



The Effects of Heat Stress on Yield and Fertility of Laying Hens and Precautions to be Taken

Serpil Gençoğlan^{1,a,*}

¹Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Kahramanmaraş, Türkiye

*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Review Article</i></p> <p>Received : 22/11/2022 Accepted : 03/12/2022</p> <p>Keywords: Heat stress Laying hens Production Feeding Prevention methods</p>	<p>High temperatures in hot regions and summer months impair the yield and productivity of laying hens. In this study, it is aimed to give detailed information about the measures to be taken to reduce the losses to the effects of heat stress on the yield and productivity of laying hens. Heat stress is one of the most challenging problems that affect all parameters of production performance and productivity, leading to high mortality rates and significant economic losses in commercial laying hens' production due to inhibition of immune responses. It manifests itself with neurological symptoms such as high body temperature, hot-dry skin, paralysis, headache and loss of consciousness. It causes death as a result of heat cramps and stroke. In addition, heat stress disrupts the reproductive hormones of female-male laying hens. It causes infertility in male by reducing the number and movement of viable sperm. The effect of heat stress depends on age, sex, body weight, relative humidity and length of stay at high temperature. The temperature should not exceed 24°C for optimum egg yield and quality, and 27°C for welfare and productivity. Above this temperature, rapid breathing, the problem of not emitting heat from their bodies to the environment, decrease in feed consumption and live weight gain begin to be seen in chickens. At high temperatures, 34-35°C, egg production decreases by approximately 30% and feed intake decreases by 30-50%. As a result, measures such as feed management against heat stress, adding heat stress reducing additives to feed and water, climatic environmental control in shelters, early life conditioning and genetic selection of breeds with increased capacity of coping with heat stress conditions can be taken.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 11(1): 140-150, 2023

Yumurta Tavuklarında Sıcaklık Stresinin Verim ve Üretkenlik Üzerine Etkileri ile Alınacak Önlemler

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Derleme Makale</i></p> <p>Geliş : 22/11/2022 Kabul : 03/12/2022</p> <p>Anahtar Kelimeler: Sıcaklık stresi Yumurta tavuğu Üretim Besleme Önleme yöntemleri</p>	<p>Sıcak bölgelerde ve yaz aylarındaki yüksek sıcaklıklar, yumurta tavuklarının verim ve üretkenliğini bozmaktadır. Bu çalışmada, sıcaklık stresinin yumurta tavuklarının verim ve üretkenlik üzerine etkilerine dikkat çekerek ortaya çıkan kayıpları azaltmak için alınacak önlemler hakkında detaylı bilgi vermek amaçlanmıştır. Sıcaklık stresi, bağışıklık tepkilerini engellenmesi nedeniyle yüksek ölüm oranları ile ticari yumurta tavuğu üretiminde önemli ekonomik kayıplara yol açan ve üretim performansının tüm parametrelerini, üretkenliği etkileyen en zorlu sorunlardan biridir. Yüksek vücut ısısı, sıcak-kuru deri, felç, baş ağrısı ve bilinç kaybı gibi nörolojik belirtilerle kendini gösterir. Sıcak krampları ve çarpması sonucu ölümlere sebep olmaktadır. Ayrıca sıcaklık stresi dişi-erkek yumurta tavuklarının üreme hormonlarının durumunu da bozar. Erkeklerde canlı sperm sayısı ve hareketini azaltarak kısırılığa neden olur. Sıcaklık stresinin etkisi yaşa, cinse, vücut ağırlığına, bağıl neme ve yüksek sıcaklıkta kalış süresine bağlıdır. Sıcaklık, optimum yumurta verimi ve kalitesi için 24°C'nin, refah ve üretkenlik için ise 27°C'nin üstüne çıkmamalıdır. Bu sıcaklığın üstünde tavuklarda hızlı nefes alma, vücutlarından çevreye ısı yaymama problemi, yem tüketimi ve canlı ağırlık artışında azalma görölmeye başlar. Yüksek sıcaklıklarda 34-35°C yumurta üretimi yaklaşık %30, yem alımı da %30-50 arasında azalmaktadır. Sonuç olarak, sıcaklık stresine karşı yem yönetimi, sıcaklık stresi azaltıcı katkı maddelerinin yeme ve suya eklenmesi, barınaklarda iklimsel çevre denetimi, erken yaşam şartlandırması ve sıcaklık stresine dayanıklı ırkların genetik seçimi gibi önlemler alınabilir.</p>

^a sgencoglan@ksu.edu.tr

^{id} <https://orcid.org/0000-0002-7390-8365>



Giriş

Yumurta tavukları uzun bir üretim döngüsünü (50 ile 70 hafta) sürdürmek zorunda olduğundan sıcaklık stresine karşı savunmasızdırlar (Balnave ve Muheereza, 1997; Al-Saffar ve Rose, 2002). Sıcaklıktaki ani ve büyük değışikliklere daha duyarlıdır (Safdar ve Maghami, 2014). Özellikle gençken büyüme hızlı olduğundan sıcaklık stresine karşı uyum sağlama yetenekleri zayıftır (Mack ve ark., 2013). Yetişkin tavuklarda ise yüksek sıcaklıklara alışması yaklaşık beş gün sürer (Safdar ve Maghami, 2014). Yüksek sıcaklık yüksek hava nemi ile birleştğinde daha fazla sorun yaşanmaktadır (Kapetanov ve ark., 2015; Bekele, 2021).

Khan ve ark. (2012) stresi, herhangi bir zorluğa tepki olarak vücut tarafından benimsenen bir yöntem olarak tanımlarlar. Ayrıca tavukların, herhangi bir dış etmen veya zorluk kaynaklı anormal bir çevreye karşı verilen yanıtlar dizisi olarak ifade edilebilir. Rath ve ark. (2015), tavukların stres altındayken normal fizyolojik dengeleri veya homeostaslarının bozulduğunu, Lara ve Rostagno (2013) bozulan hemostatik dengelerini yeniden kurmak amacıyla vücutlarında meydana gelen biyokimyasal, fizyolojik, davranışsal ve immünolojik değışikliklerinin tümüne birden stres adı verildiğini bildirmişlerdir.

Stresin üç aşaması vardır. İlki alarm aşamasıdır. Bu aşamada tavuklar stress etkisinden kurtulmaya çalışırlar. İkincisi direnç aşamasıdır. Bu aşama, tavuklar yeni koşullara uyum sağlayıncaya yani stress etkisi giderilinceye veya vücut rezervleri tükeninceye kadar devam etmesidir. Üçüncü aşamada ise metabolik rezervlerin tükenmesi sonucu bitkinlik, yorgunluk ve ileri aşamada da ölümler görülür (John, 1992).

Tavuklar tarafından salınan ısı, barınaktaki en baskın ana ısı kaynağıdır. Sıcak havalarda çatı ve duvarlardan barınağa kondüksiyon ve konveksiyon yoluyla ısı eklendiği için havanın sıcaklığı artar (Kapetanov ve ark., 2015). Tavukların vücutundan çevresine akan net enerji ile ürettikleri ısı enerjisi miktarı arasındaki dengesizlikten sıcaklık stresi meydana gelir. Bu dengesizliğe, iklimsel çevre faktörleri (güneş ışığı, hava sıcaklığı, nem), tavukların özellikleri (tür, metabolizma hızı, aktivitesi, cins/soy, yaş, cinsiyet, canlı ağırlık, üretim dönemleri) ve sıcaklık düzenleme mekanizmaları (iletim, radyasyon, konveksiyon, buharlaşma) gibi çeşitli etmenler sebep olmaktadır. Bunu düzeltmek için tavukların terleme, hızlı nefes alma gibi buharlaşma yoluyla ısı kaybetmeleri gerekir. Tavuklar vücutu soğutmak için bu mekanizmaları kullanmadığında ölüm kaçınılmazdır (Nienaber ve Hahn, 2007; Renaudeau ve ark., 2012; Pawar ve ark., 2016).

Sıcaklık stresi; yem alımı, yem verimliliği ve canlı ağırlığı azaltarak, büyüme oranı, yumurta verimi-ağırlığı, kabuk ağırlığı-kalınlığı, yumurta kabuğunun mukavemetini olumsuz etkiler. Ayrıca yüksek ölüm oranıyla önemli ekonomik kayıplara yol açar. ABD'nin 48 eyaletinde sıcaklık stresinden ölüm oranı %0,03-%0,96 artarak, yumurta üretimi ise %0,5-%7,3 arasında azalarak, küresel ekonomiye yıllık 98,1 milyon dolarlık kayba yol açmıştır (Saint-Pierre ve ark., 2003). 2003-2004 yılı yaz sezonunda Türkiyenin Tokat ilinde bulunan bir ticari yumurta üretim tesisinde günlük yumurta üretim kaybı tavuk başına günlük 18,48 ile 51,32 g arasında değışirken, günlük kuru madde alımındaki düşüş tavuk başına günlük 27,07 ile 75,23 g arasında değışmektedir (Karaman ve ark., 2007).

Yumurta tavukları için konfor bölgede optimum sıcaklık ve bağıl nem değeri sırasıyla 20-25°C ile %75'dir (Qureshi, 2001). Sıcaklık, nem, radyasyon ve rüzgâr hızı termoregülasyon mekanizmasını ve ısı değışim oranlarını doğrudan etkiler (NRC, 1981). Tavuklar konfor bölgedeyken, kontrollü ısı kaybeder. Bu bölgeden herhangi bir sıcaklık sapması, sıcaklık stresinin yaşanmasına neden olur (Mack ve ark., 2013; Pawar ve ark., 2016).

Yumurta tavuğu için alt kritik sıcaklık 16°C, üst kritik sıcaklık ise 27°C'dir. Bu değerler tavuğun yaşı ve vücut ağırlığına göre değışir (Clark ve McArthur, 1994; FASS, 2010). Sıcaklık 24°C'yi aştığında yumurta üretimi ve boyutunda azalma (FAO, 1988), 25°C'nin üstünde vücutlarından çevreye doğru ısı vermede problem yaşamalarına bağılı olarak yem tüketimi, canlı ağırlık artışı, yumurta verim ve kalitesinde, kanlarındaki asit-baz dengesi ile besin maddelerinin sindirilebilme derecelerinde azalma görülmektedir (Lindley ve Whitaker, 1996). Sıcaklık 26,7°C'yi geçtiğinde yumurta ağırlığında azalma ve kabuk kalınlığında incelleme (Mashaly ve ark., 2004), 27°C'yi aştığında hızlı nefes almaya başlar ve 30°C'nin üzerinde ise ısı salınımı zorlaşarak yem ve enerji alımı azalır. Bu nedenle üretim hızla düşer ve ölüm oranında artış görülür (Kapetanov ve ark., 2015; Bekele, 2021).

Yumurta tavuklarında sıcaklık stresi konusu güncelliğini hiç kaybetmeyen bir konudur. Özellikle son yılların yaz aylarında sıcaklığın aşırı artması bu konuyu tekrar gündeme getirmektedir. Bu çalışmada, sıcaklık stresinin yumurta tavuklarının verim ve üretkenliği üzerine derleme yapılmış ve derleme sonucu ortaya çıkan verim kayıplarını azaltmak için alınacak önlemler verilmiştir.

Yumurta Tavuklarında Sıcaklık Stresinin Sıcaklık-Nem İndeksine göre Değerlendirilmesi

Günlük Sıcaklık Nem İndeksi, Zulovich ve Deshazer (1990) denklemi kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$THI_{tb} = 0,60T_{db} + 0,40T_{wb}$$

Eşitlikte;

THI_{tb} = Yumurta tavukları için Sıcaklık Nem İndeksi

T_{wb} = Islak termometre sıcaklığı (°C)

T_{db} = Kuru termometre sıcaklığı (°C)

Bu eşitlikte indeks değeri: 70 ve altında ise tavukların konfor bölgede olduğu kabul edilmiştir. İndeks: 70-75 arasında olduğunda sıcaklık stresi belirtileri meydana gelmektedir. İndeks: 76-81 arasında ise sıcaklık stresinin başladığı, 81'den sonra ise ciddi seviyelere doğru artış gösterdiği için acil önlemler alınması gerektiği belirtilmektedir (Anonim, 2016).

Yumurta Tavuklarında Sıcaklık Stresi Belirtileri

Sıcaklık stresini gösteren belirtiler; yüksek vücut ısısı, sıcak-kuru deri, terleme eksikliği, felç, baş ağrısı, baş dönmesi, bilinç kaybı, nefes kesilmesi, astım gerilmeleri, açık ağızla hızlı nefes alma, gerilmiş ve küçülmüş göğüs ve karın, sendeleyen bacaklar, huzursuzluk, halsizlik, kanatları daha uzun süre açıkma ve yükseltme, tüylerinin

pozisyonunu değiştirme, yavaşlık, yere yakın çömelmek, aşırı soluk kemikler, sarkık gerdan, uyuşuk kapalı gözler, uzanma, su alımında artış, vücut ağırlığı, büyüme ve kuluçka kabiliyetinde azalma, bağışıklık baskılayıcı, sıcak krampları, bitkinliği ve çarpması sonucu ölüm oranı ve yamyamlığın artması, yumurta üretiminde, boyutunda ve ağırlığında azalma ile kötü kabuk kalitesi sayılabilir (Nardone ve ark., 2010; Dayyani ve Bakhtiari, 2013; Mack ve ark., 2013).

Tavuklar ter bezleri olmadığından yüksek sıcaklık koşulları altında termoreğulasyon arayan davranışlarını ve fizyolojik homeostazı değiştirir. Böylece vücut ısısını düşürür (Lara ve Rostagno, 2013; Kapetanov ve ark., 2015). Sıcak iklim koşullarında, radyasyon, kondüksiyon, konveksiyon, buharlaşma yoluyla ısı kaybı, terleme ve damar genişlemesi süreci, çevre ve hava kesesi arasındaki ısı alışverişi ile tavuklarda homeostaz mekanizması korunmaktadır (Mack ve ark., 2013; Kapetanov ve ark., 2015).

Tavuklar vücutlarında oluşan fazla ısıyı radyasyon, konveksiyon, evaporasyon, yumurta ve dışkı yolu ile dışarı atarlar. Ayrıca kanı iç organlarından derilerine yönlendirir. Kanı ibik, sakal ve ayak gibi vücut organlarına daha fazla gönderip burada soğutmaya çalışırlar (Muğlalı, 2000, Safdar ve Maghami, 2014). Tavuklar iç organlarından kondüksiyonla deri yüzeyine doğru, deri yüzeyinden de radyasyon ve konveksiyonla çevrelerindeki havanın hareketi ile vücutlarından fazla ısıyı uzaklaştırırlar. Tavuklar aşırı ısıda tüylerini kabartarak, en az tüye sahip deri bölgelerini açığa çıkararak vücut sıcaklığını kontrol ederler. Bu davranış, dış sıcaklığın vücut sıcaklığından daha düşük olması durumunda etkilidir. Bu işe yaramazsa, daha hızlı solunum yapmaya başlar ve kanatlarını düşürürler. Çevredeki yüzeylerin sıcaklığı tavuğun vücut yüzeyinin sıcaklığının altında olduğunda radyasyon yoluyla ısı kaybederler. Isı, temas halindeki bir yüzeyden başka bir yüzeye kondüksiyon yoluyla da aktarılabilir. Bunun için tavuklar vücutlarından daha soğuk olan altlığın üzerine otururlar. Isının bir kısmı, daha soğuk yüzeylerle deri teması yoluyla iletilebilir. Tavuklar soğuk duvara, sulama sistemine veya kafes duvarlarına yaslanır. Kuru ve gevşek altlık, tavukların alttaki soğuk zemine ulaşmasını ve üzerine uzanmasını sağlar. Konveksiyon yönteminde ise tavuğun etrafındaki sıcak havanın doğal olarak yükselmesiyle ısı kaybı meydana gelir. Tavuklar bu üç yöntemden biri ile vücut ısı dengesini koruyamazsa, "buharlaşma yoluyla ısı kaybı" veya hızlı nefes alma yöntemini kullanmak zorunda kalırlar. Sıcak yaz aylarında ısı kaybının ana yolu, özellikle ortam sıcaklığı vücut sıcaklığına yaklaştığında solunumdur. Hava sıcaklığı yükseldiğinde, solunum sıklığı ve buharlaşmayla ısı kaybı önemli ölçüde artar (Hillman ve ark., 1985; Rath ve ark., 2015). Boşaltımda, vücut ısısını kaybetmek için kullanılan başka bir yöntemdir. Tavuklar sıcak dönemlerde su alımlarını ikiye katlar, ısıyı idrar ve ıslak dışkı yoluyla dışarı verirler (Defra, 2005; Halls, 2014; Kapetanov ve ark., 2015).

Tavuklar, sıcaklık stresinde diğer tavuklardan uzaklaşmaya, daha soğuk yüzeylere veya hareketli hava akımlarına doğru hareket ederler. Hareket ile ürettiği ısıyı azaltmak için dinlenirler (Safdar ve Maghami, 2014). Vücutlarındaki ısıyı dağıtmak için toz banyoları yapar ve gölge bir alana geçerler (Mack ve ark., 2013; Bekele,

2021). Vücut yüzeyinden evaporatif soğutmayı arttırmak için tüyelerine ve gerdanlarına su sıçratırlar (Dawson ve Whittow, 2000).

Sıcaklık Stresinin Yem- Yumurta Üretim ve Kalitesine Etkisi

Sıcaklık stresine maruz kalan tavukların vücut sıcaklıkları, kan dolaşımı ve periferik kan akışı keskin bir şekilde artarken visceral kan akışı azalır. Bu değişiklikler sınırlı besin kullanımına yol açar ve dolayısıyla üretim performansını ve yem dönüşüm verimliliğini azaltır (Mashaly ve ark., 2004). Tavuklar 30°C sıcaklığa kadar, iyi bir yem dönüşüm oranı ve daha düşük bazal metabolizma hızı yoluyla, düşük yem alımının neden olduğu enerji kaybını telafi edebilmektedir (Daghir, 2008). Sıcaklık 30°C'yi aştığında tavukların ısı yayması zorlaşır, solunum sayısı artar, solunum derinliği azalır, kan dolaşımı hızlanır, kısacası metabolizma hızı yükselir. Ayrıca tavuklar fiziksel aktivitelerini de sınırlar ve su tüketimini artırıp yem tüketimlerini azaltarak performanslarının düşmesine sebep olur (Leeson, 1986; Altan ve ark., 1995). Optimum koşullarda bir yumurta tavuğunun günlük enerji tüketimi 300 kcal'dir. Sıcaklık arttıkaça 100 kcal'ye kadar düşmektedir. Sıcaklığın 10-30°C arasındaki her 1°C'lik artışı yem tüketiminde %1-2 kadar düşüşe neden olmaktadır. 30°C'nin üzerinde ise yem tüketimi günlük 4 g azalmaktadır. Sıcaklık stresinde tavukların yem tüketimi %48 azalmaktadır (Saçaklı, 2017).

Yumurta tavukları konfor bölgede enerji gereksinimlerini karşılayacak düzeyde yem tüketmektedir. En iyi yem dönüştürme verimliliği 21 ile 24°C arasında elde edilir. Artan sıcaklıkla yem alımında bir azalma ve davranışta değişiklikler meydana gelir. Sıcaklık 5 ile 30°C içinde, sıcaklıktaki her 10°C'lik artış için yem alımında yaklaşık %1,6 azalma görülür (FAO, 1988). Yem alımı ile sıcaklık arasında negatif bir korelasyon vardır. Sıcaklık 21 ile 30°C arasında ise sıcaklıktaki her bir derecelik artış için yumurta tavuklarının yem alımı %1,5 azalır ve 32 ile 38°C sıcaklık aralığında yem alımındaki düşüş %4,6'ya yükselir (Payne, 1966). Sıcaklıktaki artış ile yem tüketiminde meydana gelen azalma doğrusal olmayıp, yüksek sıcaklıkta daha belirgindir. Sıcaklığın 20, 25, 30, 35 ve 40°C'lere her 1°C yükselmesine karşılık yem tüketimindeki %değişimler sırasıyla, 0, 1,4, 1,6, 2,3 ve 4,8 olmaktadır (Daghir, 1995). Sıcaklığın 10 ile 35°C arasındaki her 1°C'lik artışında tavukların yem tüketimi %1,5 (yaklaşık 1 ile 1,5 g/gün), sıcaklığın 35°C'nin üzerinde her 1°C artışında ise yem tüketimi (2,5 ile 4 g/gün) azalmaktadır (Zumbado, 2003). Optimum yem tüketimi 20-21°C ortam sıcaklığındadır. Bu sıcaklıktan 35°C sıcaklığa kadar her 1°C'lik sıcaklık artışında yem tüketimi %1,5 azalmaktadır (NRC, 1981).

Tavukların enerji gereksinmesini etkileyen en önemli faktörler ortam sıcaklığı ve nemdir. Optimum kabul edilen 21°C'den her 1°C'lik artış veya azalış, yem tüketimini optimalin altında 1 g artırırken, optimalin üstünde 2,5 g azaltmaktadır. Nem düzeyinin optimumdan yüksek olması sıcaklığın etkisinin en az iki katına çıkmasına neden olur (Şenköylü, 2001).

Henken ve ark. (1983), 3 ile 6 haftalık (Warren SSL) yumurtacı piliçler ile dört deney yapmışlar. Bir odada sıcaklık sabit 25°C tutulmuş, diğer odalarda ise 15-35°C, 10-20°C ve 30-40°C arasında alınmıştır. Her sıcaklıkta 60

piliç beslenmiştir. Düşük sıcaklıklarda, yem dönüşümü (g yem/g büyümesi) 25°C'den daha yüksek bulunmuştur. Yem alımı, 25°C'deki alım ile kıyaslandığında (15°C'de) %12,9 ve (10 ile 20°C'de) %10,5 artmıştır. Yüksek sıcaklıklar 25°C ile kıyaslandığında yem alımı (35°C'de %15,9 ve 30 ile 40°C'de %14,9) ve büyüme oranı da (35°C'de %12,3 ve 30 ile 40°C'de %12,5) azalmıştır.

Sıcaklık stresi, bir taraftan metabolizma faaliyetlerinin artmasına bağlı olarak besin madde gereksiniminin artması diğer yandan yem tüketimi ve verimliliğinin, kandaki plazma protein ile kalsiyum miktarının azalmasına bağlı olarak verim miktarını ve kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Yumurta üretiminin pik döneminde, tavukların vücut ağırlığı, yumurta ağırlığı, kabuk ağırlığı, kalınlığı ve kalitesi üzerinde önemli zararlı etkiye sahiptir. Ayrıca kabuk kırılma direnci azalarak kırık-çatlak yumurta oranında artar (Lin ve ark., 2006; Ebeid ve ark., 2012; Mack ve ark., 2013).

Yüksek sıcaklıkta tavukların derin ve hızlı nefes alması sonucu kandaki asit-baz dengesi bozularak akciğerlerinden aşırı CO₂ gazı kaybolmaktadır. Bu nedenle yumurta tavuklarının nefesleri kesilmektedir. Kandaki azalan CO₂ miktarı, yumurta kabuğu bezi tarafından kullanılan Ca²⁺ iyonu düzeyini düşürmekte, bu da kan pH'da artışa neden olmakta ve bunun sonucunda da yumurtanın kalitesi bozulmaktadır (Mahmoud ve ark., 1996; Bekele, 2021). Ayrıca kemik oluşumu için gerekli olan kalsiyum karbonat oluşumunda azalmaktadır. Bu da yetersiz kemik gelişimine neden olmaktadır (Daghir, 1995).

Tavuklar fazla sayıda ve en büyük boy yumurtayı 13-24°C sıcaklık aralığında üretirler. Yumurta üretiminde ve boyutunda 24°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda azalmalar olur (FAO, 1988; Lindley ve Whitaker, 1996). Sıcaklığın 26,7°C'yi geçmesi, yumurta ağırlığında azalmaya ve kabuk kalınlığında incelmeye sebep olmaktadır (Koçak ve Yalçın, 1990). Sıcaklık 16-24°C arasında yumurta verimi %100'den sıcaklık 32°C dereceye yükseldiğinde %94'de, yumurta ağırlığı %100'den %86'ya düşmektedir (Şenköylü, 2001). Tavukların 32°C sıcaklıkta yumurtlama oranı, yumurta ağırlığı, verimi ve kabuk kalitesi önemli ölçüde azaldığı gözlenmiştir (Zhu ve ark., 2015).

Ebeid ve ark. (2012), 40 adet Beyaz Leghorn yumurta tavuğu yüksek sıcaklığa (30-33°C) maruz bırakılarak sıcaklık stresinin yumurta ağırlığında (%3,24), kabuk kalınlığında (%1,2), kabuk ağırlığında (%9,93) ve yumurta kabuğu yüzdesinde (%0,66) gibi önemli bir azalmaya neden olduğunu belirlemişlerdir.

Farnell ve ark. (2001), White Leghorn tavuklarını sırasıyla 8-14 gün, 30-42 gün ve 43-56 gün sıcaklık stresine (37°C) maruz bırakarak yumurta üretiminde sırasıyla %13,2, %26,4 ve %57 azalma meydana geldiğini gözlemlemişlerdir.

Mashaly ve ark. (2004), farklı sıcaklık ve nem koşullarında 26-31 haftalar arasında beslenen yumurta tavukları sıcaklık stresi altında (35°C ve %15 bağıl nem, 4 saat/gün) yumurta üretiminde (yumurta/gün veya yumurta üretimi/tavuk sayısı) %28,8, yem alımında %34,7 ve canlı ağırlıkta %19,3 bir azalma olduğunu belirlemişlerdir. Yumurta üretiminin %80-90'dan %50-60'a kadar düşmesine neden olmuştur. Bu da ortalama olarak normalden 10 g daha düşük yumurta ağırlığı elde edilmesidir.

Deng ve ark. (2012), Hy-Line Brown tavukları 34°C sıcaklıkta 12 gün yetiştirilerek, günlük yem alımında 28.58 g/tavuk, yumurta üretiminde ise %28,8'lik bir azalma olduğunu belirlemişlerdir. Star ve ark. (2008a), üç adet White Leghorn ile 1 adet Rhode Island Red tavuğunu 23 gün, 32°C sıcaklıkta besleyerek yemden yararlanmada %31,6, yumurta üretiminde %36,4 ve yumurta ağırlığında %3,41 azalma olduğunu bildirmişlerdir. Franco-Jimenez ve ark. (2007), sıcaklık stresine (35°C) maruz kalan Hy-Line Brown, W36 ve W98 tavuklarının yumurta üretimi ve kalitesi ile yem alımında önemli azalmalar olduğunu bildirmişlerdir.

Derleme sonucunda yem alımı, yemden yararlanma, yumurta verimi, boyutu ve kalitesindeki azalma 24°C sıcaklıktan sonra başlamaktadır. Ancak 30°C sıcaklıktan sonra azalmalar hız kazanmaktadır. Bunun nedeni sadece yüksek sıcaklığa bağlı değil, aynı zamanda bağıl neme ve yumurta tavuklarının stres altında kalma sürelerine de bağlıdır.

Sıcaklık Stresinin Su Tüketimine Etkisi

Sıcaklık stresi altındaki tavuklar solunum yüzeylerinden buharlaşma yoluyla serinledikleri için su, bu açıdan çok önemlidir. Konfor bölgede yumurta tavukları günde yaklaşık 200 ml su içerken, 40°C sıcaklıkta günde yaklaşık 500 ml su tüketmektedir (North ve Bell, 1990). Su tüketimini; ortam sıcaklığı, yem tüketimi, yemin içeriği, yumurta üretimi, protein, tuz tüketimi, su sıcaklığı, su kalitesi, tavuğun yaşı ve canlı ağırlığı gibi birçok faktör etkiler. Su tüketimi yem tüketiminin 2-2,5 katı kadardır (Kutlu, 2015). Sıcaklık stresinde tavuklar yemden daha fazla su tüketir. Sağlıklı yumurta tavukları yemin 1,5-2,0 katı daha fazla su tüketir. Bu oran yüksek sıcaklıkta artar (Anonim, 2020). Su tüketim oranı ortam sıcaklığı 21°C'de yem tüketiminin 2 katı iken ortam sıcaklığı 38°C olduğunda ise 8 katına kadar yükselmektedir (Anonim, 2016). Ortam sıcaklığının 21°C'nin üzerinde her 1°C'lik artışında yumurta tavuklarının su tüketimi yaklaşık %7 (NRC, 1994), sıcaklığının 21°C'den 32°C'ye çıkması durumunda ise su tüketimi 2 kat artmaktadır (Kutlu, 2015).

Yumurta üretimi yüksek olan tavukların su tüketimi de fazladır. Tavuklar yumurta ile vücutlarından yumurta ağırlığının %65'i kadar su atmaktadır. Protein tüketiminin artması amonyak (NH₃) üretimini artırır. NH₃'in vücuttan atılması için suya gereksinim duyulur. Ayrıca Na ve Ca tuzları su tüketimini artırır. Pelet yem, yem tüketimini ve su tüketimini artırır. Su sıcaklığı 5-25°C arasında ise su tüketimi normal düzeydedir. Sıcaklık bu sınırların dışına çıktığı zaman su tüketimi azalır. Optimum su sıcaklığı 10-15°C olmalıdır (Kutlu, 2015). Su sıcaklığın 25°C'nin altında olması su alımını artırır. Bu da yüksek yem alımını teşvik eder. Su sıcaklığı 30°C'nin üzerine ise su ve yem alımı olumsuz etkilenir (Anonim, 2016). Su; taze, temiz, bakterilerden arı, pH'sı 5-7 arasında olmalı, tuzlu olmamalıdır. Suda insektisit, fungusit ve arsenik, flor, kurşun gibi ağır meta-toksik element veya bileşikler bulunmamalıdır. (Kutlu, 2015; Anonim, 2020).

Sonuç olarak, yumurta tavuklarında su tüketimini; ortam sıcaklığı, yem tüketimi, yemin içeriği, yumurta üretimi, protein, tuz tüketimi, su sıcaklığı, su kalitesi, tavuğun yaşı ve canlı ağırlığı gibi birçok faktör etkiler. Konfor bölgede su tüketimi yem tüketiminin 2 katı iken

yüksek sıcaklıklarda yaklaşık 8 kata kadar çıkmaktadır. Tavuklara verilecek su soğuk, taze ve temiz olmalı tuzlu olmamalıdır.

Sıcaklık Stresinin Üreme Üzerine Etkisi

Sıcaklık stresi, tavukların üreme performansı ve yumurta kalitesi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Üreme işlevini çeşitli şekillerde etkileyebilir. Dişilerde, hipotalamus ve yumurtalıktaki üreme hormonlarının normal durumunu bozarak yumurtalığın sistemik seviyelerini ve işlevlerini azalmasına (Rozenboim ve ark., 2007; Etches ve ark., 2008; Elnegar ve ark., 2010), erkeklerde ise sperm hacmi, sayısı, hareketi ve canlı sperm hücre sayısını azaltarak doğurganlığın bozulmasına neden olmaktadır (Joshi ve ark., 1980).

Sıcaklık stresi ile bağıl nem, tavukların üremesi üzerinde zararlı etkiye sahiptir. Ebeid ve ark. (2012), sıcaklık stresi altında (30-33°C) 350 günlük, 40 adet White Leghorn tavuğunda stresin üreme aktivitesinde düşüşe neden olduğu ve üreme eksikliğine yol açtığını belirlenmiştir. Rozenboim ve ark. (2007), üreme eksikliğinin nedeni periferik damar genişlemesiyle yumurtalıktaki kan akımındaki azalmadır. Sıcaklık stresi nedeniyle dış deriye kan akışının artmasının aksine yumurtalığa gelen kanın yetersiz olmasıdır. Beyaz Leghorn tavukları sıcaklık stresi (42°C) altında 6. ve 15. günlerde yumurtalık fonksiyonunun bozulmasıyla büyük folikül sayısı ve yumurtalık ağırlığında ise önemli bir azalma görülmüştür (Rozenboim ve ark., 2007).

Elnegar ve ark. (2010), birinci çalışmada otuz adet 32 haftalık Hy-Line W-36 yumurta tavuğu barınak ortam sıcaklığı 35°C, bağıl nem %50 ve ikinci çalışmada 80 adet aynı haftalık tavuğu 20'lik gruplara ayırarak barınak ortam sıcaklığı 36,5°C, bağıl nem %50 iki çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmalar sonucunda tavuklarda üreme fonksiyonu ve ergenlik başlangıcının tiroid ilişkisini, sıcaklık stresi nedeniyle tiroid aktivitesinin bozulmasının tavukların üreme performansı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu belirlemişlerdir. Etches ve ark. (2008) tavukların üreme performansındaki azalma, LH (Luteinizan hormon) seviyeleri ve hipotalamik gonadotropin salgılatıcı hormon-I içeriği ile sıcaklık stresi birleşmesi nedeniyle olduğunu tespit etmişlerdir.

Sıcaklık Stresinin Ölüm Oranına Etkisi

Mashaly ve ark. (2004) ile Mumma ve ark. (2006), stresin toplam beyaz kan hücre sayısını ve antikor seviyesini engelleyerek bağışıklık fonksiyonunu baskıladığını ve bozulmasına neden olduğunu, bu nedenle yumurta tavuklarında ölüm oranının arttığını tespit etmişlerdir.

Ticari yumurta tavuğu yetiştirme rehberleri tarafından kabul edilebilir ölüm oranları haftada %0,8 ile %1,5 arasındadır. Bu sayılar çeşitli nedenlerle bazen aşılabilir. Sıcaklık stresi nedeniyle meydana gelen tavuk ölümleri üreticiler için önemli bir ekonomik kayıptır (Pereria ve ark., 2010). ABD'nin 48 eyaletinde sıcaklık stresinden ölüm oranı %0,03 ile %0,96 arasında olduğunu bildirmişlerdir (Saint-Pierre ve ark., 2003). Yüksek ısı, düşük hava akışı, yüksek bağıl nem ile aşırı stres gibi şartlar altında, fizyolojik değişikliklere bağlı olarak ölüm

oranı da artmaktadır (Kapetanov ve ark., 2015). Sıcaklık 32-33°C'nin üzerine çıktığında ölüm oranı yükselir ve üretim kayıpları artar (Halls, 2014; Dawson ve Whittow, 2000; Anonim, 2016). Sıcaklığın 38°C veya üstüne çıkmaya devam etmesi tavuklar için ölümcül olabilmektedir (FAO, 1988).

Pereria ve ark. (2010), 24'den 28. haftaya kadar olan yumurta tavuğu yetiştirme döneminde, 19,2°C'den yüksek aylık ortalama sıcaklığın yüksek ölüm oranıyla ilişkilerini incelemişlerdir. Bu dönemde, tavukların büyümeye devam etmesi ve vücut ağırlığını 160 g'dan 320 g'a, yumurta üretiminde hızla %5'ten %95'e çıkarması durumunun termoregülasyonu zorlaştırdığını belirlemişlerdir.

Zumbado (2003) sıcaklık stresi; besin metabolizması, özellikle amino asit, vitamin ve yağ asitlerinin azalmasıyla ilgili olarak kemiklerde kalsiyum minerallerinin birikmesinin önlenmesi, yumurta üretimi ve ağırlığında azalma, bağışıklık sisteminin baskılanması, karaciğer yağ oranında artış olarak özetlemiştir. Bu da tavuklar için sağlık sorunlarını işaret etmektedir. Koelkebeck ve ark. (1993), yem tüketimindeki azalış vücuda alınan kalsiyum miktarının azalmasına neden olmakta bu da verim döneminde kemiklerin zayıflayarak kırılması ile tavuklarda önemli zayıflara sebep olmaktadır. Henken ve ark. (1983), yüksek sıcaklıkta tavukların Ca, Fe, K, Na ve Zn gibi mineralleri vücutta tutma oranlarını azalttığını bildirmişlerdir.

Sıcaklık Stresinin İmmünolojik Tepkiler Üzerine Etkisi

Sıcaklık stresi, tavukların fizyoloji, metabolizma, hormonal ve bağışıklık sisteminde değişikliklere yol açarak sağlık durumunu olumsuz etkiler. Ayrıca T ve B lenfositlerin sentezini ve kan lökositlerinin fagositik aktivitesinin baskılanmasını azaltır (Kadymov ve Aleskerov, 1988), toplam lökosit ve aktivitelerinde azalma (Nathan ve ark., 1976) ile antikor üretiminde de azalmaya neden olmaktadır (Mashaly ve ark., 2004).

Yüksek sıcaklıklar, tavukların nöroendokrin sisteminin aktivitesini değiştirerek hipotalamik-hipofiz-adrenal (HPA) ekseninin aktivasyonu ve plazma kortikosteron konsantrasyonlarını yükseltir (Star ve ark., 2008b; Garriga ve ark., 2006). Vücut ısısı ve metabolik aktivite, triiodotironin (T3) ve tiroksin (T4) tiroid hormonları ve onların dengesi tarafından düzenlenir. Sıcaklık stresi koşullarında T3 konsantrasyonlarının sürekli azaldığı bildirilmiştir (Star ve ark., 2008b; Elnegar ve ark., 2010; Mack ve ark., 2013).

Yumurta tavukları sıcaklık stresine maruz kaldığında dalak, timüs, kloak ve bursa gibi lenfoid organların nispi ağırlıklarında azalma (Bekele, 2021), karaciğer ağırlığında azalma, heterofil/lenfosit oranında artışa (Felder-Gant ve ark., 2012), bağırsak morfolojisi ve flora bozukluğu (Fedde, 1998) ile barınakta etiyolojik bakteri ve parazitlerin artışına neden olduğu, vektör ve patojenlerin artması hastalıkların ortaya çıkışı ve bulaşmasını etkilemektedir (Ranjan ve ark., 2019).

Sıcaklık Stresini Azaltmanın Yolları

Sıcaklık stresinin sebep olduğu ekonomik verim kayıplarını fizyolojik ve metabolik değişimler nedeniyle tamamen ortadan kaldırmak mümkün değildir.

Barınaklarda yapısal ve barınak içi yetiştirme teknikleri ya da besleme konusunda alınacak önlemler ile bu kayıpları en aza indirmek mümkün olabilmektedir. Bu nlemler 4 ana grup altında toplanabilir:

- Sıcaklık stresini azaltmada suyun rolü,
- Sıcaklık stresini azaltmada yem bileşenlerinin rolü,
- Barınaklarda iklimsel evre denetimi
- Erken yaşam şartlandırması ve sıcaklık stresine dayanıklı ırkların genetik seçimi (Altan ve ark., 1995; Lara ve Rostago, 2013).

Sıcaklık Stresini Azaltmada Suyun Rolü

Sıcaklık stresi sırasında vücuttan ısı salınımını sağlamak için tavuklara yeterli miktarda taze soğuk su sağlanmalıdır. Soğuk su sayesinde tavukların stresten kolayca kurtuldukları ve yumurtlamanın normale yakın olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, tavuklar daha fazla su tüketeceği için barınaklara ek suluklar konulmalıdır. Suyun ısınmasını önlemek içinde su depoları yalıtım malzemesi ile sarılmalıdır (Kapetanov ve ark., 2015; Kutlu, 2015; Bekele, 2021). Sıcaklık stresinde, taze ve serin içme suyu 15°C sıcaklıkta, ılık su ise 29°C sıcaklıkta verildiğinde yem tketiciminin %5-10 arasında arttırdığı tespit edilmiştir (Muğlalı, 2000; Esmail, 2002).

Gutierrez ve ark. (2009), yetmiş iki adet 123 günlük Hy-line kahverengi tavuğunu iki eşit gruba ayrılarak birinci gruba soğutulmamış (23,0 ± 2,5°C sıcaklıkta), ikincisine ise soğutulmuş su (16,0 ± 0,5°C sıcaklıkta) verilmiştir. Tavuklar, %50 bağlıl nem, 30°C sıcaklık ve 17 saat/gün ışığa maruz bırakılmıştır. Soğutulmuş su içen tavukların yem alım ve yumurta üretiminin diğer gruba göre sırasıyla %11,64 ile %11,27 daha yüksek olduğunu belirlenmiştir.

Koelkebeck ve ark. (1993) ve Balnave ve Muheereza (1997), elektrolitleri sağlamak ve asit-baz dengesini ayarlamak için içme suyuna elektrolit zelteleri (Na, Cl, K ve NaHCO₃) eklenebilir. Ubosi ve ark. (2003), sıcaklık stresindeki tavukların içme suyuna %0,1 HCl ilavesinin yumurta üretimini ve kalitesini önemli lde iyileştirdiğini belirlemişlerdir. Odom ve ark. (1986); Smith ve Teeter (1988), içme suyuna amonyum klorür (NH₄Cl), sodyum bikarbonat (NaHCO₃), sodyum klorür (NaCl), potasyum klorür (KCl) ve potasyum sülfat (K₂SO₄) gibi minerallerin eklenmesinin alkolisisi önleyerek yumurta kabuk kalitesini iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Sıcaklık Stresini Azaltmada Yem Bileşenlerinin Rolü

Yem tketicimi, yumurta tavuklarının verim düzeyine, yemin besin madde içeriği, canlı ağırlık ve barınağın evre faktörlerine de bağlıdır (şenkyl, 2001). Yüksek sıcaklıklarda tavuklar daha fazla enerjiye ihtiyaç duyarlar. Yem tketicimi azaldığından, bu ihtiyaç vücuda alınan yemle karşılanmaz. Artan enerji ihtiyaı glikoz, protein ve yağları kapsayan vücut rezervleri ile karşılanmaya çalışılır (Arslan ve Duru, 2004).

Sıcaklık stresi altında yetiştirilen yumurta tavuklarında görülen verim düşüklüğünün besleme aracılığıyla önlenmesinde alınacak tedbirler: Yemin yağ ve protein içeriğinin artırılması, yeme vitamin (C, E), mineraller kalsiyum (Ca), inko (Zn), krom (Cr), manganez (Mn), bakır (Cu), fosfor (P), potasyum (K), amonyum klorit

(NH₄Cl), sodyum bikarbonat (NaHCO₃) eklenmesi, pelet yem kullanımı ile gece yemleme yapılmasıdır (Whitehead ve ark., 1998; Oğun ve ark., 2021).

Beslenme yönetimi ile sıcaklık stresi azaltılabilir. Bu nedenle yem karışımının bileşimi uygun şekilde ayarlanarak yeniden formüle edilmelidir. Protein, yağlardan daha fazla metabolik ısıya katkıda bulunur. Bundan dolayı daha düşük proteinli yemler formüle etmek ve sentetik amino asitleri, özellikle metionin, lizini kullanmak, karbonhidratlardan ziyade yağlar yoluyla enerji içeriğini artırmak gerekir. Enerji/protein oranı enerji lehine arttırılmalıdır. Artan yağ içeriği, stabilizatör olarak E vitamini takviyesi gerektirir. Aşırı sıcakta besleme yönetiminde, sindirilebilirliği yüksek yem formülasyonları ile sindirim için daha az enerji gerektiğinden pelet yem tercih edilmelidir (Kapetanov ve ark., 2015). Bu yem ince yeme oranla daha çok ve kolay tketicildiği için yem tketiciminin fazla düşüşünü engellemektedir (Kutlu, 2015).

Yemin enerji içeriği optimum seviyeye (2850 kcal/kg) yağ ilave ederek çıkartılmalıdır. nknn yağların neden olduğu ısı artışı protein ve karbonhidratlara göre daha dşktir. Yağın yem tketicimini de arttırdığı bilinmektedir (Arslan ve Duru, 2004). Proteinlerin spesifik dinamik etkisinin yüksek olması nedeniyle sıcak iklim yemlerinde miktarının fazla artırılması doğru olmaz. Ancak yem tketicimindeki düşüklüğe bağlı olarak tavukların protein gereksinmelerini tam olarak karşılamak güçleşir. Bu nedenle sıcak iklimde yemlerin protein düzeyi %1-2 yüksek tutulmalıdır (Kutlu, 2015). Ortalama 32,47°C sıcaklıkta yemin enerji düzeyi 2750 kcal kg⁻¹'den 2930 kcal kg⁻¹'ma ve protein düzeyi %16,50'den %17,50'ye yükseltildiğinde yumurta verimi, yumurta ağırlığının arttığı ve yemden yararlanmanın iyileştiği belirlenmiştir (Bozkurt ve ark., 2000).

Yeme düşük (10–18°C) ve yüksek (31°C) sıcaklıklarda %5'e varan yağ ilavesi, yem alımını 31°C sıcaklıkta %17,2, 10–18°C sıcaklıkta ise %4,5 arttırdığı belirlenmiştir. Yağ, yem bileşenlerinin enerji değerini, mide bağırsak kanalındaki gıdanın geçişini düşürerek besin kullanımını arttırmaktadır (Mateos ve ark., 1982; Daghir, 2008).

Whitehead ve ark. (1998), yeme E vitamini eklenmesinin, biyolojik zararların korunmasında yararlı olduğunu belirtmişlerdir. E vitamini, hücre ve dokularını, serbest kökenli oksidatif hasar uyarılarından korumaktadır. Arslan ve Duru (2004), sıcaklık stresini önlemek için yeme (250 g ton⁻¹) vitamin E takviyesi yapılması gerektiğini bildirmişlerdir. Kirunda ve ark. (2001) ise 34°C sıcaklıkta yeme 60 IU kg⁻¹ E vitamini ilavesiyle yem alımı ve yumurta üretiminin arttığını tespit etmişlerdir.

Yüksek sıcaklıkta tavukların böbreklerinde cereyan eden vitamin C sentezinde sorun olmakta ve vitamin C'ye olan gereksinme arttığından dolayı yeme vitamin C eklenmelidir. Yeme 200-250 ppm düzeyinde vitamin C ilavesiyle tavukların yumurta verimlerinde ve kalitelerinde görülen düşüklük kısmen önlenebilmektedir (Kutlu, 2015). Yumurta tavuklarının yemine 200-400 mg/kg ilave edilmesiyle yem tketicimi, yem dönüşümü, yumurta üretimi, yumurta ağırlığı ve yumurta kabuğu kalınlığı ortalamalarında iyileşmeler gözlenmiştir (ifti ve ark., 2005). Vitamin C'nin, kuluçka randımanı ile doğurganlığı iyileştirdiği, yumurta kırılması ve ölüm oranını azalttığı belirlenmiştir (şahin ve Kkk, 2003).

Sıcaklık stresine maruz kalan yumurta tavuklarının yemlerine E ve C vitamini eklenmesi antioksidan ve bağışıklık kapasitelerini olumlu yönde etkilemiştir (Puthongsiriporn ve ark., 2001; Aslı ve ark., 2007). Bununla birlikte (32°C) sıcaklıkta yeme 125 mg kg⁻¹ E vitamini ve 200 mg/kg C vitamini takviyesi ile yumurta tavuklarının yem alımı, canlı ağırlık ve yem veriminin arttığı bildirilmiştir (Çiftçi ve ark., 2005).

Bağışıklık sisteminde görülen olumsuzlukları önlemek için yeme katılan 100 ppm çinko poliaminoasit olumlu sonuç verdiği bildirilmiştir (Arslan ve Duru, 2004). Yeme Zn-metionin (80–100 mg kg⁻¹) eklenmesi, ortam sıcaklığı 34°C olduğunda yumurta kalitesindeki düşüşlerin azaldığı ve yumurta kabuğu ağırlığını arttırdığı belirlenmiştir (Balnave ve Zhang 1993). Yeme Zn (30 mg kg⁻¹) ve/veya piridoksin (30 mg kg⁻¹ Zn + 8 mg kg⁻¹ piridoksine) ilavesinin yem verimi ve yumurta üretimini olumlu etkilediği gözlenmiştir (Küçük ve ark., 2008). Çeşitli kanatlı yemlerinde 40 ile 75 mg kg⁻¹ Zn seviyesi önerilmektedir (NRC, 1994). Çinko eksikliği yumurta verimi ve kuluçka randımanını azaltarak ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Zn eksikliği olan yumurta embriyolarında iskelet anormallikleri görülür. Bacak ve kanat kemiklerinin uzunluğunda kısalık ve kalınlık, ayaklarda ve ciltte pullanma, yumurtadan çıkan civcivler de ayakta duramama, yemek yiyememe ve su içememe durumları gözlenmektedir. Zn eksikliğinde tüy gelişimi ve yapısında etkiler, tüylerde yıpranma görülür (Ensminger ve ark., 1990).

Krom insülin üzerindeki etkisinden dolayı karbonhidrat, protein, lipid ve nükleik asit metabolizmasında anahtar rol oynar. Yeme Cr eklenmesi, stres proteinlerini azaltarak glikoz taşıma düzeyini artırır, sıcaklık stresini azaltır. Ayrıca yem alımını, yumurta üretimi-ağırlığı-kabuk ağırlığı-kabuk kırılma gücünü arttırdığı belirlenmiştir (Özdemir ve ark., 2017).

Manganez (Mn), yumurta kabuğu sentezi için gerekli olan birçok enzim için kofaktör olarak görev yaparak karbonhidrat ve lipid metabolizmasında önemli bir role sahiptir (Roberts, 2004).

Bakır, antioksidan aktiviteye sahip ve bağışıklığa dahil olan birçok enzim yapısının bir parçasıdır. Sıcaklık stresinde yem alımının azalması sonucu bakır alımı da azalır ve Cu eksikliği oluşur. Bu da tavukların yumurta kabuğu kalitesini ve bağışıklığı olumsuz etkiler. T lenfositlerin sentezini, antikor üretimini ve fagositik indeksini azaltır. Yumurta kabuğu (8,73 mg kg⁻¹) Cu içerir (Richards ve ark., 2010).

Fosfor (P), tavukların büyümesi ve gelişmesi için önemli bir mineraldir. Sıcaklık stresi sırasında (35°C) yem alımı ve büyüme performansının azalmasından dolayı fosfor gereksinimide azalmaktadır (Usayran ve ark., 2001; Persia ve ark., 2003). Bu nedenle yumurta tavuklarının günlük 400 mg fosfor tüketmesi gerekmektedir (Coon, 2002).

Yüksek sıcaklıklarda tavuklar gün boyunca doğal olarak yem yemekten kaçınırlar. Yemin sadece günün en sıcak kısmından 6-8 saat öncesinden verilmesinin (yemin sindirilmesi için) faydalı olduğu gözlenmiştir. Yumurta tavuklarında yemin 1/3'ü sabah erkenden ve 2/3'ü öğleden sonra geç saatlerde verilmelidir. Gece beslenmesi, yumurta kabuğunun kalitesini artırır (Kapetanov ve ark., 2015). Gece saatlerinde aydınlatmaya devam edilerek geç saatler ile sabahın erken saatlerinde yemleme yapılması olumlu

sonuç vermektedir (Kutlu, 2015). Günün en serin saatlerinde yemleme yapılmalı, günün en sıcak döneminde ise tavukları rahatsız etmekten kaçınılarak aşırı aktivite yapmaları engellenmelidir (Anonim, 2016; Bekele, 2021).

Barınaklarda İklimsel Çevre Denetimi

Sıcaklık stresinin tavukların performansı üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletmek için kullanılan yöntemler; tavukları açık barınaklarda tutma, havalandırma oranlarını artırma, çatı ve duvarlara yalıtım yapma, kapalı barınaklarda evaporatif soğutma sistemleri kullanma, duvar ve çatıların soğutulması ve yerleşim sıklığı (Lara ve Rostagno, 2013; Kapetanov ve ark., 2015) ile ışık yoğunluğunun azaltılmasıdır. Aşırı ışık yoğunluğu agresif davranış artışına yol açarak strese neden olmaktadır (Anonim, 2016).

Barınağın yönü, yalıtımı ve çatı rengi, eğimi, saçağı barınak sıcaklığını etkiler. Barınak, kuzey-güney yerine doğu-batı yönünde yönlendirilirse daha az doğrudan radyasyon alır. Yalıtımsız çatılarda çatı açısı, çatının güneşten daha az ısı radyasyonu emmesi için 45° olmalıdır. Yalıtımlı çatılardaki çatı açısı yalıtımın kalitesine bağlıdır. Uygun bir çatı saçak uzunluğu tasarımı, barınak yan duvarlarının güneşten gelen doğrudan ve dolaylı ısı radyasyonundan korunmasına yardımcı olur. Barınağın yan duvar yüksekliği çatı saçak uzunluğu ile doğru orantılıdır. Güneş 45° zenit açısının üzerindeyken, yan duvarın yüksekliğinin %70'ini gölgeler. Gölgeleme uygun şekilde yapılırsa güneşten yayılan ısı yükü %30 oranında azalır. Sıcak ve nemli iklimde etkili doğal havalandırma için barınak genişliği 12 m'yi geçmemeli, barınak yüksekliği ise yüksek olursa (3-4 m), konveksiyonla soğutma için hava akışı o kadar iyi olur (Qureshi, 2001; Clark, 2013).

Havalandırma sistemi, barınaktan amonyak, metan, hidrojen sülfür, nem, karbondioksiti uzaklaştırarak, dışarıdan taze oksijen girmesine yardımcı olduğundan sıcaklık stresinin azaltılmasında en etkin yoldur (Bekele, 2021). Barınak içindeki hava hareketi havalandırma sistemi ile tamamlanır. Çevre kontrollü barınaklarda kullanılan mekanik havalandırma sistemlerinde hava hareketi fanlar ile sağlanmaktadır (Defra, 2005).

Çatı yağmurlayıcıları barınak çatısını önemli ölçüde soğutulabilir. Ancak, malzeme seçimi önemlidir. Bazı malzemelerin yüzeyine sürekli su girmesi lekelenme ve paslanmaya neden olur (Daghir, 2008; Clark, 2013). Sisleme sistemi, evaporatif soğutmaya yardımcı olan başka bir yöntemdir ve çatı tipi yağmurlayıcı sisteminden daha etkilidir. Sisleyiciler, yüksek basınç altında soğuk su damlacıkları püskürtür ve sis oluşturarak çevredeki havayı soğutur. Bu sistemler yalnızca düşük nem koşullarında en iyi soğutma yöntemidir (Anonim, 2016). Sirkülasyon fanı, konveksiyon soğutmayı ve hava hareketini artırmada kullanılır. Sirkülasyon fanı, çapının 15 katı ve genişliğinin 5 katı olan bir alanı kaplayan 0,5 m s⁻¹ veya daha büyük bir hava hareketi üretir. Fanları zeminde 1,0-1,5 m yukarıya, aşağı doğru eğimli bir açıyla merkeze monte etmek, hava hareketini en üst düzeye çıkarabilir (Daghir, 2008). Sistem oldukça uygun maliyetli ve verimlidir. Ancak, profesyonel ve sürekli gözetim gerektirir. Aksi takdirde damlacıklar fazla ısıyı barınağın dışına taşınmaz ve fazla nem bırakır, altlığı ve tavukları ıslatır. Bu da tavuk ölümlerini artırır. Bu durumda, fanlar kullanılarak açık barınaklarda sıcaklık

stresi azaltılabilir. Sisleyicilerin havalandırma sistemi ile ayarlanması, ekipmanın uygun şekilde bakımının yapılması önemlidir. Vantilatörün yeterli bakımının yapılmaması, hava akışını %20 ve daha fazla azaltabilir. Rüzgâr hızının saniye 5 m'den 3 m'ye düşmesi, tavukların uygun ısı salınımını engeller ve 25,55°C kadar düşük sıcaklıklarda bile sıcaklık stresi belirtileri göstermesine neden olur (Czarick ve Fairchild, 2003). Nem açığının fazla olduğu bölgelerde evaporatif soğutma (fan-ped) sistemi kapalı tip barınakların serinletilmesinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu sistem, sıcaklığın 28°C ve bağıl nemin %75'in üzerinde olduğu yerlerde çalıştırılmaktadır. Ped genişliği 0,6-1,0 m'den küçük olmamalıdır. Fanlar genellikle termostatlar veya zamanlayıcılarla düzenlenmiş termostatlar tarafından kontrol edilir. Bir veya daha fazla tek hızlı fan, tek kademeli bir termostat tarafından kontrol edilir ve sıcaklık yükseldiğinde fan çalışır, ardından hava sıcaklığı gerekli seviyeye düştüğünde kapanır (Al-Zaidi, 2022).

Erken Yaşam Şartlandırması ve Sıcaklık Stresine Dayanıklı Irkların Genetik Seçimi

Günümüzde, daha erken yaşlarda ısı şok proteinlerine (HSP) maruz kalma, sıcaklık toleransı ve sıcaklık stresine uyum sağlamayı artırma, sıcaklığa bağılı ölümleri en aza indirme, üretkenlik performansı ve yem dönüşümünü iyileştirme, bağılıklığı geliştirmeye yol açan bir yöntemdir (Star ve ark., 2009; Nagwa ve ark., 2012; Morsy, 2013).

HSP, hem stresli hem de stressiz koşullar altında her hücre tipinde ve dokusunda bulunmaktadır. Çevresel ve patolojik stresler özellikle HSP70 ve HSP72'leri uyarır. Bu uyarının derecesi strese maruz kalma düzeyine ve süresine bağılı olmaktadır. Bu proteinler, tavukların ileri yaşlarda sıcaklık stresine maruz kalma sırasında üretkenliğini ve hayatta kalma yeteneğini geliştirir (Kiang ve Tsokos, 1998).

Khidr ve Morsy (2020), erken yaşam şartlandırması için iki yöntem üzerinde çalışmışlardır. Birincisi erken yaşam şartlanması (yumurtadan çıkış öncesi ve sonrasında sıcaklığa uyum sağlama), ikincisi ise stresli ve stressiz koşullar altında hücre ve dokularda HSP'nin artırılması ile sıcaklık stresine dayanıklı ırkların genetik seçimi yapılmaktadır. HSP70 ve HSP72 sıcaklık stresine maruz kaldığında yumurta tavuklarının bağılıklığını arttırarak üretkenlik performansını ve hayatta kalma yeteneğini geliştirdiği belirlenmiştir. Ayrıca HSP'lerinin horozlarda sperm hacmini, sayısını ve hareketliliğini arttırdığı saptanmıştır. Morsy (2018), termoregülasyon ve asit-baz dengesi dahil olmak üzere yüksek sıcaklığa bağılı çeşitli fizyolojik süreçlerin bozulmasını önleyerek yem tüketimi ve yumurta kabuğu kalınlığında artma, solunum hızında azalma olduğunu belirlemişlerdir. Franco-Jimenez ve ark. (2007), HSP uygulanan civcivlerin kontrol grubuna kıyasla %10,5, %7,5 ve %4,9 oranında daha iyi yem dönüşüm değerlerine sahip olduğunu, tavukların performans özelliklerini iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

Sonuç ve Öneriler

Sıcak bölgelerde ve yaz aylarında yumurta tavuğu üretiminde sıcaklık stresi kaçınılmaz bir stres faktörüdür. Sıcaklık stresi işletmelerde performans, verimlilik, besin kullanımı, bağılıklık ve antioksidan durumlarında önemli düşüşlere neden olmakta, bu da hastalık vakalarında artışa

ve ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Yemleme ve sulama yöntemleri (protein oranı, ıslak besleme, vitamin ve ek minerallerin verilmesi, beslenme süresi, soğuk-temiz-kaliteli su, suluk tipi ve yüksekliği, uygun çevre koşullarının sağlanması, havalandırma, soğutma sistemleri) bu olumsuz etkileri hafifletmek için kullanılan yöntemler arasındadır. Ancak yapılan bu müdahalelerin çoğunun etkinliğinde değişkenlik veya tutarsızlık görülmektedir. Son zamanlarda, erken yaşam şartlandırması ve sıcaklık stresine dayanıklı ırkların genetik seçimi dahil olmak üzere iki yenilikçi yaklaşım araştırılmaktadır. Bununla birlikte, bu potansiyel fırsatlar umut verici olmakla birlikte özellikle sıcak iklim bölgelerinde yumurta tavuğu üretimi için genetik yapı ile ilgili daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Al-Saffar AA, Rose SP. 2002. Ambient Temperature and the Egg Laying Characteristics of the Laying Fowl. *World's Poultry Sci. J.* 58:317-331. <https://doi.org/10.1079/WPS20020025>
- Altan Ö, Altan A, Özkan S. 1995. Tavukçulukta yüksek yaz sıcaklığının etkileri ve korunma yolları. *Hasad, Temmuz*, 44-48.
- Al-Zaidi AAMA. 2022. Ventilation system design for poultry buildings. *Net J. Agric. Sci.* 10(1):37-42. doi: 10.30918/NJAS.101.22.008.
- Anonim 2016. Understanding Heat stress in layers. Technical update. Hy-Line International.
- Anonim 2020. Hy-Line W-36 Commercial layer. Management Guide. <http://www.hyline.com>.
- Arslan A, Duru M. 2004. Kanatlılarda sıcaklık stresinin yönetilmesinde besleme açısından alınacak önlemler. *MKU. Ziraat Fakültesi Dergisi* 9(1-2): 93-100.
- Ash MM, Hosseini SA, Lotfollahian H, Shariatmadari F. 2007. Effect of Probiotics, Yeast, Vitamin E and Vitamin C Supplements on Performance and Immune Response of Laying Hen during High Environmental Temperature. *International Journal of Poultry Science* 6: 895-900.
- Balnave D, Muheereza SK. 1997. Improving eggshell quality at high temperatures with dietary sodium bicarbonate. *Poult. Sci.* 76: 588-593. doi:10.1093/ps/76.4.588.
- Balnave D, Zhang D. 1993. Response of laying hens on saline drinking water to dietary supplementation with various Zn compounds. *Poult. Sci.* 72: 603-609. doi:10.3382/ps.0720603.
- Bekele G. 2021. Review on the Effect of heat stress on poultry production and productivities. *Food Sci & Nutri Tech*, 6(2): 000260. doi: 10.23880/fsnt-16000260
- Bozkurt M, Ayhan V, Kırkpınar F. 2000. Besin Madde Yoğunluğu ve Yem Formunun Yüksek Yaz Sıcaklarında Yumurta Tavuğu Performansı Üzerine Etkisi. *International Animal Nutrition, Congress*, 4-6 September, Isparta-TURKEY, 196-202.
- Clark JA, McArthur JA. 1994. Thermal Exchange. In *Livestock Housing*, (Ed. C.M. Wathes, D.R. Charles), The Univ. Press, Cambridge. 97-122 p.
- Clark JA. 2013. Environmental Aspects of Housing for Animal Production. Butterworths. London. 528 p. ISBN:9781483164335.
- Coon CN. 2002. Commercial Chicken Meat and Egg Production: Feeding Commercial Egg-type Layers. In *Commercial Chicken Meat and Egg Production*, edited by D. E. Bell and W. D. Weaver, 287-328. The Netherlands: Cluwer Academic Publishers.
- Czarick M, Fairchild B. 2003. Minimizing wet litter problems in houses with evaporative cooling pads. *Poultry Housing Tips*, 15, 5.

- Çiftçi M, Ertaş ON, Güler T. 2005. Effects of vitamin e and vitamin c dietary supplementation on egg production and egg quality of laying hens exposed to a chronic heat stress. *Revue De Médecine Vétérinaire* 156: 107–111.
- Daghir NJ. 1995. Nutrients Requirements of Poultry at High Temperatures. *Poultry production in Hot Climate*, International center for agriculture and biosciences. CAB Int. 320 p. (102-114 p). ISBN-10: 0851989071.
- Daghir NJ. 2008. Nutrient Requirements of Poultry at High Temperature. In: Daghir NJ (Ed.), *Poult Prod Hot Cli*, 133-160 p. <http://dx.doi.org/10.1079/9781845932589.0000>
- Dawson WR, Whittow GC. 2000. Regulation of Body Temperature in: Whittow GC (Ed.), *Sturk. Avi. Physi. Heat stress and feeding strategies: Syafwan S, World's Poult Sci J.* 67: 343-390. <https://doi.org/10.1016/B978-012747605-6/50015-8>
- Dayyani N, Bakhtiyari H. 2013. Heat stress in poultry: back ground and affective factors. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research.*1(11):1409-1413. doi:10.33945/SAMI/IJABBR
- DEFRA, (Department for environment food and rural affairs, UK) 2005. Heat Stress in Poultry-Solving the Problem Defra Publications, London. (<http://www.defra.gov.uk/>) [Erişim tarihi 21.07.2022].
- Deng W, Dong XF, Tong JM, Zhang Q. 2012. The probiotic *Bacillus licheniformis* ameliorates heat stress-induced impairment of egg production, gut morphology, and intestinal mucosal immunity in laying hens. *Poult. Sci.* 91: 575–582. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-01293>
- Ebeid TA, Suzuki T, Sugiyama T. 2012. High temperature influences eggshell quality and calbindin-D28k localization of eggshell gland and all intestinal segments of laying hens. *Poult. Sci.* 91: 2282–2287. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01898>
- Elnagar SA, Scheideler SE, Beck MM. 2010. Reproductive hormones, hepatic deiodinase messenger ribonucleic acid, and vasoactive intestinal polypeptide-immunoreactive cells in hypothalamus in the heat stress-induced or chemically induced hypothyroid laying hen. *Poult. Sci.* 89: 2001–2009. doi: 10.3382/ps.2010-00728
- Ensminger ME, Oldfield JE, Heinemann WW. 1990. *Feeds and Nutrition*. The Ensminger Publishing Company, Clovis, CA. 8–120 p.
- Esmail SHM. 2002. Kanatlılar üzerine çevre sıcaklığının etkileri. *Kanatlılarda sıcaklık stresine karşı önlemler*. Kanatlı AR-GE yayınları, No. 6; Seminerler No. 5, 59- 64.
- Etches RJ, John TM, Verrinder Gibbins AM. 2008. Behavioural, physiological, neuroendocrine and molecular responses to heat stress. Pages 31–80 in *Poultry Production in Hot Climates*. 2nd ed. N. J. Daghir, CAB International, Wallingford, UK.
- FAO, 1988. *Farm Structures In Tropical Climates*. A textbook for structural engineering and design edited by Lennart P. B. and James H. W. FAO/SIDA cooperative programme in east and south-east Africa food and agriculture organization of the United Nations, Rome.
- Farnell MB, Moore RW, McElroy AP, Hargis BM, Caldwell DJ. 2001. Effect of prolonged heat stress in single-comb white leghorn hens on progeny resistance to *Salmonella enteritidis* organ invasion. *Avian Dis.* 45: 479–485.
- FASS, (Federation of Animal Science Societies) 2010. *Guide for the Care and Use of Agri. Animals in Research and Teaching*.
- Fedde MR. 1998. Relationship of structure and function of the avian respiratory system to diseases susceptibility. *Poult. Sci.* 77: 1130–1138. <https://doi.org/10.1093/ps/77.8.1130>
- Felver-Gant JN, Mack LA, Dennis RL, Eicher SD, Cheng HW. 2012. Genetic variations alter physiological responses following heat stress in 2 strains of laying hens. *Poult. Sci.* 91: 1542–1551. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01988>
- Franco-Jimenez DJ, Scheideler SE, Kittok RJ, Brown-Brandt TM, Robeson LR, Taira H, Beck MM. 2007. Differential Effects of Heat Stress in Three Strains of Laying Hens. *J. Appl. Poult. Res.* 16: 628–634. <http://dx.doi.org/10.3382/japr.2005-00088>
- Garriga C, Hunter RR, Amat C, Planas JM, Mitchell MA, Moreto M. 2006. Heat stress increases apical glucose transport in the chicken jejunum. *Am. J. Physiol. Reg. Integ. Comp. Physiol.* 290, R195–R201.
- Gutierrez WM, Min W, Chang HH. 2009. Effects of chilled drinking water on performance of laying hens during constant high ambient temperature. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 22(5): 694 – 699.
- Halls AE. 2014. Managing heat stress in poultry. *Nutrifax-Nutrition news and information update* (www.nutrecocanada.com/...poultry/managing-heat-stress-in-poultry.pdf).
- Henken AM, Groote Schaarsberg AMJ, Nieuwland MGB. 1983. The Effect of Environmental Temperature on Immune Response and Metabolism of the Young Chicken. *Poult. Sci.* 62: 51-58. <https://doi.org/10.3382/ps.0620051>
- Hillman PE, Scott NR, Tienhoven AV. 1985. Physiological responses and adaptations to hot and cold environments. In: *Stress Physiology in Livestock*. Vol. III. Poultry. M.K. Yousef, ed. CRC Press Inc. Boca Raton, FL. 1-71 p.
- John M. 1992. The role of vitamin C in stress management. *The Austringer*, p: 42-46.
- Joshi PC, Panda B, Joshi BC. 1980. Effect of ambient temperature on semen characteristics of White Leghorn male chickens. *Indian Vet. J.* 57: 52–56. ISSN: 0019-6479
- Kadymov RA, Aleskerov Z. 1988. Immunological reactivity of poultry organism under high temperature conditions. *Dokl. Vses. Akad. S-Kh. Nauk Im. V. I. Lenina* 5: 33–35.
- Kapetanov M, Pajić M, Ljubojević D, Pelić M. 2015. Heat Stress in Poultry Industry. *Arhiv veterinarske medicine.* 8(2): 87-101. <http://dx.doi.org/10.46784/e-avm.v8i2.117>
- Karaman S, Tarhan S, Ergüneş G. 2007. Analysis of indoor climatic data to assess the heat stress of laying hens. *IJNES* 1(2): 65-68.
- Khan RU, Naz S, Nikousefat Z, Selvaggi M, Laudadio V, Tufarell V. 2012. Effect of Ascorbic Acid in Heat-Stressed Poultry. *World's Poultry Science Journal*, 68: 477-490. <https://doi.org/10.1017/S004393391200058X>
- Khidr RE, Morsy AS. 2020. Dietary treatment of heat shock proteins with selected feed additives to enhance thermotolerance in poultry under Egypt desert conditions: Review and Perspective. *Animal Science Reporter (e-edition)*. 13(4):12-24.
- Kiang JG, Tsokos GC. 1998. Heat shock protein 70 kDa: molecular biology, biochemistry and physiology. *Pharmacology and Therapeutics*, 80(2):183-201. doi: 10.1016/s0163-7258(98)00028-x
- Kirunda DF, Scheideler SE, McKee SR. 2001. The efficacy of vitamin E (DL-alpha-tocopheryl acetate) supplementation in hen diets to alleviate egg quality deterioration associated with high temperature exposure. *Poult. Sci.* 80: 1378–1383. <https://doi.org/10.1093/ps/80.9.1378>
- Koçak Ç, Yalçın S. 1990. Yüksek sıcaklığın yumurta niteliği üzerine etkileri. *Teknik Tavukçuluk Dergisi*, 67:1-4.
- Koelkebeck KW, Harrison PC, Madindou TJ. 1993. Effect of carbonated drinking water on production performance and bone characteristics of laying hens exposed to high environmental temperatures. *Poult. Sci.* 72:1800–1803.
- Kutlu HR. 2015. Kanatlı Hayvan Besleme. *Ders Notu*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı Adana. 132 s.
- Küçük O, Kahraman A, Kurt I, Yıldız N, Onmaz A. 2008. A combination of zinc and pyridoxine supplementation to the diet of laying hens improves performance and egg quality. *Biological Trace Element Research* 126:165–175. doi 10.1007/s12011-008-8190-z
- Lara LJ, Rostagno MH. 2013. Impact of Heat Stress on Poultry Production. *Animals*, 3: 356-369. <https://doi.org/10.3390/ani3020356>
- Leeson S. 1986. Nutritional Considerations of Poultry During Heat Stress. *World's Poult. Sc. J.* 42: 69-81. <https://doi.org/10.1079/WPS19860007>

- Lin H, Jiao HC, Buyse J, Decuypere E. 2006. Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poult. Sci. J.* 62: 71–85. <https://doi.org/10.1079/WPS200585>
- Lindley JA, Whitaker JH. 1996. *Agricultural Buildings and Structures*. ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, USA.
- Mack LA, Felver-Gant JN, Dennis RL, Cheng HW. 2013. Genetic Variation Alter Production and Behavioral Responses Following Heat Stress in 2 Strains of Laying Hens. *Poult. Sci.* 92: 285–294. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.2012-02589>
- Mahmoud KZ, Beck MM, Scheideler SE, Forman MF, Anderson KP, Kachman SD. 1996. Acute high environmental temperature and calcium-estrogen relationship in the hen. *Poult. Sci.* 75: 1555–1562. <https://doi.org/10.3382/ps.0751555> doi: 10.22587/rjavs.2018.10.2.1
- Mashaly MM, Hendricks GL, Kalama MA, Gehad AE, Abbas AO, Patterson PH. 2004. Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poult. Sci.* 83: 889–894. <https://doi.org/10.1093/ps/83.6.889>
- Mateos GG, Sell JL, Eastwood JA. 1982. Rate of food passage as influenced by level of supplemental fat. *Poult. Sci.* 61: 94–100. <https://doi.org/10.3382/ps.0610094>
- Morsy AS. 2013. Effect of heat shock exposure on the physiological responses and semen quality of male chickens under heat stress conditions. *Egyptian Poultry Science Journal*, 33(I): 143-161.
- Morsy AS. 2018. Hematological parameters and productive performance of heat-stressed laying hens as influenced by early heat shock program, sodium bicarbonate and/or vitamin C supplementation. *Research Journal of Animal and Veterinary Sciences.* 10(2):1-8. doi: 10.22587/rjavs.2018.10.2.1
- Muğlalı ŐH. 2000. Isı Stresi ve Őretim. *Çiftlik Dergisi*, 201: 34-36.
- Mumma JO, Thaxton JP, Vizzier-Thaxton Y, Dodson WL. 2006. Physiological stress in laying hens. *Poultry Science.* 85: 761-769.
- Nagwa AA, Amal MH, Mehaisen GMK, Emam KRS. 2012. Effect of using heat shock programs on thermoregulation responses and performance of laying hens under desert conditions. *Egypt. Poult. Sci.* 32(IV): 777-790.
- Nardone A, Ronchi B, Lacetera N, Ranieri MS, Bernabucci U. 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Sci.* 130: 57–69. doi:10.1016/j.livsci.2010.02.011
- Nathan DB, Heller ED, Perek M. 1976. The effect of short heat stress upon leucocyte count, plasma corticosterone level, plasma and leukocyte ascorbic acid content. *Br. Poult. Sci.* 17: 481–485.
- Nienaber JA, Hahn GL. 2007. Livestock production system management responses to thermal challenges. *Int. J. Biometereol.* 52: 149–157.
- North MO, Bell DD. 1990. *Commercial Chicken Production Manual*, 4th edn. Van Nostrand Reinhold, New York, 262 p.
- NRC, 1981. National Research Council. Effect of environment on nutrition requirements of domestic animals. National Academy Press. Washington, D.C. pp: 109-113.
- NRC, 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9ed National Academy Press, Washington, DC.
- Odom TW, Harrison PC, Bottje WG. 1986. Effects of thermal-induced respiratory alkalosis on blood ionised calcium in the domestic hen. *Poult. Sci.* 65: 570–573.
- Olgun O, Abdulqader AF, Karabacak A. 2021. The Importance of Nutrition in Preventing Heat Stress at Poultry. *World's Poultry Science Journal.* 77: 661-678. <https://doi.org/10.1080/00439339.2021.1938340>
- Özdemir O, Tuzcu M, Sahin N, Orhan C, Tuzcu Z, Sahin K. 2017. Organic chromium modifies the expression of orexin and glucose transporters of ovarian in heat-stressed laying hens. *Cellular and Molecular Biology* 63: 93–98. doi:10.14715/cmb/2017.63.10.15
- Pawar SS, Basavaraj S, Dhansing LV, Pandurang KN, Sahebrao KA, Vitthal NA, Pandit BM, Kumar BS. 2016. Assessing and Mitigating the Impact of Heat Stress in Poultry. *Advances in Animal and Veterinary Sciences.* 4(6): 332-341. <http://dx.doi.org/10.14737/journal.aavs/2016/4.6.332.341>
- Payne CG. 1966. Practical aspects of environmental temperature for laying hens. *World Poult. Sci. J.* 22: 126–139. <https://doi.org/10.1079/WPS19660020>
- Pereira DF, Do Vale MM, Zevolli BR, Salgado DD. 2010. Estimating Mortality in Laying Hens as the Environmental Temperature Increases. *Brazilian Journal of Poultry Science.* 12(4): 265 – 271. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2010000400008>
- Persia M, Utterback P, Biggs P, Koelkebec KW, Parsons CM. 2003. Interrelationship between Environmental Temperature and Dietary Nonphytate Phosphorus in Laying Hens. *Poultry Science* 82: 1763–1768. doi:10.1093/ps/82.11.1763.
- Puthongsiriporn U, Scheideler SE, Sell JL, Beck MM. 2001. Effects of vitamin e and c supplementation on performance, in vitro lymphocyte proliferation, and antioxidant status of laying hens during heat stress. *Poultry Science* 80: 1190–1200. doi:10.1093/ps/80.8.1190.
- Qureshi AA. 2001. Open house tips for layers in hot climate zone. *World Poultry*, 17: 32-34.
- Ranjan A, Sinha R, Devi I, Abdul Rahim A, Tiwari S. 2019. Effect of Heat Stress on Poultry Production and Their Management Approaches. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 8(2): 1548-1555. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.802.181>
- Rath PK, Behura NC, Sahoo SP, Panda P, Mandal KD, Panigrahi PN. 2015. Amelioration of heat stress for poultry welfare: a strategic approach. *International Journal of Livestock Research.* Vol 5(3):1-9. doi:10.5455/ijlr.20150330093915
- Renaudeau D, Collin A, Yahav S, de Basilio V, Gourdine JL, Collier RJ. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*, 6: 707–728. doi:10.1017/S1751731111002448
- Richards JD, Zhao J, Harrell RJ, Atwell CA, Dibner JJ. 2010. Trace mineral nutrition in poultry and swine. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 23: 1527–1534. doi:10.5713/ajas.2010.r.07.
- Roberts JR. 2004. Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *The Journal of Poultry Science* 41: 161–177. doi:10.2141/jpsa.41.161.
- Rozenboim I, Tako E, Gal-Garber O, Proudman JA, Uni Z. 2007. The effect of heat stress on ovarian function of laying hens. *Poult. Sci.* 86: 1760–1765.
- Saçaklı P. 2017. Tavuk Besleme. <https://acikders.ankara.edu.tr>.
- Safdar AHA, Maghami SPMG. 2014. Heat stress in poultry: Practical tips. *European Journal of Experimental Biology*, 4: 625-631.
- Saint Pierre NR, Cobanov B, Schnitkey G. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci.* 86 (E. Suppl.): E52–E77.
- Smith MO, Teeter RG. 1988. Practical application selection of potassium chloride and fasting during naturally occurring summer heat stress. *Poult. Sci.* 64: 36.
- Star L, Decuypere E, Parmentier HK, Kemp B. 2008b. Effect of single or combined climatic and hygienic stress in four-layer lines: 2. Endocrine and oxidative stress responses. *Poult. Sci.* 87: 1031–1038. doi:10.3382/ps.2007-00143
- Star L, Kemp B, Van den Anker I, Parmentier HK. 2008a. Effect of single or combined climatic and hygienic stress in four-layer lines: 1. Performance. *Poult. Sci.* 87: 1022-1030. doi: 10.3382/ps.2007-00142.
- Star L, Juul-Madsen HR, Decuypere E, Nieuwland MGB, De Vries Reilingh G, Van den Brand H, Kemp B, Parmentier HK. 2009. Effect of early life thermal conditioning and immune challenge on thermotolerance and humoral immune competence in adult laying hens. *Poult. Sci.*, 88: 2253-2261. doi: 10.3382/ps.2008-00373.

- Şahin K, Küçük O. 2003. Heat stress and dietary vitamin supplementation of poultry diets. *Nutr. Abstr. Rev. Ser. B Livest. Feeds Feed.* 73:41R–50R.
- Şenköylü N. 2001. *Modern Tavuk Üretimi*. Anadolu Matbaası, Tekirdağ, 538 s.
- Ubosi CO, Otika AE, Diarra SS. 2003. Effect of potassium chloride and sodium bicarbonate supplementation on the performance of laying hens in a hot dry environment. *Sahel J. Vet. Sci.* 2: 23-26.
- Usayran N, Farran M, Awadallah H, Al-Hawi I, Asmar R, Ashkarian V. 2001. Effects of added dietary fat and phosphorus on the performance and egg quality of laying hens subjected to a constant high environmental temperature. *Poultry Science* 80: 1695–1701. doi:10.1093/ps/80.12.1695.
- Whitehead CC, Bollengier-Lee S, Mitchell MA, Williams PEV. 1998. Vitamin E can alleviate the depression in egg production in heat stressed laying hens. In: *Proc. Of spring meeting, WPSA-UK Branch Scarborough*. 55-56 p.
- Zhu YW, Xie JJ, Li WX, Lu L, Zhang LY, Ji C, Lin X, Liu HC, Odle J, Luo XG. 2015. Effects of environmental temperature and dietary manganese on egg production performance, egg quality, and some plasma biochemical traits of broiler breeders. *J. Anim. Sci.* 93: 3431–3440. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-8956>
- Zulovich JM, DeShazer JA. 1990. Estimating egg production declines at high environmental temperatures and humidity. ASAE Paper No. 90-4021, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI. USA
- Zumbado ME. 2003. Nutrición y manejo de ponedoras comerciales bajo estrés calórico. *Tecnol Avípec.* 182: 48-52.