Bölüm 9

Sıcaklık Stresine Maruz Kalan Kanatlıların Beslenmesine Stratejik Bir Yaklaşım: Probiyotikler

Özlem Karadağoğlu[1]

Tarkan Şahin[2]

Özet

Küresel iklim değişikliği giderek artan oranda hızlanmakta ve küresel ısınmanın kötü sonuçlara yol açabileceği öngörülmektedir. Sıcaklık stresi, subtropikal ve tropikal bölgelerde kümes hayvanı üretimini etkileyen önemli sorunlardan biridir. Yoğun sıcak hava dalgaları, son zamanlarda dünyanın çeşitli bölgelerinde hayvancılık alanında, özellikle de kümes hayvanı sektöründe büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Sıcak iklimlerde yetiştirilen kümes hayvanları, et ve yumurta üretimi, üreme performansı, yem alımını ve olumsuz yem dönüşüm verimliliği ve düşük büyüme oranlarına sebep olan sıcaklık stresinden muzdariptir. Yem tüketiminin azalması et kalitesinde, büyümede, yumurta veriminde ve kalitesinde azalmaya neden olmaktadır. Kanatlılardaki performans üzerindeki bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için, diyette probiyotik takviyesi de dahil olmak üzere çeşitli beslenme stratejileri (kontrollü besleme, ıslak besleme, yem kısıtlaması, su yönetimi vs.) uygulanmaktadır. Bu stratejiler ile bağırsak ekosistemini, fizyolojik koşullarını ve bağışıklık sistemini iyileştirmek, böylece sıcaklık stresine maruz kalan kanatlılarda performansın ve sağlığın iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Kanatlılarda sıcaklık stresine tepkiyi iyileştirmeye yönelik potansiyel yöntemler, özellikle bu tür sorunların kontrol edilmesinde probiyotiklerin rolüne değinilerek daha ayrıntılı olarak araştırmalar yapılmaktadır. Probiyotiklerin sıcaklık stresi altındaki kanatlılar üzerinde yararlı etkiler yaratabileceği olası mekanizmalar, sıcaklık stresi altındaki kümes hayvanlarında probiyotik kullanımının olası dezavantajlarını bildiren verilerle

1 Doç. Dr., Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD, drozlemkaya@hotmail.com, 0000-0002-5917-9565.

2 Prof. Dr., Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları AD, tarkants7@hotmail.com, 0000-0003-0155-2707

https://doi.org/10.58830/ozgur.pub358.c1522

birlikte tartışılmaktadır. Probiyotikler, sıcak stresi altında kümes hayvanlarının fizyolojisini, bağırsak sağlığını ve bağışıklık sistemini geliştirebilmeleri, dolayısı ile verimi artırması ve ekonomiye büyük katkı sağlaması nedeni ile kümes hayvanı beslenme uzmanlarının dikkatini çekmektedir. Bu nedenle, probiyotiklerin uygun yönetimle birlikte uygulanmasının, sıcaklık stresindeki kümes hayvanları üzerindeki bazı olumsuz etkilerini ortadan kaldırmaya yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Bu derleme, sıcaklık stresinin kümes hayvanlarında sağlık ve büyüme performansı üzerine etkisine ilişkin bilimsel bir yaklaşım sunmanın yanı sıra, kümes hayvanlarında sıcaklık stresinin olumsuz etkilerini hafifletmek için probiyotiklerin umut verici bir beslenme stratejisi olarak uygulanmasını da özetlemektedir.

1. Giriş

Kanatlı endüstrisi, ekonomik büyümeye büyük katkı sağlayan, hayvansal üretimin önemli bir alt sektörüdür. Kanatlı hayvan endüstrisi, bakteriyel (Marouf vd., 2022), paraziter (Salem vd., 2022) ve viral (Setta vd., 2018) patojenlerin neden olduğu birçok enfeksiyonla karşı karşıyadır. Bu zorluklar ile, dünya çapında giderek artan sıcaklık stresi, pek çok ülkede kümes hayvanı endüstrisinde üretimi büyük ölçüde etkilemektedir. Bunun nedeni ise kanatlıların yüksek sıcaklıklara karşı oldukça hassas olmaları ve ısı yayma kapasitelerinin sınırlı olmasıdır. Sıcaklık stresi, özellikle dünyanın tropik ve subtropikal bölgelerinde önemli bir çevresel stres etkenidir. Hayvanın vücut ısısını çevreye dağıtamadığı yüksek sıcaklıklarda, üretilen ısı miktarı ile vücudun ısı kaybı arasında negatif bir denge oluşmaktadır (Lara & Rostagno, 2013). Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli, 2006–2015 yılları arasında ortalama çevre sıcaklığında 1850–1900'e kıyasla 1,53 °C arttığını bildirmiştir. İklim değişikliğinin tarımsal ürünler ve hayvancılık üzerindeki zararlı sonuçları nedeniyle gıda güvenliği üzerinde de olumsuz etkisi vardır (Shukla vd., 2019). Ayrıca sıcaklık, strese neden olduğu bilinen tüm biyoiklimsel değişkenler arasında en önemli çevresel belirleyici olarak kabul edilmektedir. Günümüzde sıcaklık stresi, çeşitli çiftlik hayvanı türlerinin ve kümes hayvanlarının üretim, üreme ve büyüme performansını etkileyen en önemli çevresel sorunlarından biridir (Alagawany vd., 2017).

Kanatlılar, sabit vücut ısısını korumak için termoregülasyon yapan hayvanlardır. Ancak sıcaklık-nem indeksi 21 ºC'yi aştığında, etlik piliçlerin vücut ısısını etkili bir şekilde düzenleyemediği görülmüştür (Purswell vd., 2012). Ayrıca kanatlıların, 18 ºC ila 30 ºC arasında sınırlı bir termal nötr bölgeye (TNB) sahip homeotermler olduğu kabul edilir (Salem vd., 2022). Ortam sıcaklığının uç noktalarına karşı çok hassastırlar, özellikle ortam sıcaklığı TNB'nin üst sınırını aştığında, kanatlılar sıcaklık stresine maruz kalır ve sonuç olarak üretkenliğin azalması, nöroendokrin profilinde

değişiklikler ve artan ölüm oranı gibi fizyolojik ve davranışsal bozukluklar meydana gelir (Lee vd., 2021). Sıcaklık stresi, kanatlıları akut (sıcaklık ve nemin kısa süreliğine ani yükselmesi) veya kronik (daha uzun süre yüksek sıcaklıklara maruz kalma) olmak üzere iki şekilde etkilemektedir. Her iki form da değişken ölüm oranlarına ve düşük performansa neden olur (Goel vd., 2021). Akut sıcaklık stresinin aksine, kronik sıcaklık stresi, kasları tahrip ederken yağ içeriğini de artırabilir (Adu-Asiamah vd., 2021). Hem akut hem de kronik sıcaklık stresi, büyüme performansı ve et rengi değişikliği, su tutma kapasitesi, kas pH'sı ve etin sululuğu gibi karkas özellikleriyle ilgili önemli sorunlara yol açabilmektedir (Gonzalez-Rivas vd., 2020).

Sıcaklık stresinin yem alımını azaltarak, bağırsak yapısını bozarak ve bağışıklık sistemini tehlikeye atarak kanatlıların performansını, verimliliğini ve sağlığını bozduğu bilinmektedir. 32 ^{o}C'nin üzerindeki yüksek sıcaklık, yem alımını baskılayarak kümes hayvanlarında performansın düşmesine neden olmaktadır (Bhawa vd., 2023). Ortam sıcaklığının artması, hayvanların bulunduğu ortamda parazit ve mikroorganizmaların çoğalması nedeniyle iklim değişikliğinden kaynaklanan hastalıkların ortaya çıkmasını ve bulaşmasını etkilemektedir. Ayrıca, yüksek ortam sıcaklıkları altındaki kümes hayvanları, performanslarını doğrudan veya dolaylı olarak olumsuz yönde etkileyen fizyolojik, davranışsal ve immünolojik tepkiler geliştirir (Nawab vd., 2018).

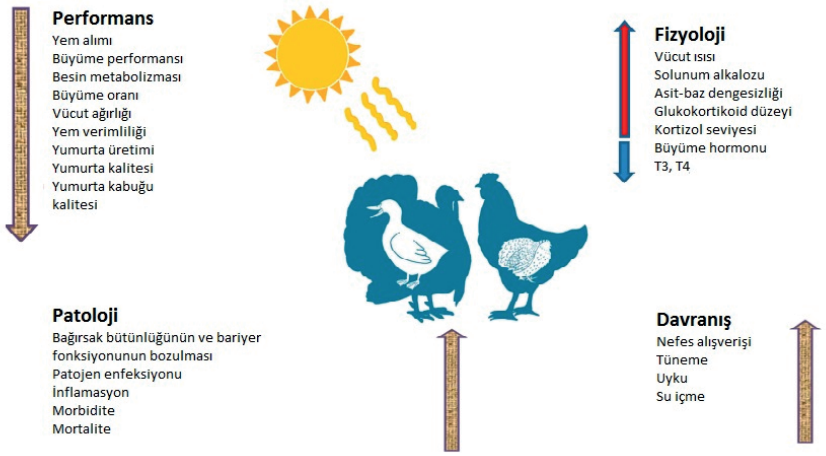
İklim değişikliğinin yaklaşmakta olan tehdidi ve bunun öncüsü olan küresel ısınmayla birlikte yüksek ortam sıcaklıkları insanlar, bitkiler ve hayvanlar başta olmak üzere tüm yaşam formlarını etkilemektedir. Bu durum, iklim koşullarında süregelen değişkenliğin hayvansal üretimin geleceğini doğrudan veya dolaylı olarak ne ölçüde etkileyeceği konusunda önemli bir endişeye yol açmaktadır. Çevre yönetimini iyileştirmenin yanı sıra, kanatlılarda sıcaklık stresinin olumsuz etkilerini kısmen hafifletmek için beslenme stratejileri geliştirilmiştir. Sıcaklık stresinin nedenleri ve etkilerinin altında yatan temel hususların yanı sıra bu kadar yaygın bir tehdidi hafifletmek veya kontrol altına almak için uygulanabilecek yaklaşımları anlamak, dünya çapındaki gıda güvenliği sorunlarının çözülmesine de katkı sağlayacaktır.

2. Sıcaklık Stresine Karşı Kanatlı Hayvanların Tepkileri

Aşırı sıcaklıklar, iklim değişiklikleri, sıcaklık dalgalanmaları ve artan nem seviyeleri gibi çeşitli faktörler kanatlı hayvanlarda sıcaklık stresine yol açmaktadır. Kümes hayvanları, çevresel koşullardaki değişiklikler sırasında metabolik ısı üretimini ve dağılımını dengeleyerek vücut ısısını yönetir ve korur. Kümes hayvanları, sıcaklık stresi koşulları altında normal vücut sıcaklıklarını korumak için belirli morfolojik, fizyolojik ve davranışsal özellikleri benimser

ve geliştirir. Kümes hayvanlarının vücut termojenezi ve ısı dağılımı arasındaki dengesizlik sırasında sıcaklık stresi koşulları altında olduğu bilinmektedir. Sıcaklık stresine maruz kalan hayvanlar, yem alımını azaltarak ısı üretimini düşürür, bu da üretim performansı ve hayvan refahı üzerine olumsuz bir etki gösterir. Çevre sıcaklığındaki aşırı artışlar kanatlı hayvanların morfolojik ve davranışsal bozuklukların yanı sıra büyüme performansı ve verim özellikleri üzerine de zararlı sonuçlar doğurmaktadır. Sıcaklık stresine karşı kanatlı hayvanların tepkileri Şekil 1 'de gösterilmiştir ((Ahmad vd., 2022)).

Kanatlı sürülerinde sıcaklık stresi enerji maliyetini artırmaktadır. Çevre sıcaklığı arttıkça vücudun farklı kısımları aracılığıyla hayvanlar vücut ısılarını dengelenmeye çalışılmaktadır. Hava keseleri, normal vücut ısısını azaltmak ve korumak için solunum buharlaşma mekanizmasını kullanarak vücut ısısının ortama aktarılmasında hayati bir rol oynar. Nefes alma mekanizmasında hava keseleri, buharlaşma mekanizması yoluyla vücut ısısının dağılımını en aza indirmek için vücut yüzeyindeki havanın yayılmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, kümes hayvanlarında sıcaklık stresi koşulları altında aşırı ve kontrolsüz nefes alma, kalsiyum ve karbondioksit basıncında bir azalmaya neden olur. Sonuç olarak, kan pH seviyesi yükselir, bu da solunumsal alkalozun kemik bozulmasına ve topallığa neden olmasına yol açar. Ayrıca sıcaklık stresi koşullarındaki kümes hayvanlarında yem alımı, su tüketimi ve vücut hareketleri azalmakta ve sonuç olarak hayvanlar depresif, donuk ve uyuşuk hale gelmektedir. Su alımının hızla azalması, yem tüketimi (YT)'nin azalması, davranış değişiklikleri ve vücudun fizyolojik görünümü, kanatlıların sıcak stresi yaşadığının en iyi ve temel göstergeleridir (Ahmad vd., 2022) .



Şekil 1. Sıcaklık stresine karşı kanatlı hayvanların tepkileri.

Havanın bağıl nemi ve ortam sıcaklığı değerleri termal konfor bölgesinin (16-23°C ve %50-70 bağıl nem) üzerine çıktıkça; etlik piliçlerin sıcaklık stresine duyarlılığı artmaktadır, bu da kanatlıların ısıyı yaymasını zorlaştırmaktadır. Bu durum vücut ısılarının yükselmesine neden olmakta ve büyüme performansını olumsuz etkilemektedir (Gamba vd., 2015). Yüksek sıcaklıklar, yumurtacı tavuklarda yumurta veriminde azalmaya, kalsiyum eksikliği nedeniyle ince kabuklu yumurtalara ve hatta kabuksuz yumurta üretimine sebep olabilmektedir. Ayrıca diğer kanatlı türlerinde büyüme performansını olumsuz yönde etkilemesi, proteinin sindirilebilirliğinin azaltması ve besin maddelerinden etkin bir şekilde faydalanmayı kısıtladığı için hastalıklara yakalanma indensini artırmaktadır (Wasti vd., 2020)

Etlik piliçlerde yüksek sıcaklık ortamında büyüme oranlarında, yemden yararlanmada, bağışıklıkta ve karkas kalitesinde düşüşler gözlenmektedir. Stres, tüketilen metabolize edilebilir enerjinin olumsuz şekilde bölünmesi nedeniyle sadece yem alımı ve kullanımı üzerinde değil aynı zamanda enerjini büyük bir kısmının yağ olarak depolanmasına ve karkas kalitesi üzerinde de olumsuz etki göstermesine neden olabilmektedir (Ahmad vd., 2022; Aswathi vd., 2019; Rath vd., 2015). Sıcaklık stresi altındaki tavukta nefes nefese kalma, kanatları uzatma, kanatları vücuttan biraz uzakta tutma, ayakta durma veya uzanma ve gözleri kapalı tutma gibi davranışlar gözlenmektedir. Kanatlılar sıcaklıktaki kademeli bir artışa dayanabilse de, hızlı artışta yüksek ölüm oranları ortaya çıkmaktadır (Rostagno, 2020).

3. Kanatlılarda Sıcaklık Stresine Bağlı Biyolojik Değişiklikler

Sıcaklık stresi, kanatlı hayvanlarda sağlığı ve performansı etkileyen çeşitli davranışsal, fizyolojik ve nöroendokrin değişikliklere neden olur (Ahmad vd., 2022).

3.1. Oksidatif Stres

Kanatlı hayvanlarda oksidatif stres; biyolojik hasar, ciddi sağlık bozuklukları, düşük büyüme oranları ve ekonomik kayıplarla ilişkili olup, bağırsak geçirgenliğindeki işlev bozukluk sürecinin başlangıç noktasıdır. Sıcaklık stresi koşullarında, reaktif oksijen türlerinin (ROS) konsantrasyonlarında artış meydana gelir ve bu da bağırsak geçirgenliğinin artmasına neden olur (Lara & Rostagno, 2013). ROS, iyon taşınması, immün modülasyon ve sitokin üretimi gibi fizyolojik işlevler için gerekli olan ve normal metabolizma sırasında hücreler tarafından üretilen peroksil radikalleridir (Wasti vd., 2020). Stresli çevresel durumlarda hücrelerde üretilen fazla ROS, hücrelerde mevcut olan fizyolojik detoksifikasyon mekanizmaları tarafından elimine edilir ve hücrelerden uzaklaştırılır. Bununla

birlikte, fizyolojik mekanizmalar arasındaki dengesizlik, yüksek ROS üretimi ve antioksidan savunma sisteminin etkinliğinin azalması sonucunda hücreler oksidatif stres koşullarına maruz kalır (Mishra & Jha, 2019).

Sıcaklık stresinin neden olduğu oksidatif hasar, bağırsak mukozal bariyer bütünlüğünün bozulmasına, bağırsak bariyeri geçirgenliğinin artmasına, toksik maddelerin vücuda yüksek oranda emilmesine yol açması nedeniyle oldukça karmaşıktır. Bu nedenle normal bağırsak bariyer fonksiyonunun sürdürülmesi vücut homeostazisinde önemli bir role sahiptir. Oksidatif stres aynı zamanda protein fonksiyonunu da etkileyerek protein karbonilasyonuna yol açabilmektedir (Abdel-Moneim vd., 2021). Yapılan bir çalışmada, akut sıcaklık stresine maruz kalan piliçlerin karaciğerinde protein karbonil seviyelerinin yükseldiği, akut ve kronik sıcaklık stresine maruz kalan piliçlerde *Pektoralis majör* kasında yüksek protein oksidasyonu bildirilmiştir (Habashy vd., 2019).

3.2. Asit-Baz Dengesi

Ter bezleri bulunmayan kanatlılarda vücut tüyler ile kaplıdır. Bu özellikler termoregülasyonu bozar ve sonuç olarak, daha yüksek ortam sıcaklığı sırasında aktif mekanizma (yani nefes alma) yoluyla ısıyı serbest bırakmaları gerekir (Wasti vd., 2020). Nefes nefese kalma, kanatlıların solunum hızını ve solunum yolundan buharlaşarak soğutmayı artırmak için gagalarını açarak sergilediği bir davranıştır. Nefes alma sırasında CO_2 atılımı, hücresel CO_2 üretiminden daha hızlı gerçekleşir ve bu da kandaki standart bikarbonat tampon sistemini değiştirir. CO_2'nin azaltılması, karbonik asitlerin (H_2CO_3) ve hidrojen iyonlarının (H) konsantrasyonunda bir azalmaya yol açar. Buna karşılık bikarbonat iyonlarının (HCO_3^-) konsantrasyonu artar; böylece kanın pH'sı yükselir, yani kan alkali hale gelir (Khan vd., 2023). Bu durumla başa çıkmak ve normal kan pH'sını korumak için kanatlılar daha fazla miktarda HCO_3^- atmaya başlayacak ve böbreklerinden H^+ tutacaktır. Yüksek H asit-baz dengesini değiştirerek solunumsal alkaloz ve metabolik asidoza yol açacak ve bunun sonucunda kümes hayvanlarının performansında azalmalar meydana gelecektir (Bhawa vd., 2023).

3.3. Bağışıklık Sisteminin Baskılanması

Kanatlılar ısıyı dışarı atmak ve vücut ısısını düşürmek için hızlıca nefes alırlar. Ancak sıcaklık stresi altında yetersiz YT nedeniyle sıklıkla enerji dengesizlikleri yaşarlar ve bu durum bağışıklığın baskılanmasına sebep olur (Hirakawa vd., 2020). Azalmış hücresel olmayan bağışıklık, sıcaklık stresine maruz kalan tavuklarda en yaygın bağışıklık yetersizliği biçimlerinden biridir. Bu durum aşılama etkinliğini kısıtlayan ikincil enfeksiyon

riskini artırabilmektedir. Enfeksiyon durumunda sıcaklık stresi altındaki hayvanlarda karaciğer ve göğüs kası gibi ana organların ağırlıkları beklendiği gibi gelişmez, ayrıca büyüme performansında düşüşler görülür. Newcastle ve Gumboro gibi bulaşıcı hastalıkların görülme sıklığı tropik ülkelerde yaz mevsiminde nispeten daha yüksektir (Tang vd., 2022). Sıcak stresine maruz kalan kanatlılarda, antikor seviyesinin azalması ile beraber aynı şeklide toplam beyaz kan hücresi sayısı önemli ölçüde azalırken, heterofillerin lenfositlere oranı daha yüksektir (Mashaly vd., 2004). Ayrıca sıcaklık stresi, doğuştan gelen bağışıklık tepkilerini baskılayabilmekte ve doğuştan gelen bağışıklığın ana yeri olan dalak fonksiyonlarını değiştirerek bağışıklık bozukluklarına neden olabilmektedir (Ma vd., 2019). Yapılan bir çalışmada, sıcaklık stresine maruz kalan piliçlerde, serbest dolaşımdaki antikorların ve spesifik IgG ve IgM konsantrasyonlarının azalığı, ayrıca genel ve humoral reaktivitenin daha düşük olduğu bildirilmiştir (Van Goor vd., 2017). Kanatlılara özgü immünolojik bir dokuya sahip olan Bursa fabricius'da, devam eden sıcaklık stresinde etkilenebilmektedir. Sıcaklık stresi durumunda bursa, timus, karaciğer ve dalak ağırlıklarının önemli ölçüde azaldığı bildirilmektedir (Cantet vd., 2021; Fouad vd., 2016).

4. Kanatlı Endüstrisinde Sıcaklık Stresini Etkileyen Faktörler

4.1. Genetik Farklılıklar

Geliştirilmiş piliç hatlarının artan metabolizma hızı, onları sıcaklık stresine karşı daha duyarlı hale getirmektedir. Bu nedenle, bu ırkların sıcak ve kurak bölgelerdeki üretim kalitelerinin iyileştirilmesi, sıcaklık stresini azaltan bazı genleri içeren kanatlı hatların oluşturulması gerektiği düşünülmektedir (Wasti vd., 2020). Sıcaklık stresinde, kanatlılarda görülen genetik farklılıklar, performansı etkilemesi ile birçok farklı DNA yapısı, canlı ağırlık artışı (CAA), yem dönüşüm oranı (YDO) ve et verimi de dahil olmak üzere üretkenlikle ilgili faktörleri de etkileyebilmektedir. Yapılan çalışmalarda; yabani kanatlılarla karşılaştırıldığında yüksek verimliliğe sahip evcilleştirilmiş ticari ırkların ısıya daha duyarlı olduğu (Soleimani vd., 2011), yüksek yumurta verimine sahip yumurtacı tavukların ve hızlı büyüyen etlik piliçlerin benzer şekilde kronik sıcaklık stresine karşı daha hassas olduğu bildirilmiştir (Felver-Gant vd., 2012). Bu çalışmaların aksine, hızlı büyüyen etlik piliçlerin, özellikle büyüme aşamasında, kronik sıcaklık stresi altında yavaş büyüyen tavuklara göre daha iyi fizyolojik tepkiye ve üretkenliğe sahip olduğu tespit edilmiştir (Rimoldi vd., 2015).

Kanatlıların sahip oldukları farklı gen yapısı sıcaklık stresine karşı toleranslarını etkileyen bir faktördür. Tek bir dominant otozomal gen

olan ve "Çıplak boyun" olarak bilinen, tavuk boyunlarının daha az tüylere sahip olmasını sağlayan gen yapısı boynun ısıyı dağıtmasına yardımcı olmaktadır (Tóth vd., 2021). Kıvrım geni ise, tüyün kenarının kıvrılmasını sağlayarak, tüyün ağırlığını azaltmakta ve vücuttan gelen ısı radyasyonunu artırmaktadır. Bu durum da tüyün yalıtkan olarak hareket etme yeteneğini geliştirmektedir (Nawaz vd., 2021). Naga Raja Kumari & Narendra Nath, (2018), heterozigot taşıyıcılara ve normal tüylü tavuklara kıyasla, homozigot frizzle genine sahip yumurta tavuklarında, yumurta üretiminin ve kalite özelliklerinin ısı dağılımının boyutunun artırması sonucunda iyileştiğini bildirmişlerdir.

4.2. Çevresel ve Yönetimsel Stres Faktörleri

Çevresel ve yönetimsel stres etkenleri, sıcaklık stresi ile birlikte kanatlı verimliliği üzerindeki olumsuz etkileri artırmaktadır (Rath vd., 2015). Bu faktörler arasında yerleşim sıklığı, barındırma sistemleri, sıcaklık-nem indeksi ve hayvanların nakliyesi sırasındaki süreçler gibi birçok etmen yer alabilmektedir. (Shakeri vd., 2014), 3-6 haftalık yaşa kadar yüksek yoğunlukta yetiştirilen piliçlerin daha düşük CAA'ya sahip olduğu ve bulaşıcı hastalıklara (ayak yastığı dermatiti ve bağırsak iltihabı gibi) karşı daha duyarlı hale geldiği gözlemlemişlerdir. Benzer şekilde yapılan bir diğer çalışmada, farklı stok yoğunluklarında yetiştirilen etlik piliçlerde sıcaklık stresinin özellikle yüksek yoğunlukta yetiştirilen deneme grubunda performans üzerine olumsuz etkisi olduğu bildirilmiştir (Ayoub vd., 2023).

Kümes hayvanlarının barınma sisteminin türü de sıcaklık stresine karşı verdikleri tepkileri etkilemektedir. Yaz aylarında açık sistem kümeslerde yetiştirilen piliçlerin canlı ağırlık (CA)ve YT, kapalı sistem kümeslerde yetiştirilenlere göre daha düşük olduğu görülmüştür (Saeed vd., 2019). Ayrıca kümes içerisinde kullanılan yapay ışık kaynağı da kümes içerisinde ısı üretimine katkı sağlamaktadır. 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlıktan oluşan sürekli aydınlatma programının, kanatlıların genel performansı ve üretkenliği açısından başarılı olduğu kanıtlanmıştır (Oloyo, 2018).

Sıcaklık nem indeksi (SNI), kanatlılarda vücut sıcaklığının düzenlenmesinde rol oynamaktadır. Purswell vd. (2012), SNI'nın 21 ºC'yi aştığı durumlarda etlik piliçlerde performansın önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir. Yapılan bir diğer çalışmada ise, sıcak ve nemli iklimlerde yetiştirilen piliçlerde performansın olumsuz bir şekilde etkilendiği ve metabolize edilebilir enerji tahmin edilirken nem faktörünün de dikkate alınması gerektiği tespit edilmiştir (Kim vd., 2020). Ayrıca yüksek sıcaklıklar, buharlaşmaya bağlı olarak kümes içerisinde altlık nem oranını ve havadaki

amonyak düzeylerini artırarak, kanatlılarda genel sağlığı olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu bağlamda havalandırma sistemleri, barınak içlerinde havanın hızı ve kalitesini düzenleyerek sıcaklık stresinin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmaya yardımcı olmakta oldukça etkilidir. Sıcaklık stresi üzerine yapılan bir çalışmada, broylerlerde tünel havalandırması altında kümes içindeki stres koşullarının mekansal analizi incelenmiş ve tavukların havalandırma tünelinin her iki ucunda bulunan hayvanlarda daha yüksek sıcaklık stresi kaynaklı CA kaybı görüldüğü tespit edilmiştir (Miragliotta vd., 2006).

Kanatlı hayvanların transfer süreçleri de stres faktörlerinden birini oluşturmaktadır. Taşıma sırasında, hayvanların hareket alanlarının daralması ve susuz kalmaları termoregülasyon aktivitesini baskılamaktadır. Sıcaklık stresinin etkili olduğu durumlarda, bu stres faktörleri ile beraber hayvanlarda ölüm oranlarında artış ve et kalitesinde azalmalar gözlemlenebilmektedir(Chauvin vd., 2011).

5. Sıcaklık Stresinin Kanatlılar Üzerinde Etkileri

Her yaşta ve türde kanatlı hayvanda görülen sıcaklık stresi, kanatlıların vücut ısısı üretimi ile vücut ısı kaybı arasında dengeyi kurmakta zorluk yaşamaları halinde görülür. Ortam sıcaklığı kümes hayvanlarının büyümesini ve hayatta kalmasını önemli ölçüde etkilemektedir. Kanatlılar 24 ºC sıcaklıkta kendilerini rahat hissederken, 27-29 º C üzeri sıcaklıkta YT düşer ve su tüketimi artar. Bununla birlikte, artan bağıl nem sıcaklık stresinin daha fazla hissedilmesi neden olmaktadır. Araştırmalar, sıcaklık stresinin kümes hayvanları üzerinde daha geniş etkilerinin olduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmalarda YT ve CAA azalmasına, YDO' nun artmasına, yumurta üretiminde ve yumurta kabuğu kalitesinde önemli düşüşlere yol açtığı görülmüştür. Ayrıca, et kalitesinin düşmesine, lipit peroksidasyonuna, endokrin sistem bozukluklarına, bağışıklığın baskılanmasına, serumda kolesterol ve glikoz konsantrasyonlarında artışa ve yüksek ölüm oranlarına neden olabileceği bildirilmiştir (Aslam vd., 2021; Biswal vd., 2022; Donald & William, 2002; Lan vd., 2004; Okonkwo & Ahaotu, 2019; Saeed vd., 2019; Sohail vd., 2011; Vandana vd., 2021; Wang vd., 2016).

Wang vd. (2018), sıcaklık stresi (32 ºC) altındaki broylerlerde, aşırı nefes alma, kanatların yükselmesi, yere çömelme, ayakta durma, uyuma, oturma ile su içme ve yem alımında azalma gözlemlemişlerdir. Bunun sonucunda CA ve YDO'nun kötüleştiği belirlenmiştir. Benzer şekilde, Abdelqader vd. (2020) ise broylerlerde yapmış oldukları bir çalışmada, kolesterol ve glikoz seviyelerinin arttığını, bağırsak villus yüksekliğini, kript derinliğinin ve villus

yüzey alanının azaldığını tespit emişlerdir. Performans parametreleri de bu durumdan etkilenerek düşük CA ve yüksek YDO değerleri elde edilmiştir. El-Tarabany (2016) ise sıcaklık stresi altındaki (35 ^{o}C ±0.6) 12 haftalık yaştaki Japon bıldırcınlarında yumurta dış kalite parametrelerinde düşüş olduğunu bildirmiştir.

Luo vd. (2018) sıcaklık stresi altındaki (35 ^{o}C ±1) yumurtacı ördeklerde yaptıkları çalışma sonucunda, YT'nin, yumurta ağırlığının, yumurta ak yüksekliğinin ve Haugh biriminin azaldığını gözlemlemişlerdir.

Sıcaklık stresi koşullarında yem alımının azalması, enerji kullanılabilirliğinin yetersiz olmasına yol açarak, kanatlılarda fizyolojik bütünlüğün korunması için yumurtlamanın geçici olarak durdurulmasına neden olabileceği öne sürülmüştür. Mashaly vd. (2004), sıcaklık stresi altındaki yumurtacı tavuklarda (35 ^{o}C), YT, CAA, yumurta ağırlığı ve yumurta kabuğu kalınlığında düşüşler meydana geldiğini bildirmişlerdir. Yüksek çevre sıcaklıkları ve yüksek nem, semen hacmi, sperm konsantrasyonu, canlı sperm hücrelerinin yüzdesi, gamet oluşumu, seminal hacim ve döllenme süreci gibi birçok faktörü etkilemektedir (Ahaotu vd., 2019; McDaniel vd., 2004).

Sıcaklık stresi kanatlıların fizyolojik yapısı üzerinde belirgin bir etkiye sahip olabilmektedir. Yüksek çevre sıcaklıkları, kümes hayvanlarının nöroendokrin sisteminin aktivitesini değiştirerek hipotalamus-hipofiz-adrenal (HPA) ekseninin aktivasyonuna ve plazma kortikosteron konsantrasyonlarının yükselmesine neden olmaktadır (Quinteiro-Filho vd., 2012). Vücut ısısı ve metabolik aktivite, tiroid hormonları, triiyodotironin (T3) ve tiroksin (T4) ile bunların dengesi tarafından düzenlenir. Önceki çalışmalar, T3 konsantrasyonlarının yüksek sıcaklık koşullarında sürekli olarak azaldığını bildirirken (Lara & Rostagno, 2013), T4 konsantrasyonlarında artış olduğunu (Elnagar vd., 2010) veya değişiklik olmadığını (Mack vd., 2013) bildiren çalışmalar da bulunmaktadır. Chiang vd. (2008), sıcaklık stresi altındaki (35 ^{o}C) hindilerde T3 konsantrasyonunun %37,5 azaldığını, T4 konsantrasyonun ise %30 düzeyinde arttığını bildirmişlerdir. (Sohail vd., 2010) ise sıcaklık stresi altındaki broyler rasyonlarına probiyotik (mannanoligosakkarit and *Lactobacillus*) ilavesinin serum T3 ve T4 konsantrasyonlarını artırdığını tespit etmişlerdir.

Ayrıca sıcaklık stresi, kandaki sodyum (Na^{+}) ve klorür (Cl^{-}) iyonlarının konsantrasyonunda artışa neden olurken, potasyum (K^{+}) ve fosfat (PO_4^{3-}) konsantrasyonunda azalmaya neden olur (Yosi vd., 2017).

Sıcaklık stresinin hem piliçlerde hem de yumurtacılarda bağırsak mikrobiyotasında *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* seviyelerinin düştüğünün

ve yüksek toplam koliform ve *Clostridium* seviyelerinin yükseldiğinin gözlemlendiği çalışmalar mevcuttur (Shi vd., 2019; Wang vd., 2019; Zhu vd., 2019). Ayrıca, sıcaklık stresinin neden olduğu oksidatif stres ve inflamasyon nedeniyle, bağırsak lümeninde bulunan bağırsak bariyeri faydalı bakterileri tehlikeye atabilmektedir (Karl vd., 2018).

Sıcaklık stresindeki ördeklerde, jejunum ve sekumda mikrobiyota kompozisyonunda farklılıkların meydana geldiği ve buna CAA, yağ içeriği, bağırsak morfolojisi ve oksidatif indekslerdeki değişikliklerin (yüksek düzeyde Malondihaldehit (MDA) ve düşük Total Antioksidan Seviyesi (TAS)) de eşlik ettiği bildirilmiştir. Ayrıca, sıcaklık stresinin ördeklerde bağırsak yaralanmalarına, anormal yağ birikimine ile büyüme performanslarında ve antioksidan kapasitede düşüşlere yol açtığı gözlemlenmiştir (He vd., 2019).

Broylerlerdeki bir lokomotor sistem bozukluğu olarak tanımlanan topallık (bacak bozukluğu); son derece yaygın olması ve milyarlarca piliçte acı ve ıstıraba neden olması nedeniyle dünya çapında modern piliç endüstrisinin karşı karşıya olduğu en ciddi refah sorunlarından biridir (Granquist vd., 2019). Dünya Çiftçi Konseyi, ticari piliçlerin %96'ya varan oranda kas-iskelet sistemi bozukluklarına sahip olduğunu bildirmiştir. Sıcaklık stresi piliçlerde topallığa neden olan gastrointestinal bozukluğa (disbiyoz) neden olabilir. Yine kanatlılarda kan kalsiyum seviyelerinde değişikliklere neden olarak iskelet bozukluklarına yol açabilir (Jiang vd., 2021).

6. Kanatlılarda Sıcaklık Stresini Azaltmada Kullanılan Geleneksel Stratejiler

Ticari kümes hayvanları yetiştiriciliği karlı bir yetiştiricilik koludur. Ancak yaz aylarındaki sıcaklık stresi, yetiştiricinin karlılığını büyük ölçüde etkileyebilmektedir. Kanatlılarda sıcaklık stresinin zararlı etkilerini azaltmanın veya ortadan kaldırmanın yolları olarak yönetim uygulamaları ve besleme uygulamaları şeklinde güncel olarak değerlendirilmektedir (Salem vd., 2022).

6.1. Yönetim Uygulamaları

Kümesler dış ortamdan ısının nüfuz etmesini önleyecek şekilde tasarlanmalıdır (Donald & William, 2002). Kümesler ayrıca iç sıcaklıklarını korumak için maksimum izolasyonla tasarlanmalıdır. Kümeslerin yönü sıcak bölgelerde uzunluk olarak doğudan batıya, genişlik olarak ise kuzeyden güneye doğru olmalıdır. Kuzey ve güney yönlerden doğal hava akışının teşvik edilmesi gerekmektedir. Termal olarak kontrol edilen tünekler, hem broyler hem de yumurtacı tavuklarda sıcaklık stresi kaynaklı kayıpları

önlemenin uygun maliyetli yoludur. Bu tüneklerin kullanımı, artan göğüs eti verimine, performansın iyileşmesine, ölüm oranlarının düşmesine olanak sağlamaktadır (Strong vd., 2015). Uygun havalandırma, piliç üretiminde kullanılan ve ısıyı azaltmak için soğutulmuş hava akışını sağlayan etkili, geniş çapta dağıtılmış bir fiziksel soğutma tekniğidir. Ancak yüksek hava hızı, buharlaşma nedeniyle vücutta su kaybının ortaya çıkmasına ve ölümle sonuçlanmasına neden olabilmektedir.

Sıcaklık stresi kanatlıların daha az yem, daha fazla su tüketmesine neden olmaktadır. Bu artan su tüketimi kanatlılarda vücut sıcaklığının düşmesine yardımcı olmaktadır. 15 °C'de su: yem alım oranı 1,82:1 iken, 30–35 °C sıcaklıkta bu oran 4,9:1'e kadar çıkabilmektedir (Saeed vd., 2019). Sıcaklık stresinin oluştuğu durumlarda su depolarına yalıtım uygulanarak, gölgelik alanlara konulmalıdır. Ayrıca suluklarda yeterli su akışı olmasına dikkat edilerek ve aşırı sıcak günlerde klorlama durdurulmalıdır. Su yönetimi ile altlıkların kontrolü de sıcaklık stresinde önem arz etmektedir. Altlığın kuru olması aşırı sıcaklığa ve nemin azalmasına neden olabilir; yaz aylarında altlığın ıslak olması ise kümes içindeki nemin arttığının göstergesi olabilmektedir. Islak altlık kümes içinde kötü bir koku ve amonyak üreterek büyüme hızını engelleyebilir, sinekleri çekebilir ve kanatlılarda stresi artırabilmektedir (Donald & William, 2002).

6.2. Beslenme Uygulamaları

Sıcaklık stresi durumunda, günün en sıcak dönemlerinde yemi kısıtlamak kümes hayvanı üretiminde yaygın bir uygulamadır. Bu uygulamada kanatlıların metabolizma hızını azaltmak için belirli bir süre (genellikle sabah 8'den akşam 5'e kadar) yem kesilerek yem tüketimi azaltılır. Yem kısıtlamasının sıcaklık stresine maruz kalmış piliçlerde rektal sıcaklığı azalttığı, mortaliteyi en aza indirdiği (Uzum & Toplu, 2013) ve karın yağını azalttığı (Mohammed vd., 2021) bulunmuştur. Etlik piliçlerde yem sınırlandırılmasının ısı üretimini %23 oranında azaltmasına rağmen, bu uygulama kümes hayvanı endüstrisinde büyüme oranının azalmasına ve pazarlanma yaşının gecikmesine neden olduğu için yaygın olarak kullanılmamaktadır (Wasti vd., 2020).

Sıcaklık stresi durumunda bir diğer besleme uygulaması ise; özellikle kısıtlı yemlemede görülen ölüm oranlarını engellemek amacı ile tasarlanan ikili yemleme yöntemidir. Proteinlerin termik etkileri karbonhidratlardan daha fazladır ve daha yüksek metabolik ısı üretirler. Bu durum dikkate alınarak proteinden zengin beslenme serin saatlerde, enerjiden zengin beslenme ise sıcak saatlerde yapılmaktadır. Yapılan çalışmalarda, akşam saat

4'ten itibaren protein açısından zengin bir diyet sağlamanın gerektiği; sabah 9'a kadar ve sabah 9'dan akşam 4'e kadar enerji açısından zengin bir diyet uygulamasının, sıcaklık stresi altındaki piliçlerde vücut ısısını ve ölüm oranını azalttığı gözlemlenmiştir. Ancak bu uygulama sıcaklık stresine maruz kalan kanatlılarda büyümeyi ve yemden yararlanmayı olumlu yönde etkilememiştir (Lozano vd., 2006).

Sıcaklık stresi periyodunda, kanatlılar yüksek miktarda su kaybederler ve ısı dengeyi yeniden sağlamak için su alımını artırırlar. Bu durumda yemlere su eklenerek, su alımının artmasına yardımcı olan ve bağırsaktaki viskoziteyi azaltarak yemin daha hızlı geçişini sağlayan ıslak besleme yöntemi uygulanabilmektedir. Islak besleme, ön sindirimi uyararak, besin maddelerinin bağırsaktan emilimini artırır ve sindirim enziminin yem üzerindeki etkisini hızlandırmaktadır (Syafwan vd., 2011). Broylerlerde yapılan bir çalışmada ıslak beslemenin, YT, CA ve gastrointestinal kanalının ağırlığını iyileştirdiği (Moritz vd., 2001); benzer şekilde yumurtacı tavuklarda ise yem alımını, yumurta ağırlığını ve yumurta üretimini artırdığı tespit edilmiştir (Lin vd., 2006). Sıcaklık stresine maruz kalan kanatlılar üzerinde ıslak beslemenin olumlu etkileri olmasına rağmen, yemde mantar üremesinin kanatlılarda mikotoksikoza neden olma riski olduğundan kümes hayvanı yetiştiricileri arasında uygulanabilirliği çok yaygın değildir.

Kanatlı metabolizması sırasında yağ, protein ve karbonhidratlara kıyasla daha düşük ısı artışı üretmektedir. Bu göz önünde bulundurulduğunda, sıcak iklim bölgelerinde enerji düzeyini artırmak ve sıcaklık stresinin zararlı etkilerini azaltmak amacıyla diyete yağ ilavesi genel bir uygulamadır. Kanatlı diyetine yağ ilavesi, yalnızca besin maddelerinin geçiş hızını düşürerek sindirim kanalındaki besin madde yarayışlılığını arttırmaya yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda diğer yem bileşenlerinin enerji değerini de artırmaya yardımcı olur. Yapılan çalışmalarda, sıcaklık stresine maruz kalan yumurtacı tavuk ve etlik piliç rasyonlarına %5 düzeyinde yağ ilavesinin performansı olumlu yönde etkilediği ve abdominal yağı önemli ölçüde arttırdığını (Ghazalah vd., 2008); karkas verimliliği, göğüs ağırlığı ve et kalitesini iyileştirdiğini (Suliman vd., 2023), kan glikoz seviyesini azalttığını (Ciftci vd., 2013); et lipidleri ve fizyolojik ve immünolojik özellikler üzerindeki olumsuz etkilerini hafiflettiğini (Attia vd., 2017) bildirilmiştir.

7. Sıcaklık Stresi Kontrolünde Probiyotiklerin Kullanımı

Sıcaklık stresi durumunda kanatlı hayvanlarda çevresel stresin üstesinden gelmek için farklı türde yem katkı maddeleri; vitaminler (Calik vd., 2022; Muhammed vd., 2023), bitkisel ekstraktlar (Elbaz vd., 2022; Giannenas

vd., 2022; Wang vd., 2022), esansiyel yağlar (Al-Sagan vd., 2020; Bayraktar vd., 2023; Ölmez vd., 2020; Yilmaz & Gul, 2023), biyolojik ve kimyasal nanopartiküller (El-Kassas vd., 2019; Reda vd., 2020), prebiyotikler (Awad vd., 2021; Sayed vd., 2023), probiyotikler (das D. Ribeiro vd., 2023; Şahin vd., 2008 Sahin vd., 2011), mineral maddeler (Chen vd., 2021), osmolitler (Al-Qaisi vd., 2023; Ölmez, 2021; Uyanga vd., 2022; Won vd., 2023) kullanılmaktadır.

Kanatlı hayvanlarda sıcaklık stresinin olumsuz etkilerini hafifletmek amacıyla beslenme stratejilerinin bir parçası olarak rasyona yem katkı maddelerinin dahil edilmesi yönündeki çalışmalar hala güncelliğini korumaktadır. Probiyotikler, bakteriler (*Lactobacilli, Bifidobacteria, Bacilli* ve *Streptococci spp.*), maya kültürleri (*Saccharomyces* ve *Candida spp.*) ve mantarlar (*Aspergillus awamori, A. oryzae* ve *A. niger*) dahil olmak üzere canlı faydalı mikroorganizmalar olup, hayvan beslemede yem katkı maddesi olarak tanımlanırlar. Probiyotikler, sıcaklık stresine maruz kalan kümes hayvanlarının fizyolojik koşullarını, bağırsak morfolojisini ve yapısını, bağışıklık sistemini ve dolayısıyla performans ve refahını iyileştirebilmesi sebebiyle yaygın olarak kanatlı diyetlerinde kullanılmaktadır.

7.1. Kanatlı hayvanlarda sıcaklık stresi etkilerinin azaltılmasında probiyotik kullanımı

Kanatlı hayvanlarda sıcaklık stresinin olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla beslenme yaklaşımının bir parçası olarak rasyonlarda yem katkı maddelerinin kullanımı kapsamında probiyotikler son zamanlarda, kümes hayvanlarında sıcaklık stresinin neden olduğu oksidatif hasarın azaltılmasında önemli ölçüde ilgi görmektedir. Kanatlı rasyonlarına probiyotiklerin ilave edilmesi, kanatlılarda büyüme performansını, bağırsak sağlığını ve bağışıklığı olumlu yönde etkilemektedir (Abd El-Hack vd., 2020; El-Moneim vd., 2020).

Probiyotikler, patojenleri hedef alan bakterisidal ajanların atılımı ve bağırsak ortamını faydalı mikrobiyotanın kolonizasyonu için uygun hale getirme gibi farklı mekanizmalara sahiptir. Bu mekanizmalar sayesinde yararlı bağırsak mikrobiyotasını iyileştirerek patojen mikroorganizmaların ortamda gelişip çoğalmasını azaltmaktadır. Farklı araştırmalarda probiyotiklerin yüksek ortam sıcaklıklarına maruz kalan kümes hayvanlarında bağırsak bakteri çeşitliliğini ve sayısını iyileştirdiği gösterilmiştir (Ahmad vd., 2022; Qaid vd., 2021). Bu çalışmaların aksine yapılan bir çalışmada; sıcaklık stresi altındaki kanatlıların rasyonlarına prebiyotik veya probiyotik karışımları (*Lactobacillus plantarum, Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus bulgaricus, Lactobacillus rhamnosus, Bifidobacterium bifidum, Streptococcus thermophilus,*

Enterococcus faecium, Aspergillus oryzae, and Candida pintolopesii) ilavesinin barsak mikrobiyatası üzerine hiçbir etkisinin olmadığı da bildirilmektedir (Sohail vd., 2013).

Sıcaklık stresi altındaki yumurtacı bıldırcınlarda yapılan bir çalışmada, rasyonlara farklı dozlarda ilave edilen probiyotik katkısının YDO, yumurta verimi ile yumurta iç ve dış kalite kriterleri üzerine olumlu etkisinin olduğu; başlangıç ve bitiş CA'ları ile YT üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı tespit etmişlerdir (Ölmez vd., 2021).

Faseleh Jahromi vd. (2016) broylerlerde sıcaklık stresi etkisini inceledikleri bir çalışmada, rasyonlara farklı dozlarda *Lactobacillus pentosus* ITA23 and *Lactobacillus acidophilus* ITA44 ilavesinin CA ve CAA değerlerini iyileştirdiğini, probiyotik karışımının, faydalı bakterileri popülasyonunu artırarak ve *Escherichia coli* popülasyonunu azalttığını bildirmişlerdir.

Broylerlerde sıcaklık stresi koşullarında yapılan bir diğer çalışmada, rasyonlara probiyotik karışımı ilavesinin (*Bacillus licheniformis, Bacillus subtilis,* ve *Lactobacillus plantarum)* ortalama günlük CA ve ortalama günlük YT değerlerinin azalttığı; jejunal villus yüksekliği daha kısa, kripta derinliğinin daha derin ve villus yüksekliğinin kript derinliğine oranın daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir (Song vd., 2014).

Yildirim vd. (2022) sıcaklık stresinin bıldırcınlarda, yumurta üretimi ve yumurta oluşumunun gerçekleştiği ovaryum ve ovidukt üzerine morfolojik etkisini inceledikleri çalışmada, rasyonlara probiyotik (*Laktik asit* bakterisi) ilavesinin sarı folikül sayısının azalmasını ve canlı ağırlık kaybını engellediğini görmüşlerdir.

Hakan (2019), yumurtacı bıldırcınlarda sıcaklık stresine karşı probiyotik (*Sacchoraviyces cerevisiae*) kullanımının, serum klor, total protein ve MDA değerlerini iyileştirdiğini, glikoz, kolestrol (LDL), sodyum (Na), alanin transaminaz (ALT), laktat dehidrogenaz (LDH), magnezyum (Mg) değerleri üzerine herhangi etkisinin olmadığını bildirmiştir.

Sıcaklık stresi altındaki broylerlerin rasyonlarına *Bacillus subtilis* bazlı probiyotik ilavesinin tibia özelliklerini (ağırlık, uzunluk, yoğunluk ve kül miktarı) iyileştirdiği ve inflamatuar tepkilerini azalttığı çalışmalar mevcuttur (Abdelqader vd., 2020; Yan vd., 2020). Benzer şekilde yumurtacı tavuk (Abdelqader vd., 2013) ve bıldırcınlarda (Alam vd., 2020) yapılan diğer çalışmalarda da, *Bacillus* türü probiyotik ilavesinin sıcaklık stresi koşullarında tibia özelliklerini olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir.

Li vd. (2020) rasyonlara probiyotik karışımı (*Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus plantarum,* ve *Enterococcus faecalis*) ilavesinin sıcaklık stresinde

performans ve bağırsak morfolojisi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, etlik piliçlerde büyüme performansı dışında, villus yüksekliği ve villus yüksekliği/ kript derinliği oranını azalttığını tespit etmişlerdir.

Sıcaklık stresi altındaki broylerlerin rasyonlarına, *Bacillus subtilis* ilavesinin et kalitesi üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, probiyotik ilavesinin su tutma kapasitesi, renk, katalaz aktivitesi ve kesme mukavemeti üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı, piliçlerin göğüs kasındaki tiyobarbitürat reaktif maddeler (TBARS) ve fosfolipit değerlerini azalttığını ve göğüs kaslarındaki oksidatif bozulmayı hafiflettiğini gözlemlemişlerdir (Cramer vd., 2018). Benzer şekilde, (Humam vd., 2020) broylerde yaptıkları çalışmada postbiyotik ilavesinin strese maruz kalan etlik piliçlerde antioksidan aktiviteleri, et kalitesini (pH, su tutma kapasitesi, renk) arttırdığını ve akut faz proteinlerini (AGP ve CPN), plazma kolesterolünü ve lipid peroksidasyonunu azalttığını ortaya koymuşlardır.

Tekce vd. (2020) Sıcaklık stresi altında Japon bıldırcını rasyonlarına *Lactobacillus reuteri* ilavesinin iç organ ağırlıkları, performans ve et kalitesi üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, probiyotik ilavesinin performans ve iç organ ağırlıkları üzerine etkisinin olmadığını, et renginde (L^*) ve Ph değerinde azalmalar gözlemlendiğini, TBARS değerinde artışa sebep olduğunu ve *Lactobacillus reuteri* ilavesinin etlik bıldırcınlarda et kalitesi üzerine de genel olarak etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir.

Deng vd. (2012), *Bacillus licheniformis* ilavesinin yumurtacı tavuklarda stres koşulları altında yumurta verimi, YT, villus yapısının iyileştirilmesinde ve dengeli bir mukozal bağışıklığın oluşmasında olumlu etkiler gösterdiği bildirmişlerdir.

Sıcaklık stresi altındaki yumurtacı ördeklerde probiyotik ve vitamin C kombinasyonu ördek refahını ve yumurta üretimini önemli ölçüde artırmış ancak yumurta ağırlığını etkilememiştir (Suswoyo vd., 2021).

Tekce vd. (2020), sıcaklık stresi altındaki kınalı keklik rasyonlarına *Lactobacillus reuteri* E81 ilavesinin besi performansı ve et kalitesi üzerine etkilerini inceledikleri çalışma sonucunda, probiyotik ilavesinin 21. ve 42. günlerde besi performansı ve et kalitesi üzerine olumlu etkilerinin olduğunu; TBARS ve pH değerleri üzerinde ise azaltıcı bir etki gösterdiğini bulmuşlardır. Kınalı keklikte yapılan bir diğer çalışmada ise, probiyotik ilavesinin sıcaklık stresi altındaki kekliklerde tiroid hormon seviyeleri (T3 ve T4) üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür (Bayraktar vd., 2021).

8. Sonuç

Sıcaklık stresi kümes hayvanlarının büyümesini, mide-bağırsak sağlığını, fizyolojisini, bağışıklık fonksiyonunu, üretim durumunu, mikrobiyolojisini ve üreme aktivitesini dolayısıyla performanslarını olumsuz yönde etkileyebilir. Probiyotikler, sıcaklık stresi koşulları altında yetiştirilen kümes hayvanlarında zararlı etkileri hafifletme konusunda ümit verici görünmektedir; çünkü probiyotiklerin sıcaklık stresi koşullarında kanatlılarda bağırsak mikrobiyal ekolojisini ve morfolojisini, fizyolojik koşullarını, bağışıklık sistemini ve performansını iyileştirebileceği göz önüne alındığında yararlı olduğu görülmektedir. Ancak bazı çalışmalarda herhangi bir etkisi olmadığı bildirildiğinden, probiyotiklerin dikkatli kullanılması ve neden olduğu moleküler değişikliklerin yanı sıra patojenler ve epitel hücreler arasındaki etkileşimleri araştırmak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Bu etkileşimlerin detaylandırılması, araştırmacılara probiyotiklerin kümes hayvanlarının sağlığını, büyümesini ve stres koşullarını iyileştirmede oynadığı rolü hakkında daha güçlü bir fikir verecektir.

KAYNAKLAR

Abd El-Hack, M. E., El-Saadony, M. T., Shafi, M. E., Qattan, S. Y., Batiha, G. E., Khafaga, A. F., . . . Alagawany, M. (2020). Probiotics in poultry feed: A comprehensive review. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, *104*(6), 1835-1850. https://doi.org/10.1111/jpn.13454

Abdel-Moneim, A.-M. E., Shehata, A. M., Khidr, R. E., Paswan, V. K., Ibrahim, N. S., El-Ghoul, A. A., . . . Elbaz, A. M. (2021). Nutritional manipulation to combat heat stress in poultry–A comprehensive review. *Journal of Thermal Biology*, *98*, 102915. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.102915

Abdelqader, A., Abuajamieh, M., Hayajneh, F., & Al-Fataftah, A.-R. (2020). Probiotic bacteria maintain normal growth mechanisms of heat stressed broiler chickens. *Journal of Thermal Biology*, *92*, 102654. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102654

Abdelqader, A., Irshaid, R., & Al-Fataftah, A.-R. (2013). Effects of dietary probiotic inclusion on performance, eggshell quality, cecal microflora composition, and tibia traits of laying hens in the late phase of production. *Tropical Animal Health and Production*, *45*, 1017-1024. https://doi.org/10.1007/s11250-012-0326-7

Adu-Asiamah, P., Zhang, Y., Amoah, K., Leng, Q., Zheng, J., Yang, H., . . . Zhang, L. (2021). Evaluation of physiological and molecular responses to acute heat stress in two chicken breeds. *animal*, *15*(2), 100106. https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100106

Ahaotu, E., De los Ríos, P., Ibe, L., & Singh, R. (2019). Climate change in poultry production system—A review. *Acta Scientific Agriculture*, *3*(9), 113-117.

Ahmad, R., Yu, Y.-H., Hsiao, F. S.-H., Su, C.-H., Liu, H.-C., Tobin, I., . . . Cheng, Y.-H. (2022). Influence of heat stress on poultry growth performance, intestinal inflammation, and immune function and potential mitigation by probiotics. *Animals*, *12*(17), 2297. https://doi.org/10.3390/ani12172297

Al-Qaisi, M., Abdelqader, A., Abuajamieh, M., Abedal-Majed, M. A., & Al-Fataftah, A.-R. A. (2023). Impacts of dietary betaine on rectal temperature, laying performance, metabolism, intestinal morphology, and follicular development in heat-exposed laying hens. *Journal of Thermal Biology*, *117*, 103714. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103714

Al-Sagan, A. A., Khalil, S., Hussein, E. O., & Attia, Y. A. (2020). Effects of fennel seed powder supplementation on growth performance, carcass characteristics, meat quality, and economic efficiency of broilers under thermoneutral and chronic heat stress conditions. *Animals*, *10*(2), 206. https://doi.org/10.3390/ani10020206

Alagawany, M., Farag, M., Abd El-Hack, M., & Patra, A. (2017). Heat stress: effects on productive and reproductive performance of quail. *World's Poultry Science Journal*, *73*(4), 747-756. https://doi.org/10.1017/S0043933917000782

Alam, S., Masood, S., Zaneb, H., Rabbani, I., Khan, R. U., Shah, M., . . . Alhidary, I. A. (2020). Effect of Bacillus cereus and phytase on the expression of musculoskeletal strength and gut health in Japanese quail (Coturnix japonica). *The Journal of Poultry Science*, *57*(3), 200-204. https://doi.org/10.2141/jpsa.0190057

Aslam, M. A., İpek, E., Riaz, R., Özsoy, Ş. Y., Shahzad, W., & Güleş, Ö. (2021). Exposure of broiler chickens to chronic heat stress increases the severity of white striping on the pectoralis major muscle. *Tropical animal health and production*, *53*, 1-10. https://doi.org/10.1007/s11250-021-02950-6

Aswathi, P., Bhanja, S., Kumar, P., Shyamkumar, T., Mehra, M., Bhaisare, D. B., & Rath, P. K. (2019). Effect of acute heat stress on the physiological and reproductive parameters of broiler breeder hens-A study under controlled thermal stress. *Indian Journal of Animal Research*, *53*(9), 1150-1155. https://doi.org/10.18805/ijar.B-3641

Attia, Y. A., Al-Harthi, M. A., El-Shafey, A. S., Rehab, Y. A., & Kim, W. K. (2017). Enhancing tolerance of broiler chickens to heat stress by supplementation with vitamin E, vitamin C and/or probiotics. *Annals of Animal Science*, *17*(4), 1155-1169. https://doi.org/10.1515/aoas-2017-0012

Awad, E., Zulkifli, I., Ramiah, S., Khalil, E., & Abdallh, M. (2021). Prebiotics supplementation: An effective approach to mitigate the detrimental effects of heat stress in broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*, *77*(1), 135-151. https://doi.org/10.1080/00439339.2020.1759222

Ayoub, M. A., EL-Adel, M. A., Nossair, M. A., Shaaban, S. I., Farag, H. E., Alaa, M. M., & Nehad, A. S. (2023). Impacts of Heat Stress on Some Performance Parameters of Broiler Chicken Reared Under Different Stocking Densities. *Journal of Advanced Veterinary Research*, *13*(4), 577-583.

Bayraktar, B., Tekce, E., Bayraktar, S., Böyük, G., Takma, Ç., Aksakal, V., . . . Gürbüz, A. B. (2023). Investigation of endocrine response of thyroid and intestinal and adipose tissues due to the addition of Moringa oleifera essential oil in diet for quails exposed to heat stress. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *52*. https://doi.org/10.37496/rbz5220210040

Bayraktar, B., Tekce, E., Kaya, H., Gürbüz, A. B., Dirican, E., Korkmaz, S., . . . Ülker, U. (2021). Adipokine, gut and thyroid hormone responses to probiotic application in chukar partridges (Alectoris chukar) exposed to heat stress. *Acta Veterinaria Hungarica*, *69*(3), 282-290. https://doi.org/10.1556/004.2021.00032

Bhawa, S., Morêki, J. C., & Machete, J. B. (2023). Poultry Management Strategies to Alleviate Heat Stress in Hot Climates: A Review. *Journal of World's Poultry Research*, *13*(1), 1-19. https://doi.org/10.36380/jwpr.2023.1

Biswal, J., Vijayalakshmy, K., T. K, B., & Rahman, H. (2022). Impact of heat stress on poultry production. *World's Poultry Science Journal*, *78*(1), 179-196. https://doi.org/10.3390/ani3020356

Calik, A., Emami, N. K., White, M. B., Walsh, M. C., Romero, L. F., & Dalloul, R. A. (2022). Influence of dietary vitamin E and selenium supplementation on broilers subjected to heat stress, Part I: Growth performance, body composition and intestinal nutrient transporters. *Poultry science*, *101*(6), 101857. https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101857

Cantet, J. M., Yu, Z., & Ríus, A. G. (2021). Heat stress-mediated activation of immune–inflammatory pathways. *Antibiotics*, *10*(11), 1285. https://doi.org/10.3390/antibiotics10111285

Chauvin, C., Hillion, S., Balaine, L., Michel, V., Peraste, J., Petetin, I., . . . Le Bouquin, S. (2011). Factors associated with mortality of broilers during transport to slaughterhouse. *animal*, *5*(2), 287-293. https://doi.org/10.1017/S1751731110001916

Chen, S., Yong, Y., & Ju, X. (2021). Effect of heat stress on growth and production performance of livestock and poultry: Mechanism to prevention. *Journal of Thermal Biology*, *99*, 103019. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2021.103019

Chiang, W., Booren, A., & Strasburg, G. (2008). The effect of heat stress on thyroid hormone response and meat quality in turkeys of two genetic lines. *Meat science*, *80*(3), 615-622. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.02.012

Ciftci, M., UG, S., MA, A., IH, C., & Tonbak, F. (2013). The effects of dietary rosemary (Rosmarinus officinalis L.) oil supplementation on performance, carcass traits and some blood parameters of Japanese quail under heat stressed condition. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *19*(4). https://doi.org/10.9775/kvfd.2012.8474

Cramer, T., Kim, H., Chao, Y., Wang, W., Cheng, H., & Kim, Y. (2018). Effects of probiotic (Bacillus subtilis) supplementation on meat quality characteristics of breast muscle from broilers exposed to chronic heat stress. *Poultry science*, *97*(9), 3358-3368. https://doi.org/10.3382/ps/pey176

das D. Ribeiro, J. C., Drumond, M. M., Mancha-Agresti, P., Guimarães, J. P., da C. Ferreira, D., Martins, M. I., . . . Ribeiro Junior, V. (2023). Diets Supplemented with Probiotics Improve the Performance of Broilers Exposed to Heat Stress from 15 Days of Age. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, *15*(5), 1327-1341. https://doi.org/10.1007/s12602-022-09989-3

Deng, W., Dong, X., Tong, J., & Zhang, Q. (2012). The probiotic Bacillus licheniformis ameliorates heat stress-induced impairment of egg production, gut morphology, and intestinal mucosal immunity in laying hens. *Poultry science*, *91*(3), 575-582. https://doi.org/10.3382/ps.2010-01293

Donald, D., & William, D. (2002). Commercial chicken meat and egg production. *Kluwer Academic Publishers*, *3*, 187-243.

El-Kassas, S., El-Naggar, K., Abdo, S. E., Abdo, W., Kirrella, A. A., El-Mehaseeb, I., & El-Magd, M. A. (2019). Dietary supplementation with copper oxide nanoparticles ameliorates chronic heat stress in broiler chickens. *Animal Production Science*, *60*(2), 254-268. https://doi.org/10.1071/AN18270

El-Moneim, A. E.-M. E. A., El-Wardany, I., Abu-Taleb, A. M., Wakwak, M. M., Ebeid, T. A., & Saleh, A. A. (2020). Assessment of in ovo administration of Bifidobacterium bifidum and Bifidobacterium longum on performance, ileal histomorphometry, blood hematological, and biochemical parameters of broilers. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, *12*, 439-450. https://doi.org/10.1007/s12602-019-09549-2

El-Tarabany, M. S. (2016). Effect of thermal stress on fertility and egg quality of Japanese quail. *Journal of Thermal Biology*, *61*, 38-43. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2016.08.004

Elbaz, A. M., Ashmawy, E. S., Salama, A. A., Abdel-Moneim, A.-M. E., Badri, F. B., & Thabet, H. A. (2022). Effects of garlic and lemon essential oils on performance, digestibility, plasma metabolite, and intestinal health in broilers under environmental heat stress. *BMC Veterinary Research*, *18*(1), 1-12. https://doi.org/10.1186/s12917-022-03530-y

Elnagar, S., Scheideler, S., & Beck, M. (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. *Poultry science*, *89*(9), 2001-2009. https://doi.org/10.3382/ps.2010-00728

Faseleh Jahromi, M., Wesam Altaher, Y., Shokryazdan, P., Ebrahimi, R., Ebrahimi, M., Idrus, Z., . . . Liang, J. B. (2016). Dietary supplementation of a mixture of Lactobacillus strains enhances performance of broiler chickens raised under heat stress conditions. *International Journal of Biometeorology*, *60*, 1099-1110. https://doi.org/10.1007/s00484-015-1103-x

Felver-Gant, J., Mack, L., Dennis, R., Eicher, S., & Cheng, H. (2012). Genetic variations alter physiological responses following heat stress in 2 strains of laying hens. *Poultry science*, *91*(7), 1542-1551. https://doi.org/10.3382/ps.2011-01988

Fouad, A., Chen, W., Ruan, D., Wang, S., Xia, W., & Zheng, C. (2016). Impact of heat stress on meat, egg quality, immunity and fertility in poultry and

nutritional factors that overcome these effects: A review. *International Journal of Poultry Science*, *15*(3), 81.

Gamba, J. P., Rodrigues, M. M., Garcia Neto, M., Perri, S. H. V., Faria Júnior, M. d. A., & Pinto, M. (2015). The strategic application of electrolyte balance to minimize heat stress in broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *17*, 237-245. https://doi.org/10.1590/1516-635x1702237-246

Ghazalah, A., Abd-Elsamee, M., & Ali, A. (2008). Influence of dietary energy and poultry fat on the response of broiler chicks to heat therm. *Int. J. Poult. Sci*, *7*(4), 355-359.

Giannenas, I., Sakkas, P., Papadopoulos, G. A., Mitsopoulos, I., Stylianaki, I., Dokou, S., . . . Robert, F. (2022). The association of curcuma and scutellaria plant extracts improves laying hen thermal tolerance and egg oxidative stability and quality under heat stress conditions. *Frontiers in Veterinary Science*, *9*, 957847. https://doi.org/10.3389/fvets.2022.957847

Goel, A., Ncho, C. M., & Choi, Y.-H. (2021). Regulation of gene expression in chickens by heat stress. *Journal of animal science and biotechnology*, *12*(1), 1-13. https://doi.org/10.1186/s40104-020-00523-5

Gonzalez-Rivas, P. A., Chauhan, S. S., Ha, M., Fegan, N., Dunshea, F. R., & Warner, R. D. (2020). Effects of heat stress on animal physiology, metabolism, and meat quality: A review. *Meat science*, *162*, 108025. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108025

Granquist, E. G., Vasdal, G., De Jong, I. C., & Moe, R. O. (2019). Lameness and its relationship with health and production measures in broiler chickens. *animal*, *13*(10), 2365-2372. https://doi.org/10.1017/S1751731119000466

Habashy, W. S., Milfort, M. C., Rekaya, R., & Aggrey, S. E. (2019). Cellular antioxidant enzyme activity and biomarkers for oxidative stress are affected by heat stress. *International Journal of Biometeorology*, *63*, 1569-1584. https://doi.org/10.1007/s00484-019-01769-z

Hakan, İ. (2019). Yumurtacı Bıldırcınlarda Sıcaklık Stresine Karşı Probiyotik Kullanımının Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, *6*(4), 887-892. https://doi.org/10.30910/turkjans.633628

He, J., He, Y., Pan, D., Cao, J., Sun, Y., & Zeng, X. (2019). Associations of gut microbiota with heat stress-induced changes of growth, fat deposition, intestinal morphology, and antioxidant capacity in ducks. *Frontiers in Microbiology*, *10*, 903. https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00903

Hirakawa, R., Nurjanah, S., Furukawa, K., Murai, A., Kikusato, M., Nochi, T., & Toyomizu, M. (2020). Heat stress causes immune abnormalities via massive damage to effect proliferation and differentiation of lymphocy-

tes in broiler chickens. *Frontiers in Veterinary Science*, *7*, 46. https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00046

Humam, A. M., Loh, T. C., Foo, H. L., Izuddin, W. I., Awad, E. A., Idrus, Z., . . . Mustapha, N. M. (2020). Dietary supplementation of postbiotics mitigates adverse impacts of heat stress on antioxidant enzyme activity, total antioxidant, lipid peroxidation, physiological stress indicators, lipid profile and meat quality in broilers. *Animals*, *10*(6), 982. https://doi.org/10.3390/ani10060982

Jiang, S., Yan, F.-F., Hu, J.-Y., Mohammed, A., & Cheng, H.-W. (2021). Bacillus subtilis-based probiotic improves skeletal health and immunity in broiler chickens exposed to heat stress. *Animals*, *11*(6), 1494. https://doi.org/10.3390/ani11061494

Karl, J. P., Hatch, A. M., Arcidiacono, S. M., Pearce, S. C., Pantoja-Feliciano, I. G., Doherty, L. A., & Soares, J. W. (2018). Effects of psychological, environmental and physical stressors on the gut microbiota. *Frontiers in Microbiology*, *9*, 2013. https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02013

Khan, R. U., Naz, S., Ullah, H., Ullah, Q., Laudadio, V., Qudratullah, . . . Tufarelli, V. (2023). Physiological dynamics in broiler chickens under heat stress and possible mitigation strategies. *Animal Biotechnology*, *34*(2), 438-447. https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1972005

Kim, D.-H., Lee, Y.-K., Kim, S.-H., & Lee, K.-W. (2020). The impact of temperature and humidity on the performance and physiology of laying hens. *Animals*, *11*(1), 56. https://doi.org/10.3390/ani11010056

Lan, P. T. N., Sakamoto, M., & Benno, Y. (2004). Effects of two probiotic Lactobacillus strains on jejunal and cecal microbiota of broiler chicken under acute heat stress condition as revealed by molecular analysis of 16S rRNA genes. *Microbiology and immunology*, *48*(12), 917-929. https://doi.org/10.1111/j.1348-0421.2004.tb03620.x

Lara, L. J., & Rostagno, M. H. (2013). Impact of heat stress on poultry production. *Animals*, *3*(2), 356-369. https://doi.org/10.3390/ani3020356

Lee, M., Park, H., Heo, J. M., Choi, H. J., & Seo, S. (2021). Multi-tissue transcriptomic analysis reveals that L-methionine supplementation maintains the physiological homeostasis of broiler chickens than D-methionine under acute heat stress. *Plos one*, *16*(1), e0246063. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246063

Li, Q., Wan, G., Peng, C., Xu, L., Yu, Y., Li, L., & Li, G. (2020). Effect of probiotic supplementation on growth performance, intestinal morphology, barrier integrity, and inflammatory response in broilers subjected to cyclic heat stress. *Animal science journal*, *91*(1), e13433. https://doi.org/10.1111/asj.13433

Lin, H., Jiao, H., Buyse, J., & Decuypere, E. (2006). Strategies for preventing heat stress in poultry. *World's Poultry Science Journal*, *62*(1), 71-86.

Lozano, C., De Basilio, V., Oliveros, I., Alvarez, R., Colina, I., Bastianelli, D., . . . Picard, M. (2006). Is sequential feeding a suitable technique to compensate for the negative effects of a tropical climate in finishing broilers? *Animal Research*, *55*(1), 71-76.

Luo, X., Zheng, C., Xia, W., Ruan, D., Wang, S., Cui, Y., . . . Zhang, Y. (2018). Effects of constant or intermittent high temperature on egg production, feed intake, and hypothalamic expression of antioxidant and pro-oxidant enzymes genes in laying ducks. *Journal of animal science*, *96*(12), 5064-5074. https://doi.org/10.1093/jas/sky355

Ma, D., Liu, Q., Zhang, M., Feng, J., Li, X., Zhou, Y., & Wang, X. (2019). iTRAQ-based quantitative proteomics analysis of the spleen reveals innate immunity and cell death pathways associated with heat stress in broilers (Gallus gallus). *Journal of proteomics*, *196*, 11-21. https://doi.org/10.1016/j.jprot.2019.01.012

Mack, L., Felver-Gant, J., Dennis, R., & Cheng, H. (2013). Genetic variations alter production and behavioral responses following heat stress in 2 strains of laying hens. *Poultry science*, *92*(2), 285-294. https://doi.org/10.3382/ps.2012-02589

Marouf, S., Khalf, M. A., Alorabi, M., El-Shehawi, A. M., El-Tahan, A. M., Abd El-Hack, M. E., . . . Salem, H. M. (2022). Mycoplasma gallisepticum: a devastating organism for the poultry industry in Egypt. *Poultry science*, *101*(3), 101658. https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101658

Mashaly, M., Hendricks 3rd, G., Kalama, M., Gehad, A., Abbas, A., & Patterson, P. (2004). Effect of heat stress on production parameters and immune responses of commercial laying hens. *Poultry science*, *83*(6), 889-894. https://doi.org/10.1093/ps/83.6.889

McDaniel, C., Hood, J., & Parker, H. (2004). An attempt at alleviating heat stress infertility in male broiler breeder chickens with dietary ascorbic acid. *Int. J. Poult. Sci*, *3*(9), 593-602.

Miragliotta, M. Y., Nääs, I. d. A., Manzione, R. L., & Nascimento, F. F. d. (2006). Spatial analysis of stress conditions inside broiler house under tunnel ventilation. *Scientia Agricola*, *63*, 426-432. https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000500002

Mishra, B., & Jha, R. (2019). Oxidative stress in the poultry gut: Potential challenges and interventions. *Frontiers in Veterinary Science*, *6*, 60. https://doi.org/10.3389/fvets.2019.00060

Mohammed, A., Zaki, R., Negm, E., Mahmoud, M., & Cheng, H. (2021). Effects of dietary supplementation of a probiotic (Bacillus subtilis) on

bone mass and meat quality of broiler chickens. *Poultry science*, *100*(3), 100906. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.11.073

Moritz, J., Beyer, R., Wilson, K., Cramer, K., McKinney, L., & Fairchild, F. (2001). Effect of moisture addition at the mixer to a corn-soybean-based diet on broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research*, *10*(4), 347-353. https://doi.org/10.1093/japr/10.4.347

Muhammed, R. J., Shanoon, A. Q., & Mustafa, N. A. (2023). Effect of adding lycopene and vitamin C to the diets on the productive performance of broiler chickens raised under heat stress. *Kirkuk University Journal For Agricultural Sciences*, *14*(3), 170-175. https://doi.org/ 10.58928/ku23.14318.

Naga Raja Kumari, K., & Narendra Nath, D. (2018). Ameliorative measures to counter heat stress in poultry. *World's Poultry Science Journal*, *74*(1), 117-130. https://doi.org/10.1017/S0043933917001003

Nawab, A., Ibtisham, F., Li, G., Kieser, B., Wu, J., Liu, W., . . . Xiao, M. (2018). Heat stress in poultry production: Mitigation strategies to overcome the future challenges facing the global poultry industry. *Journal of Thermal Biology*, *78*, 131-139. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.08.010

Nawaz, A. H., Amoah, K., Leng, Q. Y., Zheng, J. H., Zhang, W. L., & Zhang, L. (2021). Poultry response to heat stress: Its physiological, metabolic, and genetic implications on meat production and quality including strategies to improve broiler production in a warming world. *Frontiers in Veterinary Science*, *8*, 699081. https://doi.org/Poultry response to heat stress: Its physiological, metabolic, and genetic implications on meat production and quality including strategies to improve broiler production in a warming world

Okonkwo, S., & Ahaotu, E. (2019). Management of laying birds in deep litter and battery cage systems in Orlu Local Government Area of Imo State, Nigeria: A comparative study. *International Journal of Research in Agriculture and Forestry*, *6*(3), 21-29.

Oloyo, A. (2018). The use of housing system in the management of heat stress in poultry production in hot and humid climate: A review. *Poultry Science Journal*, *6*(1), 1-9. https://doi.org/ 10.22069/psj.2018.13880.1284

Ölmez, M. (2021). Japon Bıldırcını Diyetlerinde Betain kullanımının Büyüme Performansı, karkas ve Duodenum Villus Uzunluğu Üzerine Etkisi. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, *6*(3), 390-394. https://doi.org/10.35229/jaes.915295

Ölmez, M., Şahin, T., Karadağoğlu, Ö., Karadağ Sari, E., Adigüzel Işik, S., Kirmizibayrak, T., & Yörük, M. (2020). The impact of an essential oil mixture on growth performance and intestinal histology in native Turkish geese (Anser anser) Yerli türk kazlarında (Anser anser) esansiyel yağ karışımının büyüme performansı ve bağırsak histolojisi üzerine etkisi. *Kaf-*

kas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, *26*(5). https://doi.org/10.9775/kvfd.2020.24070

Ölmez, M., Şahİn, T., Karadağoğlu, Ö., Uysal, S., BekİnkayaN, B., Fİlİzoğlu, E., & Yörük, M. A. (2021). Sıcaklık Stresi Altındaki Yumurtacı Bıldırcınlarda Probiyotik İlavesinin Perfor-mans ve Yumurta Kalitesi Üzerini Etkisi. *Van Sağlık Bilimleri Dergisi*, *14*(2), 228-236. https://doi.org/10.52976/vansaglik.971273

Purswell, J. L., Dozier III, W. A., Olanrewaju, H. A., Davis, J. D., Xin, H., & Gates, R. S. (2012). Effect of temperature-humidity index on live performance in broiler chickens grown from 49 to 63 days of age. 2012 IX International Livestock Environment Symposium (ILES IX),

Qaid, M. M., Al-Mufarrej, S. I., Azzam, M. M., Al-Garadi, M. A., Albaadani, H. H., Alhidary, I. A., & Aljumaah, R. S. (2021). Growth performance, serum biochemical indices, duodenal histomorphology, and cecal microbiota of broiler chickens fed on diets supplemented with cinnamon bark powder at prestarter and starter phases. *Animals*, *11*(1), 94. https://doi.org/10.3390/ani11010094

Quinteiro-Filho, W. M., Gomes, A., Pinheiro, M. L., Ribeiro, A., Ferraz-de-Paula, V., Astolfi-Ferreira, C. S., . . . Palermo-Neto, J. (2012). Heat stress impairs performance and induces intestinal inflammation in broiler chickens infected with Salmonella Enteritidis. *Avian Pathology*, *41*(5), 421-427. https://doi.org/10.1080/03079457.2012.709315

Rath, P., Behura, N., Sahoo, S., Panda, P., Mandal, K., & Panigrahi, P. (2015). Amelioration of heat stress for poultry welfare: a strategic approach. *International Journal of Livestock Research*, *5*(3), 1-9. https://doi.org/10.5455/ijlr.20150330093915

Reda, F. M., El-Saadony, M. T., Elnesr, S. S., Alagawany, M., & Tufarelli, V. (2020). Effect of dietary supplementation of biological curcumin nanoparticles on growth and carcass traits, antioxidant status, immunity and caecal microbiota of Japanese quails. *Animals*, *10*(5), 754. https://doi.org/10.3390/ani10050754

Rimoldi, S., Lasagna, E., Sarti, F. M., Marelli, S. P., Cozzi, M. C., Bernardini, G., & Terova, G. (2015). Expression profile of six stress-related genes and productive performances of fast and slow growing broiler strains reared under heat stress conditions. *Meta gene*, *6*, 17-25. https://doi.org/10.1016/j.mgene.2015.08.003

Rostagno, M. H. (2020). Effects of heat stress on the gut health of poultry. *Journal of animal science*, *98*(4), skaa090. https://doi.org/10.1093/jas/skaa090

Saeed, M., Abbas, G., Alagawany, M., Kamboh, A. A., Abd El-Hack, M. E., Khafaga, A. F., & Chao, S. (2019). Heat stress management in poultry farms: A comprehensive overview. *Journal of Thermal Biology*, *84*, 414-425. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.07.025

Sahin, T., Kaya, I., Sarı, M., & Kaya, O. (2011). The effect of single and combined use of probiotic and humate in quail (Coturnix coturnix Japonica) diet on fatttening performance and carcass parameters. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *17*(1). https://doi.org/10.9775/kvfd.2010.640

Sahin, T., Kaya, I., Unal, Y., & Elmali, D. A. (2008). Dietary supplementation of probiotic and prebiotic combination (Combiotics) on performance, carcass quality and blood parameters in growing quails. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, *7*(11), 1370-1373.

Salem, H. M., Salaeh, N. M., Ragni, M., Swelum, A. A., Alqhtani, A. H., Abd El-Hack, M. E., . . . Attia, M. M. (2022). Incidence of gastrointestinal parasites in pigeons with an assessment of the nematocidal activity of chitosan nanoparticles against Ascaridia columbae. *Poultry science*, *101*(6), 101820. https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101820

Sayed, Y., Hassan, M., Salem, H. M., Al-Amry, K., & Eid, G. E. (2023). Prophylactic influences of prebiotics on gut microbiome and immune response of heat-stressed broiler chickens. *Scientific Reports*, *13*(1), 13991. https://doi.org/10.1038/s41598-023-40997-7

Setta, A., Salem, H. M., Elhady, M., El-Hussieny, A., & Arafa, A. S. (2018). Molecular and genetic characterization of infectious bronchitis viruses isolated from commercial chicken flocks in Egypt between 2014 and 2016. *Journal of World's Poultry Research*, *8*(1), 1-7.

Shakeri, M., Zulkifli, I., Soleimani, A., o'Reilly, E., Eckersall, P., Anna, A., . . . Abdullah, F. (2014). Response to dietary supplementation of L-glutamine and L-glutamate in broiler chickens reared at different stocking densities under hot, humid tropical conditions. *Poultry science*, *93*(11), 2700-2708. https://doi.org/10.3382/ps.2014-03910

Shi, D., Bai, L., Qu, Q., Zhou, S., Yang, M., Guo, S., . . . Liu, C. (2019). Impact of gut microbiota structure in heat-stressed broilers. *Poultry science*, *98*(6), 2405-2413. https://doi.org/10.3382/ps/pez026

Shukla, P. R., Skea, J., Calvo Buendia, E., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H. O., Roberts, D., . . . Van Diemen, R. (2019). IPCC, 2019: Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.

Sohail, M., Rahman, Z., Ijaz, A., Yousaf, M., Ashraf, K., Yaqub, T., . . . Rehman, H. (2011). Single or combined effects of mannan-oligosaccharides and probiotic supplements on the total oxidants, total antioxidants, enzymatic antioxidants, liver enzymes, and serum trace minerals in cyclic heat-stressed broilers. *Poultry science*, *90*(11), 2573-2577. https://doi.org/10.3382/ps.2011-01502

Sohail, M. U., Ijaz, A., Younus, M., Shabbir, M. Z., Kamran, Z., Ahmad, S., . . . Shahzad, A. (2013). Effect of supplementation of mannan oligosac-

charide and probiotic on growth performance, relative weights of viscera, and population of selected intestinal bacteria in cyclic heat-stressed broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, *22*(3), 485-491. https://doi.org/10.3382/japr.2012-00682

Sohail, M. U., Ijaz, A., Yousaf, M., Ashraf, K., Zaneb, H., Aleem, M., & Rehman, H. (2010). Alleviation of cyclic heat stress in broilers by dietary supplementation of mannan-oligosaccharide and Lactobacillus-based probiotic: Dynamics of cortisol, thyroid hormones, cholesterol, C-reactive protein, and humoral immunity. *Poultry science*, *89*(9), 1934-1938. https://doi.org/10.3382/ps.2010-00751

Soleimani, A., Zulkifli, I., Omar, A., & Raha, A. (2011). Physiological responses of 3 chicken breeds to acute heat stress. *Poultry science*, *90*(7), 1435-1440. https://doi.org/10.3382/ps.2011-01381

Song, J., Xiao, K., Ke, Y., Jiao, L., Hu, C., Diao, Q., . . . Zou, X. (2014). Effect of a probiotic mixture on intestinal microflora, morphology, and barrier integrity of broilers subjected to heat stress. *Poultry science*, *93*(3), 581-588. https://doi.org/10.3382/ps.2013-03455

Strong, R. A., Hester, P. Y., Eicher, S. D., Hu, J., & Cheng, H.-W. (2015). The effect of cooled perches on immunological parameters of caged white leghorn hens during the hot summer months. *Plos one*, *10*(10), e0141215. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141215

Suliman, G. M., Hussein, E. O., Al-Owaimer, A. N., Alhotan, R. A., Al-Garadi, M. A., Mahdi, J. M., . . . Swelum, A. A.-A. (2023). Betaine and nano-emulsified vegetable oil supplementation for improving carcass and meat quality characteristics of broiler chickens under heat stress conditions. *Frontiers in Veterinary Science*, *10*, 1147020. https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1147020

Suswoyo, I., Ismoyowati, I., Widodo, W., & Vincēviča–Gaile, Z. (2021). The Use of Probiotic and Antioxidants to Improve Welfare and Production of Layer Duck at Commercial Farms for Global Warming Mitigation. E3S Web of Conferences,

Syafwan, S., Kwakkel, R., & Verstegen, M. (2011). Heat stress and feeding strategies in meat-type chickens. *World's Poultry Science Journal*, *67*(4), 653-674.

Tang, L.-P., Liu, Y.-L., Zhang, J.-X., Ding, K.-N., Lu, M.-H., & He, Y.-M. (2022). Heat stress in broilers of liver injury effects of heat stress on oxidative stress and autophagy in liver of broilers. *Poultry science*, *101*(10), 102085. https://doi.org//10.1016/j.psj.2022.102085

Tekce, E., Bayraktar, B., Aksakal, V., Dertli, E., Kamiloglu, A., Topcu, K. C., & Yasulergezer, N. (2020). Influence of Lactobacillus reuteri on internal organ weight, performance and meat quality of Japanese quail (Coturnix

coturnix japonica) under heat stress. *European Poultry Science*. https://doi.org/10.1399/eps.2020.304s

Tekce, E., Bayraktar, B., Aksakal, V., Dertli, E., Kamiloğlu, A., Çinar, K., . . . Gül, M. (2020). Effects of Lactobacillus reuteri E81 added into rations of Chukar partridges (Alectoris Chukar) fed under heat stress conditions on fattening performance and meat quality. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *22*. https://doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1246

Tóth, R., Tokodyné Szabadi, N., Lázár, B., Buda, K., Végi, B., Barna, J., . . . Gócza, E. (2021). Effect of Post-Hatch Heat-Treatment in Heat-Stressed Transylvanian Naked Neck Chicken. *Animals*, *11*(6), 1575. https://doi.org/10.3390/ani11061575

Uyanga, V. A., Oke, E. O., Amevor, F. K., Zhao, J., Wang, X., Jiao, H., . . . Lin, H. (2022). Functional roles of taurine, L-theanine, L-citrulline, and betaine during heat stress in poultry. *Journal of animal science and biotechnology*, *13*(1), 1-20. https://doi.org/10.1186/s40104-022-00675-6

Uzum, M., & Toplu, H. (2013). Broilers performance under heat stress 547 Material and Methods Experimental birds and management. *Rev. Méd. Vét*, *164*, 546-554.

Van Goor, A., Ashwell, C. M., Persia, M. E., Rothschild, M. F., Schmidt, C. J., & Lamont, S. J. (2017). Unique genetic responses revealed in RNA-seq of the spleen of chickens stimulated with lipopolysaccharide and short-term heat. *Plos one*, *12*(2), e0171414. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171414

Vandana, G., Sejian, V., Lees, A., Pragna, P., Silpa, M., & Maloney, S. K. (2021). Heat stress and poultry production: impact and amelioration. *International Journal of Biometeorology*, *65*, 163-179. https://doi.org/10.1007/s00484-020-02023-7

Wang, L., Lilburn, M., & Yu, Z. (2016). Intestinal microbiota of broiler chickens as affected by litter management regimens. *Frontiers in Microbiology*, *7*, 593. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00593

Wang, M., Zhang, J., Huang, X., Liu, Y., & Zeng, J. (2022). Effects of dietary macleaya cordata extract on growth performance, biochemical indices, and intestinal microbiota of yellow-feathered broilers subjected to chronic heat stress. *Animals*, *12*(17), 2197. https://doi.org/10.3390/ani12172197

Wang, S., Mahfuz, S., & Song, H. (2019). Effects of flammulinavelutipes stem base on microflora and volatile fatty acids in caecum of growing layers under heat stress condition. *Brazilian Journal of Poultry Science*, *21*. https://doi.org/10.1590/1806-9061-2019-0989

Wang, W., Yan, F., Hu, J., Amen, O., & Cheng, H. (2018). Supplementation of Bacillus subtilis-based probiotic reduces heat stress-related behaviors

and inflammatory response in broiler chickens. *Journal of animal science*, *96*(5), 1654-1666. https://doi.org/10.1093/jas/sky092

Wasti, S., Sah, N., & Mishra, B. (2020). Impact of heat stress on poultry health and performances, and potential mitigation strategies. *Animals*, *10*(8), 1266. https://doi.org/10.3390/ani10081266

Won, S. Y., Han, G. P., Kwon, C. H., Lee, E. C., & Kil, D. Y. (2023). Effect of individual or combination of dietary betaine and glycine on productive performance, stress response, liver health, and intestinal barrier function in broiler chickens raised under heat stress conditions. *Poultry science*, *102*(7), 102771. https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102771

Yan, F.-f., Wang, W.-c., & Cheng, H.-w. (2020). Bacillus subtilis–based probiotic promotes bone growth by inhibition of inflammation in broilers subjected to cyclic heating episodes. *Poultry science*, *99*(11), 5252-5260. https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.051

Yildirim, Ö., Aydin, S. S., Korkmaz, Ö., Korkmaz, D., Demircioğlu, İ., Kirar, N., . . . Tekçe, A. (2022). Sıcaklık stresindeki bıldırcınlarda probiyotik uygulamasının ovidukt ve ovaryum morfolojisine etkileri. *Etlik Veteriner Mikrobiyoloji Dergisi*, *33*(1), 89-96. https://doi.org/10.35864/evmd.1105912

Yilmaz, E., & Gul, M. (2023). Correction to: Effects of cumin (Cuminum cyminum L.) essential oil and chronic heat stress on growth performance, carcass characteristics, serum biochemistry, antioxidant enzyme activity, and intestinal microbiology in broiler chickens. *Veterinary research communications*, *47*(2), 877. https://doi.org/10.1007/s11259-022-10048-z

Yosi, F., Widjastuti, T., & Setiyatwan, H. (2017). Performance and physiological responses of broiler chickens supplemented with potassium chloride in drinking water under environmental heat stress. *Asian J. Poult. Sci*, *11*, 31-37.

Zhu, L., Liao, R., Wu, N., Zhu, G., & Yang, C. (2019). Heat stress mediates changes in fecal microbiome and functional pathways of laying hens. *Applied microbiology and biotechnology*, *103*, 461-472. https://doi.org/10.1007/s00253-018-9465-8