmektedir (Kumar ark., 2004). Kümeslerin aydınlatılmasında kullanılan ışığın süresi, şiddeti ve rengi (dalga boyu) yumurtacıların büyüme ve verim dönemlerinde farklı etkiler meydana getirmektedir. Kırmızı ışık kanatlıları sakinleştirmekte (Huber-Eicher ve ark., 2013) ve eşeyssel gelişimlerini olumlu etkilemektedir (Mendes ve ark., 2013). LED ışık kaynakları düşük enerji tüketimlerinin yanında farklı dalga boyuna sahip monokromatik ışık üreterek kanatlılara doğru ışık rengini sağlamakla birlikte gerekli olmayan ışık renklerine maruz kalmalarını da önlemektedir. Yumurtacılar LED ampullerle yürütülen çalışmalarda, beyaz ya da farklı renklerde monokromatik ışığın kanatlı performansı ve yumurta kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir (Karakaya ve ark., 2009; England, ve Ruhnke, 2020). Kırmızı ışık, kanatlılarda hipotalamik aksı uyurarak folikül uyarıcı hormon (FSH) ve lüteinleştirici hormon (LH) salınımını sağlayan gonadotropin salıcı hormon (GnRH) seviyesinin artmasına, yumurtalığın daha erken gelişmesine ve daha fazla yumurta üretimini sağlamaktadır (Pyrzak ve ark., 1987; Mobarkey ve ark., 2010; Gongruttananun, 2011; Baxter ve ark., 2014). Kanatlılarda büyüme döneminde dalga boyu kısa mavi ve yeşil ışıklar etkili olmaktadır (Bingöl ve Akşit, 2022). Yumurtacılar yumurtlama öncesi dönemde üreme sisteminin uyarılması için dalga boyu uzun kırmızı ışığa gerek duyulmakta (Kim ve ark., 2012; Baxter ve ark., 2014), bu dönemde kullanılan yeşil ışığın eşeyssel olgunluğu geciktirdiği ve verim döneminde yumurta üretiminin azalmasına neden olduğu bildirilmiştir (Yang ve ark., 2016). Yumurtacı tavuklarda kırmızı LED ışık yumurta verimini (Raziq ve ark., 2020), yeşil ve mavi LED ışık ise yumurta ağırlığını artırmıştır (Hassan ve ark., 2013). Er ve ark. (2007) akkor ışığın yumurta tavuklarında 19-52. haftalar arasında yumurta ağırlığını, yeşil LED ışığın yumurta kalitesini artırdığını ileri sürmüşlerdir. Farklı dalga boylarına sahip LED ampullerin ürettiği tek renkli ışıklarla ve diğer ışık kaynaklarıyla yürütülen çalışmalarda, kanatlı performansı, ürün kalitesi ve davranış özellikleri üzerine ışık renklerinin etkileri konusunda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Yumurtacıların farklı renkte LED ışıklarla aydınlatıldığı çalışmalarda genellikle kırmızı ışıkta tavukların daha erken eşeyssel olgunluğa ulaştıkları ve daha fazla yumurta ürettikleri görülmüştür (England, ve Ruhnke, 2020).

Tavuklar için elektromanyetik spektrumun görünen kısmı 400-700 nm'dir. Daha uzun dalga boyuna sahip kırmızı ışık doğrudan kafatasına ve beyne nüfuz ederek hipotalamusa ulaşırken, kısa dalga boylarını kullanan ışıkların hipotalamusu etkileyebilmesi için daha yüksek yoğunlukta olması gerekmektedir (Foster ve Follett 1985; Solangi ve ark., 2004; Baxter ve ark., 2014). Retina dışı fotoreseptörlerin elektromanyetik spektrumun kırmızı dalga boylarına duyarlı olduğu bildirilmiştir (Mobarkey ve ark., 2010). Bu nedenle yüksek dalga boyuna sahip kırmızı ışığın, ana renklerin karışımından oluşan beyaz ışığa göre yumurta tavuklarının üreme aksını daha güçlü bir şekilde uyuracağı ve eşeyssel olgunluğu olumlu etkileyerek performansı artırabileceği ön görülmüştür. Bu çalışmada,

yumurta tavuklarının monokromatik kırmızı ve beyaz LED ışıkla aydınlatılmasının yumurtlama öncesi dönemdeki gelişimlerine ve eşeyssel olgunluk sonrası yumurtlama devresindeki üretim performansı, yumurta kalitesi ve tünek-folluk kullanımına olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Hayvan Deneyleleri Yerel Etik Kurulunun (ADÜ-HADYEK) 2017/100 sayılı onayına istinaden, ADÜ Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Kanatlı Ünitesinde gerçekleştirilen bu çalışmada, Lohmann genotipinde 15 haftalık 432 adet kahverengi yumurtacı piliç,  $22 \pm 1$  °C sıcaklıkta birbirinden bağımsız 2 ünitenin bulunduğu çevre denetimli kümese yerleştirilerek 16. haftadan itibaren: 1) Kırmızı monokromatik LED (660 nm) ve 2) Beyaz LED (6500 K) ışıkla aydınlatılan 2 deneme grubuna ayrılmıştır. Denemede her biri 240x62,5 cm<sup>2</sup> taban alanına sahip, 68 cm yüksekliğinde toplam 24 bölmeden (tekerrür) oluşan zenginleştirilmiş kafesler kullanılmış, her bir bölmede 18 yumurta tavuğu yer almıştır. Deneme öncesi dönemde, beyaz LED ışık kullanılarak ilk üç gün 23A:1K, 10 lüks, daha sonra 15. haftaya kadar 12A:12K, 6 lüks aydınlatma uygulanmıştır. Denemede LED ampuller yerden 2,0 m yüksekliğe asılarak 15 lüks/m<sup>2</sup> ışık şiddeti ve 16A:8K aydınlatma uygulanmış, kanatlıların yeme ve suya ulaşmaları serbest olarak sağlanmıştır. Eşeyssel olgunluk öncesi dönemde ME 2751 Kcal/kg, HP % 17,32, Ca % 2,04, % 0,70 P ve verim döneminde ME 2754 Kcal/kg, HP % 17,03, % 3,75 Ca, % 0,74 P içeren yemler verilmiştir.

## İncelenen Özellikler

Yumurtacı piliçlerin ilk yumurtlama yaşı, tavukların %50 ve pik verimine ulaştıkları yaşlar ve bu dönemlerdeki canlı ağırlıkları uygulama grupları düzeyinde belirlenmiştir. Yumurta verimi, ağırlığı ve kitlesi, yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı haftalık olarak belirlenen verilerden ele alınan dönemlere göre hesaplanmıştır. Yumurta verimi; tavuk-gün esasına göre, yumurta ağırlığı ve kitlesi; günlük tartımlarla belirlenen yumurta ağırlıklarından hesaplanmıştır. Tüm bu özellikler grup düzeyinde belirlenmiştir. Yumurta üretiminin % 50 ve pik verim düzeyine ulaştığı dönemlerde her gruptan alınan 120, toplam 480 yumurta da kalite özellikleri (dış kalite: şekil indeksi, kırılma direnci, kabuk kalınlığı ve iç kalite: Ak ve sarı indeksi ve Haugh Birimi) belirlenmiştir. Bir cam masa üzerine kırılarak 10 da. bekletilen yumurtalarda iç kalite özellikleri saptanmıştır (Rauch W., 1958).

Şekil İndeksi: yumurtaların genişliği/uzunluğu x 100 formülü ile yumurtaların kırılma direnci; Zwick Roell-Z005 cihazına dikey olarak yerleştirilen yumurtaya güç uygulanmış ve çatladığı andaki kuvvet Newton (N) belirlenmiştir. Ak indeksi, Efil ve Sarıca (1997), sarı indeksi, Yardım ve Akşit (2021) ve Haugh Birimi, Haugh, (1937)'ye göre saptanmıştır. Ayrıca, tavuklarda kanibalizm, tünek ve folluk kullanımına ilişkin davranışlar da deneme süresince (16-32 hafta) saptanmıştır. Tünek davranışı sabah, öğle ve akşam ışıklar sönmeden önce günde 3 defa 15'er dk süreyle birbirinden bağımsız

ünitelerde yer alan ışık gruplarının bulunduğu kafes alanını görece şekilde yerleştirilmiş olan kamera sistemiyle kayıt alınmıştır. Bu kayıtlar daha sonra geriye dönük olarak incelenerek değerlendirilmiştir. Folluk kullanım davranışı, folluk ve kafes tabanı bölünerek ayrılmış, tavukların folluğa ve folluk alanı dışına yumurtladıkları yumurtalar ayrı ayrı günlük olarak gruplarda tekerrür düzeyinde kaydedilmiştir. Daha sonra bu davranışları gösterenlerle göstermeyenler oranlanarak hesaplanmış ve % olarak belirtilmiştir. Kanibalizm davranışı ise kafesler günlük olarak kontrol edilerek kanibalizm nedeniyle yaralı olanlar gruplarda tekerrür düzeyinde kaydedilmiş davranışı gösterenlerin oranı belirlenmiştir.

Denemede canlı ağırlık, deneme boyu kümülatif ve haftalık yumurta verimi, yumurta ağırlığı, yumurta kitlesi, yem tüketimi, yemden yararlanma oranı, yumurta kalite özellikleri ve tünek/folluk kullanımının ışık rengine bağlı değişimi bağımsız örneklem T testi ile ölüm oranı ise kikare ( $X^2$ ) testini kullanılarak analiz edilmiştir (SPSS, 2011).

## Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada tavukların eşeyssel olgunluk yaşı, %5 yumurta verim düzeyine ulaştığı gün olarak kabul edilmiştir (Shi ve ark., 2020). Denemede büyüme döneminin sonunda 16. haftadan itibaren monokromatik kırmızı LED ve beyaz LED ışıkla aydınlatılan kanatlıların eşeyssel olgunluk (%5), %50 ve en yüksek yumurta verim düzeyine ulaşma yaşları ve canlı ağırlıkları Çizelge 1’de verilmiştir. Işık rengi piliçlerin eşeyssel olgunluğa ulaşma yaşını ve ağırlığını etkilemiş ( $P<0,05$ ), monokromatik kırmızı ışıkta piliçler daha erken yaşta eşeyssel olgunluğa ulaşmış ve daha yüksek canlı ağırlığa sahip olmuşlardır ( $P<0,05$ ). Önceki çalışmalarda, dalga boyu uzun kırmızı ışığın (632 nm), beyaz floresan ışığına (Gongruttananun, 2011) ve dalga boyu daha kısa mavi (450-490 nm) (Kim ve ark., 2012) ve yeşil (490- 560 nm) (Baxter ve ark., 2014)

LED ışığa göre kanatlıların üreme aksını daha güçlü bir şekilde uyardığını, bu nedenle daha erken eşeyssel olgunluğa ulaştıklarını bildirilmiştir. Kırmızı ışığın üreme faaliyetlerini hızlandırdığı mekanizma(lar) retina dışı (ekstra-retinal) fotoreseptörlerle ilişkilidir (Kuenzel, 1993). Bununla birlikte, Gongruttananun, (2011); Kim ve ark. (2012) ve Baxter ve ark. (2014) kırmızı ışık, östradiol üretimini uyarmada en etkili ışık dalga boyu olmasına rağmen beyaz ışığın %33 kırmızı ışık içermesi nedeniyle benzer bir etki ortaya koymuş olabileceğinden yumurtacı piliçlerin eşeyssel olgunluğa ulaşmasında, kırmızı ve beyaz ışığın etkisi arasında önemli bir farkın olmadığını ileri sürmüşlerdir. Eşeyssel olgunluk yaşı olarak sürüdeki kanatlıların %50’sinin ilk yumurtalarını verdikleri yaşı kabul eden Huber-Eicher ve ark. (2013) ışık renginin eşeyssel olgunluk yaşını etkilemediği belirtmiştir. Öte yandan, Harrison ve ark. (1969) büyüme döneminde piliçleri mavi ve yeşil ışıkla aydınlatmanın beyaz ve kırmızı ışık uygulamasına göre 4-5 gün daha erken eşeyssel olgunluğa ulaştırdığını, Poudel ve ark. (2022) mavi LED ışıkta büyütülen piliçlerin sıcak beyaz (3000 K) LED ışıkta yetiştirilenlere göre eşeyssel olgunluk ağırlıklarının daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Denemede uygulanan ışık rengi tavukların %50 yumurta verimine ulaşma yaşını ve ağırlığını etkilememiş ( $P>0,05$ ), tavuklar kırmızı ışık altında pik verimine daha erken ulaşırken ( $P<0,05$ ), bu dönemde, ışık renginin canlı ağırlıklar üzerindeki etkisi önemsiz bulunmuştur ( $P>0,05$ ) (Çizelge 1). Bulgularımızda olduğu gibi Kim ve ark. (2012); Liu ve ark. (2018) yanı sıra %50 yumurta verimini eşeyssel olgunluk yaşı olarak kabul eden Yang ve ark. (2016) ışık renginin etlik damızlık tavukların %50 yumurta verimine ulaşma yaşını ve ağırlığını etkilemediğini bildirmişlerdir. Deneme boyunca kırmızı ve beyaz grupta yer alan tavuklardan edilen yumurta verimi, ağırlığı ve kitlesi, yem tüketimi (YT) ve yemden yararlanma oranı (YYO) Çizelge 2’ de yer almakta, bu özelliklere ait haftalık ortalamalar ise Şekil 1, 2, 3, 4 ve 5’ de verilmiştir.

Çizelge 1. Kırmızı ve beyaz LED ışık altında yumurta tavuklarının eşeyssel olgunluk, %50 ve pik yumurta verim yaşı (gün) ve ağırlığı (g)

Table 1. Sexual maturity, 50 % and peak egg production age (day) and weight (g) of laying hens under red and white LED light

Yumurta Verimi (%)	Işık			
	Tavuk	Kırmızı	Beyaz	P
E. O. (% 5)	Yaş	128±0,61	133±0,98	0,012
	Ağırlık	1405±9,90	1373±9,19	0,026
50	Yaş	141±0,77	143±0,39	0,065
	Ağırlık	1818±11,41	1804±11,41	0,372
Pik	Yaş	184±0,56	188±1,10	0,003
	Ağırlık	1908±13,64	1932±13,64	0,221

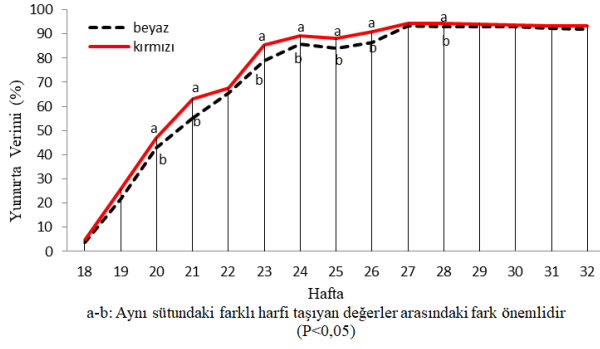
E. O: Eşeyssel Olgunluk

Çizelge 2. Kırmızı ve beyaz LED ışık altında yumurta tavuklarının 18-32 haftalık dönemde bazı verim özellikleri

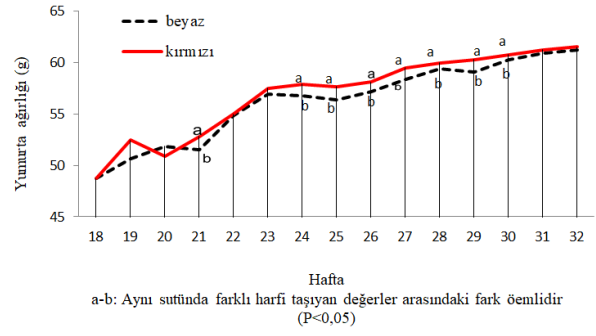
Table 2. Some performance characteristics of laying hens under red and white LED light in the period of 18-32 weeks

Işık	Özellikleri					
	YV(%)	YA(g)	YK(g)	YT(g)	YYO(g/g)	Ö.O(%)
Kırmızı	85,52	58,23	5633	12372	2,43	3,45
Beyaz	83,47	57,53	5443	12311	2,42	2,33
SH	0,53	39,48	39,48	33,63	0,06	-
Önemlilik, P						
Işık	0,007	0,007	0,001	0,365	0,973	0,140 ( $X^2$ : 2,182)

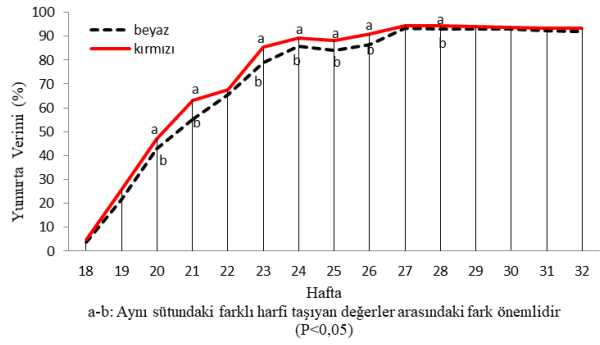
YV: Yumurta verimi, YA: Yumurta ağırlığı, YK: Yumurta kitlesi, YT: Yem tüketimi, YYO: Yemden yararlanma Oranı ve ölüm oranları (ÖO),  $X^2$ : Khi kare değeri



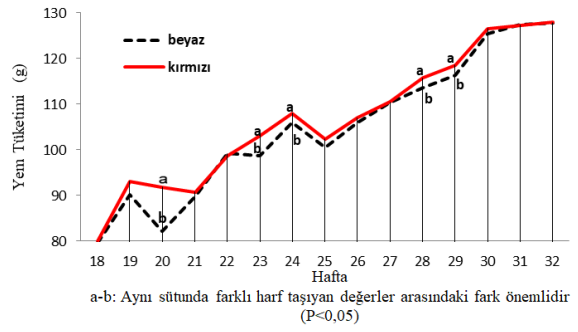
Şekil 1. Kırmızı ve beyaz LED ışık altında yumurta tavuklarının yumurta verimi  
Figure 1. Egg production of laying hens under red and white LED light



Şekil 2. Kırmızı ve beyaz LED ışık altında yumurta tavuklarının yumurta ağırlığı  
Figure 2. Egg weight of laying hens under red and white LED light



Şekil 3. Kırmızı ve beyaz LED ışık altında yumurta tavuklarının yumurta kitlesi  
Figure 3. Egg mass of laying hens under red and white LED light



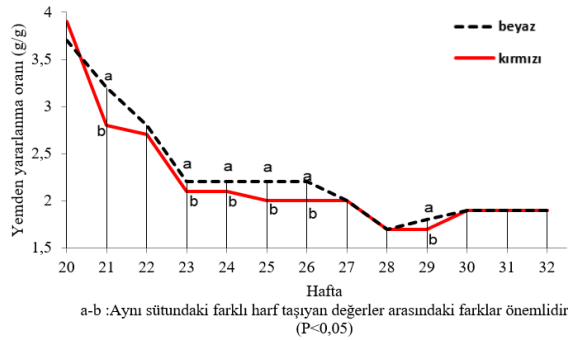
Şekil 4. Kırmızı ve beyaz LED ışık altında yumurta tavuklarının yem tüketimi  
Figure 4. Feed consumption of laying hens under red and white LED light

İncelenen bu özellikler üzerine kırmızı ve beyaz ışığın yukarıda belirtilen dönemlerdeki etkilerinin önemli olduğu belirlenmiştir ( $P<0,05$ ). Deneme boyunca monokromatik kırmızı ışıkta tavukların yumurta verimi, ağırlığı ve yumurta kitlesi beyaz ışığa göre daha yüksek bulunmuştur ( $P<0,05$ ), aynı dönemde, kırmızı ve beyaz ışığın yem tüketimi ve yemden yararlanma oranını etkilemediği ortaya çıkmıştır ( $P>0,05$ ). Mobarkey ve ark., (2010); Hassan ve ark. (2013); Raziq ve ark., (2020) bulgularımızla uyumlu olarak kırmızı ışığa maruz kalan yumurta tavuklarının beyaz ışığa göre daha fazla yumurta verdiklerini bildirmişlerdir. Baxter ve ark. (2014); Baxter (2015) ve Archer (2019) tavukların kırmızı ışıkta daha çok yumurta ürettiğini, ancak beyaz ışıkta üretilen yumurtalarla aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca, mavi ve yeşil ışığın yumurta ağırlığını artırdığı bu ışık renklerinin büyüme döneminde piliçlerin daha fazla büyüme hormonu salgılamalarına yol açtığı ve buna bağlı olarak tavukların canlı ağırlıklarının arttığını, yumurta ağırlığındaki farkın buradan kaynaklanmış olabileceğini ileri sürmüştür (Hassan ve ark., 2013). Öte yandan, kırmızı LED ışığın tavukların 22-30 haftalık verim döneminde yumurta verimini ve ağırlığını etkilemediği bildirilmiştir (Poudel ve ark. (2022). Er ve ark. (2007) kahverengi yumurtacı tavukların 19-37 haftalık üretim döneminde mavi LED ışıkta kırmızı, yeşil LED ve akkor ışığa göre daha fazla yumurta verdiğini belirtmişlerdir. Kim ve ark..(2012) yumurtacı tavuklarda 18-60 haftalık yumurtlama döneminde kırmızı ışıkla aydınlatmanın yumurta verimini olumlu etkilediğini, mavi

ışığa göre daha yüksek yumurta verimi elde edilmesine karşın beyaz ışıkla önemli bir verim farkının ortaya çıkmadığını, yumurta ağırlığının ise ışık renginden etkilenmediğini bildirmişlerdir. Kırmızı ve beyaz ışığın yumurta verimi üzerindeki etkisi önemli bulunmayan çalışmalarındaki farklılıklar, genotip, ışık kaynağı ve ele alınan yumurta verim dönemine bağlı olabileceği ileri sürülmüştür (Gongruttananun, 2011; Baxter 2015). Borille ve ark. (2013) kahverengi yumurtacı tavuklarda 56-72 haftalık dönemde mavi, sarı, yeşil, kırmızı LED ve akkor ışığın yumurta ağırlığını, yem tüketimini ve Haugh birimini etkilemediğini ve en yüksek yumurta veriminin kırmızı, beyaz LED ve akkor ışık altında elde edildiğini belirlemişlerdir. Diğer taraftan Huber-Eicher ve ark. (2013) etçi damızlık tavukların erken dönem (22. hafta) yumurta verimi üzerine ışık renginin etkisinin önemli olduğunu kırmızı ışıkta beyaz ve yeşil ışığa göre daha fazla yumurta üretildiğini bildirmiştir. Araştırma bulgularımız önceki çalışmalarla genel olarak benzerdir. Özellikle kırmızı LED aydınlatma grubunda yetiştirilen yumurta tavuklarının yumurta verimi, ağırlığı ve kitlesi beyaz ışıkta tavuklardan daha yüksek bulunmuştur. Kırmızı LED ışığın yumurta tavuklarının verim özellikleri üzerindeki etkisinin olumlu olduğunu ortaya koymaktadır. Tavukların haftalık yumurta verimleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Eşeyssel olgunluktan (18. hafta) başlayarak yumurta veriminin en yüksek düzeye ulaştığı pik dönemine (27. hafta) kadar geçen sürede, kırmızı ışığın beyaz ışığa göre yumurta verim artışına etkisi önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ) (Şekil 1). Benzer olarak, Yang ve ark. (2016) etlik

damızlık tavukların kırmızı ışıkta beyaz ışığa göre daha fazla yumurta verdiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda kırmızı ışık yumurta verimini, ağırlığını ve kitlesini önemli düzeyde artırmıştır ( $P<0,05$ ) (Şekil 2 ve 3). Yang ve ark. (2016) etlik damızlık tavukların kırmızı ışıkta beyaz ışığa göre daha fazla yumurta kitlesine sahip olduklarını, Raziq ve ark., (2020) bulgularımızdan farklı olarak tavukların beyaz ışıkta, kırmızı ışıkta üretilenden daha yüksek miktarda yumurta kitlesini ürettiklerini ileri sürmüşlerdir.

Deneme boyunca (18-32 hafta) tavukların tüketmiş oldukları yem miktarı (YT) ve yemi değerlendirme oranı (YYO) kullanılan ışık renginden etkilenmemiştir ( $P>0,05$ ) (Çizelge 2). Yumurta tavuklarını aydınlatılmak amacıyla kullanılan beyaz ve kırmızı ışığın, Huber-Eicher ve ark. (2013) 18-22. haftalarda YT'yi, Kamanlı ve ark. (2015) 18-52. haftalarda ve Archer (2019) 18-72. haftalar arasında YT ve YYO'yu etkilemediğini ortaya koymuşlardır. Öte yandan ışık renklerinin yumurtlama döneminin 18-30. haftaları arasında yemden yararlanma oranını etkilemediği, ancak kırmızı ışığın diğer ışık renklerine göre tavukların yemden yararlanma oranını olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Kim ve ark., 2012). Araştırma bulgularımızda da verim döneminde (18-32 hafta) tavukların YT ve YYO değerleri üzerine ışık renklerinin etkisinin önemli olmadığı ortaya çıkmıştır. Kırmızı ve beyaz LED ışıkta tavukların haftalara göre YT değeri Şekil 4'de, YYO değeri 5'de yer almaktadır. Kırmızı LED ışıkta tavukların 20, 23, 24, 28 ve 29. haftalarda daha fazla yem tükettikleri ( $P<0,05$ ) (Şekil 4) ve 21, 23, 24, 25, 26 ve 29. haftalarda yemden daha iyi yararlandıkları görülmüştür



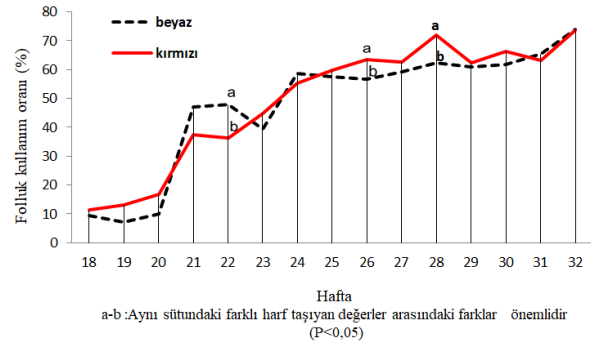
Şekil 5. Kırmızı ve beyaz LED ışık altında yumurta tavuklarının yemden yararlanma oranı

Figure 5. Feed conversion ratio of laying hens under red and white LED light

( $P<0,05$ ), (Şekil 5). Tavukların kırmızı ışıkta beyaz ışığa göre daha erken eşeyssel olgunluğa ulaşmaları, daha fazla yumurta üretmelerine ve daha ağır yumurta kitlesine sahip olmalarını sağlamıştır. Kırmızı ışık grubundaki tavuklar, beyaz ışık grubuna göre daha fazla yem tüketmelerine rağmen daha fazla yumurta kitlesi üretmiş olmaları nedeniyle Şekil 5'de belirtilen haftalarda yemden daha iyi yararlandıkları görülmüştür ( $P<0,05$ ).

Yumurtaların kalite özellikleri kullanılan ışık renklerinden etkilenmemiştir ( $P<0,05$ ) (Çizelge 3). İlgili çalışmalarda da bulgularımızla uyumlu olarak ışık renginin yumurtaların kalite özellikleri üzerindeki etkisinin önemli olmadığı bildirilmiştir (Borille ve ark., 2013; Raziq ve ark., 2020; Poudel ve ark., 2022). Yine Archer, (2019)'ın yumurtaların kırılma direnci ve Haugh biriminin beyaz ve kırmızı ışıktan etkilenmediğini ortaya koyduğu araştırma sonuçları bulgularımızı desteklemektedir. Kırmızı ışıkta yeşil ışığın yumurtaların kırılma direncini etkilemediği, yeşil ışıkta üretilen yumurtaların mavi ve akkor ışıkta üretilenlerden daha yüksek kırılma direncine sahip olduğu bildirilmiştir (Er ve ark., 2007).

Kırmızı ve beyaz ışık altında tavuklarından elde edilen yumurtalardaki kırık oranı Çizelge 4'de verilmiştir. Işık rengi kırık yumurta oranını etkilememiştir ( $P>0,05$ ). Yumurta verim döneminde folluklara yumurtlayan ve tünekleri kullanan tavukların oranı Çizelge 4'de, haftalara göre follukları kullanan tavukların dağılımı Şekil 6' da verilmiştir. Denemenin yürütüldüğü dönemde ışık rengi, tavukların tünek ve folluk kullanım oranını etkilememiştir.



Şekil 6. Kırmızı ve beyaz LED ışık altında yumurta tavuklarının folluk kullanma oranı

Figure 6. Percentages of nestbox use of laying hens under red and white LED light

Çizelge 3. Kırmızı ve beyaz LED ışık altında yumurta tavuklarının yumurta kalite özellikleri  
Table 3. Egg quality characteristics of laying hens under red and white LED light

Özellikler	Verim Dönemi	Işık		
		Kırmızı	Beyaz	P
Şekil indeksi (%)	%50	77,86±0,38	77,43±0,32	0,393
	Pik	78,25±0,33	78,03±0,60	0,747
Ak indeksi (%)	%50	11,57±0,15	11,78±0,15	0,319
	Pik	11,69±0,14	11,52±0,16	0,426
Sarı indeksi (%)	%50	21,06±0,52	20,43±0,55	0,406
	Pik	33,17±0,09	32,72±0,27	0,124
Haugh birimi	%50	89,18±0,43	89,84±0,49	0,308
	Pik	88,29±0,35	88,81±0,38	0,313
Kabuk kalınlığı (mm)	%50	0,74±0,20	0,71±0,17	0,228
	Pik	0,43±0,01	0,43±0,01	0,911
Kırılma direnci (N)	%50	46,39±0,78	47,34±0,60	0,330
	Pik	45,51±0,47	44,71±0,47	0,233

Çizelge 4. Kırmızı ve beyaz LED ışık altında yumurta tavuklarının 18-32 haftalık dönemde tünek ve folluk kullanım ve kırık yumurta oranı

Table 4. Percentages of perch and nestbox use and cracked eggs of laying hens under red and white LED light in the period of 18-32 weeks

Işık	Tünek (%)	Folluk (%)	Kırık Yumurta Oranı (%)
Kırmızı	3,7±0,39	56,9±0,86	11,0±2,92
Beyaz	4,6±0,18	56,3±0,83	17,0±2,92
Önemlilik (P)	0,057	0,632	0,118

Tünek kullanan ve folluklara yumurtlayan tavuklarının dağılımı sıralı olarak kırmızı ışıkta % 3,7 ve 56,9; beyaz ışıkta 4,6 ve 56,3 olduğu görülmüştür. Kafeslerdeki tavuklarının % 95 (Appleby, 1998), ile % 99'unun (Duncan ve ark.,1992) gece tünediklerini bildirilmiştir. Denemede eşeyssel olgunlukla birlikte başlayan folluk kullanımı yumurtlama döneminde doğrusal bir artış göstermiş, 22, 26 ve 28. haftalar dışında ışık renginden etkilenmemiştir (Şekil 6). Folluk kullanımı beyaz ışıkta başlangıçta kararsız bir eğilim göstermiş, kırmızı ışıkta ise daha doğrusal bir yükseliş ortaya koymuştur. Deneme süresince tavuklarda herhangi bir kanibalizm davranışına rastlanmamıştır.

Sonuç olarak, bu çalışma uzun dalga boyuna sahip kırmızı ışığın beyaz ışığa göre yumurta tavuklarında üreme aksının aktivasyonunu daha erken başlatarak yumurtalığın aktivitesini artırmış ve daha erken eşeyssel olgunluğa ulaşmalarını sağlamıştır. Ayrıca 32 haftalık yumurtlama döneminde tavukların kırmızı ışık altında daha fazla ve ağır yumurta ürettikleri ve özellikle pik öncesi haftalarda yemi daha iyi değerlendirmiş oldukları görülmüştür. Bu çalışma belirli bir dalga boyundaki ışığın yumurta verimini artırma yeteneğine sahip olduğu göstermiştir. Üstelik önceki dönemlerde farklı ışık renkleriyle yapılan çalışmalarla yeni çalışmaların sonuçları arasında bazı çelişkiler de ortaya çıkmaktadır. Bu durum günümüzde kullanılan ışık kaynakları, özellikle yeni nesil monokromatik LED ampullerin özellikleri ve yumurtacı genotiplerdeki genetik değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle mevcut sorunların üstesinden gelmek ve daha sürdürülebilir yumurta üretimine olanak sağlamak için ışığın stratejik olarak nasıl kullanılabileceğinin belirlenmesine yönelik araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

## Bilgi

Bu çalışma Nazlı Tez tarafından hazırlanan yüksek lisans tezine aittir

## Teşekkür

Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine ZRF-18010 no.lu proje kapsamında yaptıkları destekten dolayı teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Appleby, M.C. (1998). The Edinburgh modified cage: Effects of group size and space allowance on brown laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 7, 152-161. <https://doi.org/10.1093/japr/7.2.152>
- Archer, G.S. (2019). Animal well-being and behavior how does red light affect layer production, fear, and stress? *Poultry Science*, 98, 3-8. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey302>

- Baxter, M., Joseph, N., Osborne, V., & Bedecarrats, G. (2014). Red light is necessary to activate the reproductive axis in chickens independently of the retina of the eye. *Poultry Science*, 93, 1289-1297. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2013-03799>
- Baxter, M. (2015). Studying the effect of light wavelength on laying hens (*Gallus gallus*). [Master of Science dissertation, University of Guelph].
- Borille, R., Garcia, R.G., Royer, A.F.B., Santana, M.R., Colet, S., Naas I.A., Caldara, F.R., Almeida Paz, I.C.L., Rosa, E.S., & Castilho, V.A.R. (2013). The use of light-emitting diodes (LED) in commercial layer production. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 15(2), 135-140. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2013000200009>
- Bingöl, T., & Akşit, M. (2022). Monokromatik LED aydınlatmanın etlik piliçlerin performansı, göğüs eti kalitesi, tibia kemiği özellikleri ve immunoglobulin g düzeyine etkisi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 10(5), 871-878. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i5.871-878.5085>
- Duncan, E.T., Appleby, M.C., & Hughes, B.O. (1992). Effect of perches in laying cages on welfare and production of hens. *British Poultry Science*, 33, 25-35. <https://doi.org/10.1080/00071669208417441>
- Efil, H., & Sarica, M. (1997). Yumurta kalite tanımında güçlükler ve son gelişmeler. *19 Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12 (3), 141-150.
- England, E., & Ruhnke, I. (2020). The influence of light of different wavelengths on laying hen production and egg quality. *World's Poultry Science Journal*, 76:3, 443-458. <https://doi.org/10.1080/00439339.2020.1789023>
- Er, D., Wang, Z., Cao, J., & Chen, Y. (2007). Effect of monochromatic light on the egg quality of laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 16, 605-612. <https://doi.org/10.3382/japr.2006-00096>
- Gongruttananun, N. (2011). Influence of red light on reproductive performance, eggshell ultrastructure, and eye morphology in Thai-native hens. *Poultry Science*, 90, 2855-2863. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01652>
- Foster, R.G., & Follett, B.K. (1985). The involvement of a rhodopsin-like photopigment in the photoperiodic response of the Japanese quail. *Journal of Comparative Physiology*, 157: 519-528.
- Harrison, P., McGinnis, J., Shumaier, G., & Lauber, J. (1969). Sexual maturity and subsequent reproductive performance of white leghorn chickens subjected to different parts of the light spectrum. *Poultry Science*, 48, 878-883. <https://doi.org/10.3382/ps.0480878>
- Hassan, Md.R., Sultana, S., Sung, H.H., & Saon, R.K. (2013). Effect of monochromatic and combined light colour on performance, blood parameters, ovarian morphology and reproductive hormones in laying hens. *Italian Journal of Animal Science*, 12, 1-6. <https://doi.org/10.4081/ijas.2013.e56>
- Haugh, R.R. (1937). The Haugh unit for measuring egg quality. *US Egg Poultry Magazine*, 43, 552-555.
- Huber-Eicher, B., Suter, A., & Spring-Stahli, P. (2013). Effects of coloured light-emitting diode illumination on behaviour and performance of laying hens. *Poultry Science*, 92, 869-873. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02679>

- Kamanlı, S., Durmuş, İ., Demir, S., & Tarım, B. (2015). Effect of different light sources on performance and egg quality traits in laying hens. *European Poultry Science*, 79. <https://doi.org/10.1399/eps.2015.109>
- Karakaya, M., Parlat, S., Yılmaz, M., Yıldırım, I., & Ozalp, B. (2009). Growth performance and quality properties of meat from broiler chickens reared under different monochromatic light sources. *British Poultry Science*, 50: 76-82. <https://doi.org/10.1080/00071660802629571>
- Kim, M.J., Hossan, M.S., Akter, N., Na, J.C., Bang, T., Kang, H.K., Kim, D.W., Chae, H.S., Choi, H.C., & Suh, O.S. (2012). Effect of monochromatic light on sexual maturity, production performance and egg quality of laying hens. *Avian Biology Research*, 5(1),1-6. <https://doi.org/10.3184/175815512X13350270679453>
- Kumar, V., Singh, B.P. & Rani, S. (2004). The bird clock: A complex, multi-oscillatory and highly diversified system. *Biological Rhythm Research*, 35,121-144. <https://doi.org/10.1080/09291010412331313287>
- Kuenzel, W.J. (1993). The search for deep encephalic photoreceptors within the avian brain, using gonadal development as a primary indicator. *Poultry Science*,72, 959-967. <https://doi.org/10.3382/ps.0720959>
- Liu, K., Xin, H., Sekhon, J., & Wang, T. (2018). Effect of fluorescent vs. poultry-specific light-emitting diode lights on production performance and egg quality of W-36 laying hens. *Poultry Science*, 97, 834-844. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex371>
- Mendes, A.S., Paixao, S.J., Restelatto, R., Morello, G.M., de Moura, D.J., & Possenti, J.C. (2013). Performance and preference of broiler chickens exposed to different lighting sources. *Journal of Applied Poultry Research*, 22, 62-70. <https://doi.org/10.3382/japr.2012-00580>
- Mobarkey, N., Avital, N., Heiblum, R. & Rozenboim I. (2010). The role of retinal and extra-retinal photostimulation in reproductive activity in broiler breeder hens. *Domestic Animal Endocrinology*, 38, 235-243. <https://doi:10.1016/j.domaniend.2009.11.002>
- Poudel, I., Beck, M.M., Kiess, A.S., & Adhikari, P. (2022). The effect of blue and red LED light on the growth, egg production, egg quality, behavior, and hormone concentration of Hy-Line W-36 laying hens. *Journal of Applied Poultry Research*, 31,1-11. <https://doi.org/10.1016/j.japr.2022.100248>
- Pyrzak, R., Snapir, N., Goodman, G., & Perek, M. (1987). The effect of light wavelength on the production and quality of eggs of the domestic hen. *Theriogenology*, 28, 947-960. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(87\)90045-8](https://doi.org/10.1016/0093-691X(87)90045-8)
- Raziq, F., Jibrán, H., Athar, M., & Javed, K. (2020). Effect of light-emitting diode (LED)-based colors on production performance and welfare of commercial layers. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 44, 14. <https://doi.org/10.3906/vet-2007-30>
- Rauch, W. (1958). Vergleichen Untersuchungen Zur Qualitats Beurteilung Von Frischeiem. *Archives für Geflügelkunde*, 22, 74-104.
- Shi, L., Sun, Y., Xu, H., Liu, Y., Li, Y., Huang, Z., Ni, A., Chen, C., Li, D., Wang, P., Fan, J., Ma, H., & Chen, J. (2020). Effect of age at photostimulation on sexual maturation and egg-laying performance of layer breeders. *Poultry Science*, 99, 812-819. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.12.027>
- Solangi, A.H., Rind, M.I., Solangi, A.A., Shahani, N.A., Rind, A.N. & Solangi, S.H. (2004). Influence of lighting on production and agonistic behaviour of broiler. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 3, 285-288.
- SPSS Statistics for Windows 2011. Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Yang, Y.F., Jiang, J.S., Pan, J.M., Ying, Y.B., Wang, X.S., Zhang, M.L., Lu, M.S., & Chen, X.H. (2016). The relationship of spectral sensitivity with growth and reproductive response in avian breeders (*Gallus gallus*). *Scientific Reports*, 6,19291. <https://doi.org/10.1038/srep19291>
- Yardım, Z., & Akşit, M. (2021). Kafes sistemi ve yerleşim sıklığının yumurta tavuklarının performansı, yumurta kalitesi ve yumurta kabuğunun mikrobiyal yükü üzerine etkisi. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9, 2004-2012. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i11.2004-2012.4649>