



Etlık Piliç Refahının Tespitinde Yeni Nesil Teknolojik Sistemlerin Önemi

Arda AYDIN

ÇOMÜ, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 17020-Çanakkale, Türkiye

Sorumlu yazar: araydin@comu.edu.tr

Özet

Bu çalışmanın ana amacı, yeni nesil teknolojilerin ve yöntemlerin etlik piliçlerin refah seviyelerini belirlemek için nasıl kullanıldığını belirlemektir. İnceleme için sorulan ilk soru, "Hangi teknolojiler refahla ilgilidir?" İkinci soru ise, bu teknolojik sistemler ile etlik piliçlerin refah düzeyi belirlenebilir mi? Etlik piliçlerin değerlendirilmesi için kullanılan Refah Kalitesi® protokolü, kullanılan teknolojik sistemlerin analiz edilmesi için bir çerçeve olarak kullanılmıştır. Araştırmada, Web of Science ve Scopus veri tabanlarından elde edilen hakemli makaleler kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, refah kalitesi protokolü içinde yer alan "İyi sağlık" ilkesi, yeni nesil teknolojilerin kullanıldığı çalışmalarda ele alınan ana kriterken, en az gözlemlenen ilke "iyi beslenme" ilkesi olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada aynı zamanda teknolojik sistemlerin kullanımlarına göre (konum, üretim sistemi ve ölçülen değişkenler) değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, yeni nesil teknolojilerin ana odak noktasının etlik piliç tesisleri ile ilgili sorunlar olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte piliçlerin serbest dolaştığı sistemlere, mezbahalara ve taşıma sorunlarına daha az dikkat edildiği görülmektedir. Yeni nesil teknolojilerin kullanımı ile elde edilen değerli çıktılar göz önüne alındığında, bu teknolojilerin etlik piliç üretiminde kullanımı, çiftçi adaptasyonunu da dikkate alarak teşvik edilmeye devam edilmelidir.

Anahtar kelimeler: Hayvan refahı, otomatik tespit, ses analizi, görüntü işleme, hayvan sağlığı

The Eminence of New Generation Technological Systems in Determining Broiler Welfare

Abstract

The main purpose of this study is to define how new generation technologies and methods are being utilized to determine the broiler welfare. The first question asked for the study is "Which technologies are related to broiler welfare?" Second one is "These technological systems can detect the broiler welfare level?" The Welfare Quality protocol, used for the evaluation of broilers, was used as a gold standard for analysing the technological systems used. In the research, peer-reviewed articles obtained from Web of Science and Scopus databases were used. According to the data obtained as a result of the study, the principle of "good health" included in the welfare quality protocol was the main criterion addressed in studies using new generation technologies, while the least observed principle was determined as the principle of "good nutrition". In this study, the evaluation of technological systems according to their usage (location, production system and measured variables) was also performed. The findings reveal that the main pivotal of the new generation technologies is the problems related to broiler farming houses. However, less attention seems to be paid to free-range broiler farming, abattoir and transportation problems. Considering the precious outcome achieved by the use of the new generation technologies, the utilizing of these technologies in poultry farming must keep to be hearten, by taking into account farmer adaptation.

Keywords: Animal welfare, automatic detection, sound analysis, image processing, animal health

Giriş

Dünya nüfusundaki artış ile birlikte artan gıda ihtiyacı tüm gıda üretim sektörleri üzerinde baskı oluşturmakta ve özellikle tarım ve hayvancılıktaki faaliyetlerin daha üretken, daha verimli ve sürdürülebilir olması gerektiğini ortaya koymaktadır. Protein kaynağı bakımından kanatlı eti şu anda dünya çapında üretilen ana hayvansal protein kaynaklarından biridir ve önümüzdeki yıllarda bu kaynağa olan talebin artacağı öngörülmektedir. 2028 yılına kadar dünya hayvansal protein talebinin yaklaşık %38'ini oluşturması beklenmektedir (OECD/FAO, 2019). Bu talebin nasıl karşılanacağı sorusuyla birlikte özellikle çiftlik hayvanlarının refah seviyelerinin nasıl korunacağı sorusu birçok bilimsel tartışmada öne çıkmıştır. Hayvan refahının, sürdürülebilir hayvancılık ile sıkı bir şekilde ilişkili olduğu ortadadır. Hayvan refahının sürdürülebilir hayvancılığın temellerinden biri olduğu için çiftlik hayvanları için yeterli yaşam koşullarını sağlamanın insanların görevi olduğu bilinmektedir (Broom 2010).

Bununla birlikte, çiftlik hayvanları için yüksek refah seviyeleri sağlamak, genellikle büyük ölçekli tesislerde oldukça zor bir iştir. Çünkü, geçmişte hayvan yetiştiriciliği, çiftlik başına daha az sayıda hayvanın olduğu ve neredeyse tek tek yönetilebildiği bir geçim faaliyetiyken günümüzde çiftçilere marjinal gelir sağlayan yoğun üretim sistemleri haline dönüşmüş ve çiftlik işçisi başına düşen bireysel hayvan sayısı inanılmaz oranda artmıştır (Honorato ve ark., 2012). Bu durum da yeni nesil yönetim araçları ve teknolojileri olmadan hayvanlarla bireysel olarak ilgilenmenin imkânsız olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, hayvan refahının tespiti ve yönetimi, dünyanın hayvansal protein talebini karşılarken ele alınması gereken büyük bir zorluktur (Blokhuis ve ark., 2010).

Avrupa Komisyonu Çiftlik hayvanlarının refahını değerlendirmek için 2004 yılında Refah Kalitesi adlı projeyi başlatmıştır. Bu proje ile, çiftlikte ve /veya mezbahada ölçülebilen 12 kritere dayalı olarak dört ana ilke (iyi beslenme, iyi barınma, iyi sağlık ve uygun davranış) belirlenmiştir (Welfare Quality, 2009). Projenin tamamlanmasının ardından Avrupa Birliği tarafından benimsenen protokol kriterleri çeşitli araştırmacılar tarafından çok çeşitli amaçlar için bir çerçeve olarak kullanılmıştır (Tuytens ve ark., 2015; Vanhonacker ve ark., 2016; Gocsik ve ark. 2016; Wilhelmsson ve ark. 2019;). Ancak bu kriterlerin yoğun hayvancılığın yapıldığı ve binlerce hayvanın bulunduğu etlik piliç tesislerinde uygulanması kolay değildir. Çünkü bu değerlendirme tek bir çiftlikte yaklaşık olarak dört saat kadar sürdüğünden oldukça zaman alan ve işgücü gerektiren bir faaliyettir (De Jong ve ark., 2015). Bunun yanında ölçümler bireysel bir gözlemci tarafından yapıldığından, puanlamadaki farklılıklar gözlemciler arası değişkenliğe bağlı olabilir ve gerçek hayvan refahı seviyesini göstermeyebilir (Rushen ve ark., 2012). Ayrıca bu değerlendirme genellikle kesimden sonraki beş gün içinde gerçekleştirilir, bu nedenle değerlendirme, yaşam süresi boyunca yaşam koşulları dikkate alınmadan, hayvanların yaşamının belirli bir zamanındaki anlık bir görüntüyü ortaya koymaktadır (Webster, 2009).

Refah Kalitesi yönteminin sahip olduğu bu kısıtlar nedeniyle, çiftliklerin refah değerlendirmesinde sensörler, kameralar, makine öğrenimi, kablosuz sistemler ve mobil yazılım uygulamaları gibi yeni nesil teknolojilerin geliştirilmesi ve kullanılması hızla artmaktadır (Jukan ve ark., 2017). Hassas çiftlik hayvancılığı yaklaşımını içeren bu yeniliklerin birçoğu, çiftliklerin yönetimine yardımcı olmak ve bir hayvanın durumunu ve çevresini daha iyi kontrol etmek için hayvan üretim sistemlerine uygulanmaktadır. Yeni nesil teknolojileri kullanan hassas çiftlik hayvancılığı yöntemi değişkenlerin kontrolünü artırabilir ve bu bilgilerin üretim zincirinin sektörleri arasında paylaşılmasını sağlayabilir. Bu nedenle, yeni nesil teknolojilerin sorunları nasıl ele alabileceğini ve etlik piliçlerin refahını nasıl artırabileceğini belirlemek ve değerlendirmek önem arz etmektedir. Bu çalışmada, Refah Kalitesi (WQ®), piliçlerin refahıyla ilgili değişkenlerin yakalanmasına, ölçülmesine, işlenmesine ve kontrol edilmesine yardımcı olabilecek yeni nesil teknolojileri tanımlamak ve analiz etmek, bu teknolojilerin etlik piliçlerin refahıyla ilgili temel endişeleri nasıl ele aldığını değerlendirmek ve olası sorunlara karşı uyarıda bulunmak ve gelecekteki çalışmaları teşvik etmek ile birlikte yeni nesil teknolojiler ve refah konuları arasındaki olası boşluklara ilişkin öngörülerini sağlamak için bir çerçeve olarak kullanılmıştır.

Yeni nesil teknolojiler, ölçülen süreçler hakkında bilgi elde etmek için büyük miktarda veri ve bilginin oluşturulmasına olanak sağlar. Etlik piliç refahı ile ilgili olarak, kameraların kümes hayvanları tarafından ifade edilen davranışların sıklığı, süresi ve sırasına ilişkin göstergeleri ölçebilmesinin yanında, etlik piliçlerin uzamsal dağılımını ve hareket özelliklerini analiz ederek kümes hayvanı sürülerinde diz yanması ve topallığa bağlı yürüme anormalliklerini de tespit edebilir (Costa ve ark., 2012; Dawkins ve ark., 2012). Benzer şekilde, hayvan davranışlarını sürekli bir şekilde izlemek için etlik piliç kümeslerine yerleştirilen kameralar kullanılarak kanatlı yeme ve içme modelleri oluşturulabilir. Ayrıca sadece kanatlıların tepkisini değil, aynı zamanda barınma koşullarını da izlemek, çiftçilere etlik piliçlerin refahının yönetilmesine yardımcı olacak ilginç bilgiler sağlayabilir. Örneğin, bir kuşun seslendirme tepkisi, sıcaklık stresini tahmin etmek için kullanılabilir (Bright, 2008). Bunu takiben, veriler değerlendirilebilir ve bilgiler çiftçilere sunularak eyleme geçmeleri sağlanabilir (Van Hertem ve ark., 2017). Genel olarak değerlendirildiğinde, hassas hayvancılık yaklaşımı ile kullanılan yeni nesil teknolojilerin araştırma ve kanatlı davranışının pratik değerlendirmelerinde ve uygun çevre koşullarında potansiyel olarak güçlü bir role sahip oldukları görülmektedir. Bu alanda geliştirilen yeni nesil teknolojilerin üstlendikleri rol çiftlik hayvanlarının yönetimine yönelik olmasına rağmen, hepsi hayvanların refahlarıyla ilgili değildir. Ayrıca, yeni nesil teknolojik sistemler farklı şekillerde farklı refah ilkelerine de odaklanabilir. Bu nedenle, bu çalışmada yalnızca etlik piliçlerin refahı ile ilişkili yeni nesil teknolojik sistemler değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Bu sistematik araştırmaya rehberlik eden ana soru, "Hangi teknolojiler refahla ilgilidir ve bu teknolojik sistemler etlik piliçlerin refah düzeyini nasıl belirler?" olmuştur. Araştırmada, Web of Science ve Scopus veri tabanlarından elde edilen hakemli makaleler kullanılmıştır. İlgili makaleler konu ile ilişkili anahtar kelimeler kullanılarak aranmıştır. Elde edilen her makalenin başlığı ve özeti okunarak ilişki durumuna göre bir seçim sürecinden geçirilmiştir. Ardından mükerrer makaleler belirlenerek ayrıştırma aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada, seçilen makaleler tamamen okunarak alanlarına göre sınıflandırılmış ve analiz edilmiştir. Son olarak özetleme aşamasında görselleştirmeler oluşturulmuş ve sonuçlar yazılmıştır. Çalışmanın amacı konuyla ilgili tüm makaleleri değerlendirmek olduğu için yayın yılı için herhangi bir sınırlama belirlenmemiştir. Başlangıçta sadece "etlik piliç", "teknoloji" ve "refah" terimleri ile İngilizce karşılıkları kullanılmıştır. Ardından, seçilen makaleler okunarak, mevcut derlemenin amacı ile ilgili diğer çalışmalar belirlenmiş ve aramaya yeni anahtar kelimeler eklenmiştir. Bu anahtar kelimeler Web of Science'ın "konu" alanına ve Scopus'un "makale başlığı ve anahtar kelimeler" alanlarına eklenerek aramalar gerçekleştirilmiştir. Aynı süreç, bulunan her yeni makale için tekrar edilmiştir. Yalnızca hakemli makaleler analize dahil edilmiş, konferans bildirileri, editör notları ve incelemeler hariç tutulmuştur. Çalışmanın amacına değinmeyen, örneğin etlik piliç refahı hakkında olmayan veya herhangi bir yeni nesil teknoloji içermeyen makaleler değerlendirme dışında tutulmuştur.

Daha sonra ise, kabul edilen çalışmalar üzerinde kapsamlı bir değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirilen her bir makaleden anahtar veriler çıkarılmış ve analiz edilmiştir. Görüntü işleme, ses analizi, algoritma geliştirme, radyo frekansı tanımlama (RFID), otomatik tartı, çevresel olarak kullanılan veya hayvanlar üzerine monte edilen sensörler ile birlikte hareket ve kuvvet ölçen sistemler olmak üzere yedi farklı kategoride yeni nesil teknolojik sistemler tespit edilmiş ve ana özelliklerine göre değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmanın amacı, yeni nesil teknolojilerin kullanıldığı ve etlik piliçlerin refahını tespit eden veya arttırmayı amaçlayan çalışmalar sonucunda ortaya konan hakemli dergi makalelerinin değerlendirilmesidir. Araştırmada, Web of Science ve Scopus veri tabanlarından elde edilen hakemli makaleler kullanılmıştır. Yazarlar, yıl, ülke, yeni nesil teknolojilerin kullanıldığı koşullar, çalışmaların yürütüldüğü tesisler ve temel başarılarla ilgili ayrıntılar dahil olmak üzere her yayın hakkında ayrıntılı değerlendirmeler yapılmıştır. Analiz edilen hakemli dergi makalelerinin büyük çoğunluğu son 15 yılda

yayınlanmış ve en sık yayınlanma 2016-2020 döneminde görülmüştür. Görüntü teknolojileri, bu sistematik derlemede değerlendirilen makaleler içerisinde en yüksek sayıda gözlemlenen yeni nesil teknolojik sistemler olarak yerini almıştır.

Bu tür teknolojiler, hayvan refahıyla ilgili çok çeşitli amaçlar için kullanılmıştır. Çünkü davranış analizi, barınma koşulları hakkında çok değerli bilgiler vermektedir. Farklı ışık yoğunlukları, farklı termal koşullar, farklı kümes yoğunlukları ve farklı yürüyüş skorları altında, etlik piliçlerin davranışlarının değerlendirilmesi için görüntü teknolojileri kullanılmıştır (Lewis ve ark., 1990; Moura ve ark., 2008; Alvino ve ark., 2009; Youssef ve ark., 2015). Ayrıca, etlik piliçlerde topallığı tespit etmek ve kümes içindeki hayvanların davranışlarını analiz etmek için yöntem ve algoritmaların geliştirilmesine yardımcı olmak amacıyla görüntü kayıtları kullanılmıştır (Naas ve ark., 2008; Naas ve ark., 2009; Aydın ve ark., 2015; Aydın, 2017a; Aydın, 2017b; Naas ve ark., 2010).

Diğer taraftan, etlik piliçlerin sürü hareketinin, dağılımının ve faaliyetinin analizi, hayvanların refah durumu hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Etlik piliçlerin sürü dağılımını yakalayan teknoloji, genç piliçlerin termal konforunu tahmin etmek için kullanılmıştır (Cordeiro ve ark., 2011). Kameralar ayrıca, bireysel davranış ve optik akış arasındaki ilişkiyi değerlendirmek ve sürü bazında mortaliteyi, yürüme anormalliklerini, diz yanığını ve ayak pedi dermatitini değerlendirmek için kullanılmıştır (Dawkins ve ar., 2012; Roberts ve ar., 2012; Dawkins ve ar., 2013; Silveira ve ark., 2017). Bununla birlikte görüntü işleme, kümes hayvanlarının yeme ve içme davranışını analiz etmek, üretim, çevre ve davranış verilerini değerlendirmek, ekipman arızasını tespit etmek ve etlik piliç kümeslerinde hayvanları izlemek için, çiftçilere kolay bir araç sağlamak amacıyla kullanılan bir dizi teknolojinin parçası olarak kullanılmıştır (Kristensen ve ark., 2011; Kashiha ve ark., 2013; Montis ve ar., 2013; Van Hertem ve ark., 2017).

Yeni nesil teknolojik sistemlerden görüntü işleme, termal kameraları kullanarak etlik piliçlerin metabolik ısı kaybı hakkında bilgi sağlamak, piliçlerin termal konforunu tahmin etmek, deri yüzey sıcaklığının vücut çekirdek sıcaklığı ile ilişkisini incelemek, piliçler stres altındayken sıcaklık değişimini analiz etmek ve karanlık veya düşük ışık yoğunlukları altında hayvan hareketlerini ve davranışlarını izlemek için kullanılmıştır (Ferreira ve ark., 2011; Nascimento ve ark., 2011; Caplen ve ark., 2012; Giloh ve ark., 2012; Nascimento ve ar., 2014; Moe ve ark., 2017). Aynı zamanda bu teknoloji etlik piliçlerin duruş sapsmalarını incelemek, etlik piliç kümeslerinde uygun stok yoğunluğunu belirlemek, etlik piliçlerdeki hareket problemlerini tespit etmek, etlik piliçlerin ayak tabanı dermatitini değerlendirmek ve hasta hayvanları duruşlarına göre tespit etmek için bir algoritmanın geliştirilmesine yardımcı olmak amacıyla otomatik bir sistemin parçası olarak kullanılmıştır (Alves ve ark., 2016; Giersberg ve ark., 2016; Mendes ve ark., 2016; Zuhang ve ark., 2018; Vanderhasselt ve ark., 2020).

Görüntü işleme teknolojisinin yanında Kuvvet Ölçüm Platformları ve Kinematik Teknolojiler etlik piliçlerin refah seviyelerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Etlik piliçlerin yürüme kabiliyetini incelenmiş, 3D görüntüler üretilerek ve analiz edilerek kuvvet kullanımını gösteren yürüme anormallikleri incelenmiştir (Naas ve ark., 2008, 2009, 2010; Caplen ve ark., 2012). Bunun yanında ses teknolojisi etlik piliçlerin beslenme davranışlarını tespit etmek için, seslendirme modellerini çıkartmak için, piliçlerin termal konforunu belirlemek için, piliçlerin büyümesini tahmin etmek için ve kümes ve hayvan koşulları hakkında çiftçilere bilgi sağlamak için kullanılmıştır (Moura ve ark., 2008; Fontana ve ark., 2015, 2016; Aydın ve Berckmans, 2016; Van Hertem ve ark., 2017). Ses analizinin yanında otomatik tartım terazileri, bir kümesteki etlik piliçlerin yem alımını ölçmek için ve yürüyüş skorlarını tahmin etmek için geliştirilmiş bir sistemde piliçlerin vücut kütlelerini otomatik olarak belirlemek için kullanılmıştır (Aydın ve Berckmans, 2016; Van Hertem ve ark., 2018). Ayrıca radyo frekansı veri iletimini kullanan teknolojiler RFID olarak sınıflandırılmış ve bu teknolojiler etlik piliçlerin serbest alanda davranışlarını değerlendirmek, konumlarını izlemek, değişen davranışlarını belirlemek ve sırtlarına yerleştirilen bir RFID etiketinin davranışlarına müdahale edip edemeyeceğini tespit etmek için kullanılmıştır (Taylor ve ark., 2017a, 2017b; Stadig ve ark., 2018a, 2018b).

Etlik Piliç Refahının Tespitinde Yeni Nesil Teknolojik Sistemlerin Önemi

Etlik piliçlerin refah değerlendirmesinde yukarıda bahsedilen teknolojilerin yanında, gazların konsantrasyonu ve basıncını, sıcaklığı, nemi ve hava akışını ölçen çevresel sensörler ile hayvanların vücuduna yerleştirilen ve hayvanlar hakkında bilgiler veren hayvansal sensörler de kullanılmıştır. Çevresel sensörler, çiftçilere çevresel koşullar hakkında bilgi sağlamak amacıyla havalandırma kontrol sistemlerinde ve CO² ve NH³ konsantrasyonlarını ölçmek için etlik piliç kümelerinde kullanılmıştır (Calvet ve ark., 2014; Lin ve ark., 2016; Curi ve ark., 2017). Hayvan sensör grubu, hayvanın vücuduna yerleştirilen ve hayvan hakkında bilgi verebilen yeni nesil teknolojileri temsil etmektedir. Bu çalışmalarda, EKG ve EEG, hayvan mikroçipi, telemetri kayıt sistemi, hayvan sondası, elektroensefalogramlar ve elektrokardiyogramlar kullanılmıştır. Yeni nesil bu teknolojiler kesim sırasında piliçlerin kalp atış hızı ve beyin aktivitesini ölçmek için de kullanılmıştır (Coenen ve ark., 2009; Hindle ve ark., 2010; McKeegan ve ark., 2013). Ayrıca, Coenen ve ark., (2009) tarafından yapılan çalışmalar sırasında etlik piliçlerin vücut çekirdek sıcaklığının kaydedilmesi ve depolanması yoluyla ECG ve EEG ile birlikte kullanılmıştır. Hoffmann ve ark., (2013) etlik piliçlerde ayak tabanı lezyonlarını ölçmek için dokunun nem içeriğini ölçen bir sonda kullanmıştır. Tüm bu yeni nesil teknolojik sistemlerin kullanılmasında algoritmalar büyük bir öneme sahiptir. Çünkü ilgili teknolojik cihazlardan veya sensörlerden elde edilen veriler geliştirilen algoritmalar aracılığıyla değerlendirilmektedir.

Algoritmalar, etlik piliçlerin topallığının saptanması ve değerlendirilmesiyle ilgili görüntü verilerini işlemek, bacak bozukluklarını tespit etmek, farklı sıcaklık ve çevre koşulları altında etlik piliçlerin davranışlarını karakterize etmek, ekipman arızalarını tespit etmek ve hasta piliçlerin erken teşhisi için kullanılmıştır. (Cordeiro ve ark., 2011; Kristensen ve ar., 2011, Dawkins ve ark., 2012; Kashiha ve ark., 2013; Aydın ve ark., 2015; Aydın, 2017a; Aydın, 2017b). Ayrıca, sağlam verileri işlemek ve beslenme veya içme davranışları hakkında bilgi sağlamak, bunun yanında kesim hattı boyunca ayak tabanı dermatitinin saptanmasını otomatikleştirmek, etlik piliçlerin büyüme eğrisini kontrol etmek ve çiftçilerin piliçlerin yaşam koşullarını değerlendirmelerine olanak tanıyan yenilikçi görüntüleme araçları geliştirmek için kullanılmıştır (Montis ve ark., 2013; Aydın ve Berckmans, 2016; Demmers ve ark., 2018; Vanderhasselt ve ark., 2020).

Yeni nesil teknolojik sistemler, bir veya daha fazla değişkeni ölçebildiği veya kontrol edebildiği için birden fazla refah ilkesine göre sınıflandırılabilir. Makaleler incelendiğinde refah ilkeleri arasında en önemlisinin, iyi sağlık ilkesi olduğu görülmüştür. Öte yandan, iyi beslenme, yayınlarda en az gözlemlenen ilke olarak ortaya çıkmıştır. Etlik piliçler için Refah Kalitesi (WQ®) protokolü, çiftlikteki ve mezbahadaki hayvanların refahını değerlendirmek için ölçümler oluşturmuştur. Hassas Çiftlik Hayvancılığı yaklaşımını benimseyen yeni nesil teknolojik sistemlerde ise daha çok çiftlik aşamasına odaklanıldığı görülmüştür. Mezbahalara veya hayvansal ürünlerin son tüketiciye ulaştırılması aşamasında kullanılan soğuk zincir kısmına yeterince odaklanılmadığı ve bu alanda yeterli çalışmanın gerçekleştirilmediği ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte bu sistematik derlemede yeni nesil teknolojilerin daha çok hangi üretim sistemine odaklandığı analiz edilmiş olup bu teknolojilerin hangi alanda yüksek potansiyele sahip oldukları ortaya konmuştur. Bu teknolojinin yoğun üretimin gerçekleştirildiği geleneksel üretim tesislerinde daha fazla kullanıldığı görülmüştür. Açık alan yetiştiriciliğinde ise yeni nesil teknolojilerden çok az faydalanılmaktadır.

Ayrıca yeni nesil teknolojilere dayalı bir çalışmanın çevre temelli bir değişkeni, hayvana dayalı bir değişkeni veya her ikisini birlikte değerlendirmesi mümkündür. Çalışmaların çoğunda her iki türden değişkenlerde incelenip analiz edilmiştir. Bununla birlikte yeni nesil teknolojik tabanlı çalışmaların odak noktası, üretimin teknik yönleri, tedarik zincirindeki aktörlerle ilgili hususlar veya bu konuların her ikisi de olabilir. Ayrıca bu sistemler sadece üreticiler ve sorunları ile değil aynı zamanda tüketiciler ve talepleriyle de ilgilidirler. Burada akla gelen ilk soru geliştirilen yeni nesil teknolojik sistemlerin pratik mi yoksa deneysel durumlarla mı ilgili olduğudur. Geliştirilen bazı sistemler, etlik piliçlerin refahı ile ilgili pratik sorunları çözmek için kullanılır ve etlik piliç üretim yönetimi rutinlerinde kendilerine yer bulur. Bu tür teknolojiler "pratik" olarak sınıflandırılmıştır. Öte yandan, bazı teknolojiler ise yalnızca deneysel olarak kullanılabilir. Bu teknolojiler, bazı refah sorunları veya belirli uygulamalar veya yönetimler hakkında yeni bilgiler geliştirmek için kullanılır ve "deneysel" olarak sınıflandırılmıştır. Ek olarak, yeni nesil bir teknoloji başka bir yeni nesil teknolojiyi doğrulamak için kullanılmışsa bu durumda

da "deneysel" olarak sınıflandırılmalıdır. Bu sistematik derlemede incelenen ve değerlendirilen makalelerde pratik amaçlarla kullanılan yeni nesil teknolojilerin deneysel amaçlarla kullanılanlardan daha fazla olduğu görülmüştür.

Akla gelen bir diğer soru ise yeni nesil teknolojilerin etlik piliçlerin refahını ortaya koyan ilkelerin hangileri ile ilişkili olduğudur. Görüntü teknolojilerinin, analiz edilen beş ilkenin tümünü ele alarak, diğer teknolojilere kıyasla daha fazla sayıda refah ilkesini kapsadığı tespit edilmiştir. Görüntü teknolojileri arasında, dijital video kaydının değerlendirilen tüm refah ilkelerine hitap ettiği belirlenmiştir. Termal görüntü analizinin ise, iyi besleme dışındaki tüm ilkeleri ele aldığı görülmüştür.

Kuvvet ölçüm platformu ve kinematik teknolojiler ise sağlığa yönelik çalışmalarda yerini almıştır. Bununla birlikte RFID teknolojisi uygun davranış ilkesi ile ilgili çalışmalarda kullanılmış olup ses ve algoritma teknolojileri doğrulanmıştır. Yine ses analizi ve geliştirilen algoritmalar, iyi sağlık, iyi beslenme, iyi barınma ve uygun davranış ilkeleri ile ilgili çalışmalarda kullanılmıştır. Çevresel ve hayvansal sensörlerin kullanıldığı çalışmalarda ise genellikle iyi barınma ilkesine odaklanılmıştır. Otomatik tartı teknolojisi ile de iyi beslemeye ve sağlığa dikkat edilmiştir.

Bu sistematik derlemede elde edilen bilgiler, her bir teknolojinin özelliklerine ve gözden geçirilen her yayının odağına göre organize edilmiş ve değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, etlik piliç refahı ile ilişkili olarak incelenen yeni nesil teknolojik sistemlerin bu spesifik çalışmalardan türetildiği ve gözlemlenen sonuçların diğer veri tabanları veya diğer arama kılavuzları kullanılarak elde edilebilecek sonuçlardan muhtemelen farklı olacağı unutulmamalıdır.

Bu çalışmanın amacı, incelenen yeni nesil teknolojik sistemlerin her birini özel olarak tanımlamak değil, refah sorunlarını nasıl ele aldıklarına dair öngörü sağlamaktır. Yeni nesil teknolojilerin analizi, farklı yaklaşımları ele almadaki potansiyellerini ve sınırlamalarını ortaya koymak için yapılmıştır. Görüntü teknolojileri, mevcut sistematik derlemede karşılaşılan en yaygın yöntem olmuştur. Diğer teknolojilere göre göreceli olarak basit, ucuz ve bir etlik piliç kümesinde kullanılmak için verimli olmasıyla açıklanabilir (Rushen ve ark., 2012). Ayrıca, görüntü işleme teknolojileri tek başına veya diğer teknolojilerle kombinasyon halinde de kullanılabilir (Moura, 2006; Aydın, 2016, 2017). Kameralar kullanılarak aynı anda binlerce hayvanı izlemek ve değerlendirmek mümkündür, bu da çiftçiler için son derece yararlı olabilir. Ancak, birçok değişken görüntü kalitesine müdahale edebileceğinden, bu tür teknolojilerin etlik piliç kümeslerinde kullanımı da kısıtlanabilir. Örneğin, etlik piliç kümesleri genellikle tozudur ve düzgün şekilde aydınlatılmamıştır.

Hayvanların görüntü analizi ile izlenmesi, etlik piliçlerin yoğunluklarını değerlendirmek için basit ve invaziv olmayan bir yöntem olarak açıklanmaktadır. Aynı zamanda, topal piliçlerin davranışını değerlendirmek için de kameralar kullanılmıştır. Zamanla kamera cihazları gelişmiş ve piliçlerin refahını değerlendirmek için olası kullanımları da artmıştır. Örneğin Aydın ve ark. (2017) tarafından geliştirilen yöntem ile topallıkla ilişkili oturma olaylarının sayısı ve yatma gecikmesi görüntüleme teknolojileri ile tespit edilmiştir. Aslında görüntü teknolojilerinin geliştirilmesi, etlik piliç refahının iyileştirilmesi için gerçek bir fırsatı temsil ettiği için yoğun bir şekilde takip edilmektedir.

Görüntü teknolojilerinin ardında algoritmalar gelmekte ve yeni nesil teknolojilerin uygulanması noktasında önemlerini korumaktadır. Algoritmalar süreçleri otomatikleştirebilir, süreçleri otomatikleştirerek zamanı ve iş gücü maliyetlerini azaltabilir. Bu tür teknolojiler geniş kullanım fırsatları sunmaktadır. Hemen hemen yeni nesil teknoloji içeren tüm çalışmalarda kullanılmalarına rağmen kullanıldıklarına dönük açıkça ifadeler bulunmadığından kullanım durumlarının gerçekten daha az görüldüğü düşünülmektedir. Öte yandan, en az gözlenen yeni nesil teknolojik sistemlerden biri de, muhtemelen dar kullanım olanaklarına sahip teknolojileri sundukları için otomatik ağırlık ölçeklendirme ve kinematik analiz sistemleridir. Örneğin, kinematik analiz yalnızca deneysel uygulamalarda kullanılmakta iken, günümüzde çiftçiler için otomatik ağırlık ölçeklendirme sistemleri mevcuttur.

Bununla birlikte, bu sistematik derleme içerisindeki yeri muhtemelen azdır çünkü kullanımı her zaman etlik piliç refahı ile ilgili değildir.

Derleme sonucunda ses teknolojilerinin çok çeşitli hayvan refahı ilkelerini kapsadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, makalelerde görünmeleri görüntü teknolojilerine göre daha azdır. Kameralarda görüldüğü gibi, mikrofonlar da ticari etlik piliç kümes uygulamalarında fizibilite sağlamak için istenen özelliklere sahiptir, nispeten ucuzdur, invazif ve müdahaleci değildir (Aydın ve ark., 2013). Ayrıca tek bir mikrofon aynı anda birçok etlik piliç izleyebilir. Çevresel sensörler çoğunlukla pratik durumlarda kullanılır ve çiftçiler tarafından yaygın olarak kullanılırken, hayvanlara bağlanan sensörler çiftçiler tarafından çok tercih edilmese de bilimsel amaçlı olarak kullanılmaktadır. Benzer şekilde, kuvvet-ölçüm platformları ve RFID sistemleri de çok özel kullanımlar sunmuştur. Bu teknolojiler ilke olarak tek bir hayvan refahına odaklanmıştır ve çoğunlukla deneysel amaçlar için kullanılmışlardır.

Bu derlemede incelenen yeni nesil teknolojik tabanlı çalışmalar, etlik piliç refahının tüm ilkelerini ele almıştır. Değerlendirmeler esnasında uygulanan yöntemin çiftliklerdeki etlik piliçlerin genel bir değerlendirmesini yapmak için geliştirilmiş olan Refah Kalitesi ilkelerine dayandırıldığı unutulmamalıdır. Bu nedenle, değerlendirmeye tabi tutulan yayınların çoğunlukla hayvanların çiftlik dönemiyle ilgili olması ve mevcut derlemede gözlemlenen sonuçların bu yanlılığa sahip olması muhtemeldir. Makaleler incelendiğinde, yeni nesil teknolojik sistemlerin en fazla iyi sağlık ilkesi ile ilişkili olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu durum, bilim adamlarının hayvanların sağlığıyla ve özellikle de etlik piliçlerin bacak anormalliklerini ele alma konusundaki olası ilgileriyle açıklanabilir. Diğer taraftan hayvanlar tarafından atılan amonyak ayaklarında lezyonlara neden olduğundan, etlik piliçlerdeki bacak problemleri genellikle altlık kalitesiyle ilişkilidir (Kauken ve ark., 2016, Tullo ve ark., 2017; Cavusoglu ve ark., 2018; Toppel ve ark., 2019). Bununla birlikte bacak aksaklıklarının bir diğer nedeni olarak hızlı büyüme oranı da gösterilmektedir (Cavusoglu ve ark., 2019; Steinfeld ve ar., 2019). Clark ve ark., (2016) ise, hayvanların fizyolojik sınırlarının ötesine itilmesinin bir sonucu olarak bacak problemlerinin bir hayvan refahı sorunu olarak ortaya çıktığını öne sürmüşlerdir.

Bu sistematik derleme sonucunda, çiftlikte piliçlerin refahını ölçmeyi ve yönetmeyi amaçlayan yeni nesil teknolojik çalışmaların mezbahalara kıyasla daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Bu durum aynı zamanda Hayvan Refahı protokolüne de uygundur, çünkü hayvanlar hayatlarının çoğunu üretim sisteminin bu aşamasında geçirdikleri için ölçümlerin çoğu çiftlikte yapılmaktadır (Broom ve Molento, 2004). Bununla birlikte, etlik piliçlerin taşınması ve kesilmesi hayvanlar üzerinde akut strese neden olarak refahlarını da bozabilir (Minka ve Avo, 2010; Shields ve Raj, 2010; Kittelsen ve ark., 2017). Bu nedenle, yeni nesil teknolojik sistemleri içeren çalışmalar, etlik piliçlerin yaşamlarının bu aşamalarına daha fazla odaklanmalıdır. En fazla sayıda makale ve yeni nesil teknolojiler geleneksel üretimde görülmektedir, çünkü bu sistemler sıklıkla daha düşük refah seviyesi riski ile karşı karşıyadır (Fraser, 2014; Goldberg, 2016). Bu durum aynı zamanda genellikle dış mekân sistemlerinde yetiştirilen piliçlerin refahı konusunda bir problem olmadığını düşünen tüketicilerinde görüşünü perçinlemektedir (Miele ve ark., 2011). Yunes ve ark., (2017) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, çiftlik hayvanı üretim sistemleri ile ilgili olarak görüşülen katılımcıların çoğunluğunun “daha doğal sistemler” tercih ettiklerini ve ayrıca iç mekân sistemlerde hayvanların hareket kısıtlılıklarından dolayı endişeli olduklarını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, serbest dolaşan hayvanların da kötü yaşam koşullarına sahip olabileceği ve iyi bir refah düzeyinin olması gerektiği unutulmamalıdır. Benzer şekilde, çoğu yeni nesil teknoloji içeren çalışma, üretimin teknik yönlerine odaklanmış olup tedarik zincirindeki eksiklikler konusunda da zayıf kalmıştır.

Bununla birlikte, hayvan refahı ile ilgili mevcut çatışmalardan bazıları, muhtemelen halkın üretim süreçlerinden uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır. Clark ve ark., (2016) hayvansal üretim süreçlerine aşina olmayan kişilerin, daha önce bir çiftlikte çalışmış veya ziyaret etmiş olanlara veya kırsal alanlarda yaşamış olanlara kıyasla modern üretimle ilgilenme olasılığının daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, Vizzier Thaxton ve ark., (2016) üreticiler arasında üretim uygulamaları

konusunda bilgi eksikliği olduğunu ve bunun paydaşlar arasında farklılıklar yarattığını belirtmişlerdir. Bu verilere göre, çiftlik hayvanı üretimi hakkında birçok yanlış anlamaların var olduğu ve belki de paydaşlar arasındaki mesafenin daraltılması ve farklılıkların giderilmesiyle hayvanların refah seviyesinin yükseltilebileceği varsayılabilir. Bununla birlikte, üreticilere üretim gerçekliği hakkında bilgilendirmenin pratik yollarla sağlanması, potansiyel olarak üretim zincirinin daha verimli ve sürdürülebilir olmasına yardımcı olabilir. Bu açıdan bakıldığında, şeffaf ve entegre bilgi sistemlerinin kullanılması, kuruluşların kamusal imajlarını geliştirmelerini ve daha rekabetçi olmalarını sağlayabilir (Trienekens ve ark., 2012). Yeni nesil teknolojik sistemler kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların bir kısmı pratik hedefler gözetirken bir kısmı ise deneysel amaçlı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle,

Bu nedenle, yeni nesil teknolojik sistemler çiftçilere yalnızca rutin faaliyetlerinde yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda refah hakkında daha fazla bilgi sağlayarak bilimin ilerlemesine de yardımcı olmaktadır. Her ne kadar pratik bir hedefe dönük olsa da tüm yeni nesil teknolojik sistemler çiftçilerin kullanımı için mevcut değildir çünkü bu teknolojiler genellikle başlangıçta gerçek piliç kümeslerinden farklı olabilen kontrollü koşullar altında geliştirilmektedir. Örneğin, Demmers ve ark., (2018) tarafından piliçlerin büyümesini kontrol etmek için bir algoritma geliştirilmiştir, ancak gerçek bir etlik piliç kümesinde böyle bir algoritma henüz kullanılmamıştır. Benzer şekilde, mikrofonlar gibi nispeten ucuz cihazlar, yüzlerce hayvanı aynı anda izlemek ve refahlarını anlamak için çok değerli bilgiler sağlayabilir. Aydın ve Berckmans (2016), deneysel durumlarda gagalama seslerini analiz ederek etlik piliçlerin yem alımını ölçmek için bir algoritma geliştirmişlerdir fakat bu algoritma da henüz gerçek koşullarda kullanılmamıştır. Deneysel ortamlarda çeşitli teknolojiler geliştirilmiş, ancak gerçek durumlarda potansiyelleri henüz değerlendirilmemiştir. Dikkate alınması gereken bir diğer konu da çiftçilerin yeni nesil teknolojileri benimseme istekliliğidir. Yeni nesil teknolojik sistemler gerçek bir etlik piliç kümesinde çok iyi çalışsa ve çok değerli bilgiler sağlasa bile, çiftçiler için onlara ne kadar değer sağlayabileceği konusunda da net olmalıdır. Çünkü günümüz şartlarında çiftçilerin birinci önceliği hayvan refahı değil karlılıktır.

Yeni nesil teknolojiler, mevcut sistematik derlemede de görülebileceği üzere, çiftçiler için çeşitli amaçlara hizmet edebilir, ancak bunların çiftçilerin hedefleri ve çıkarlarıyla ne kadar uyumlu oldukları hala belirsizliğini korumaktadır. Bu bağlamda, yeni nesil teknolojilerin geliştirilmesinin çiftçilerin günlük ihtiyaçlarının çok ötesinde olduğu ve bu sorunun nasıl aşılabileceğini değerlendiren çalışmaların gerekli olduğu aşıkardır. Bu sistematik derlemede, yeni nesil teknolojilerin etlik piliçlerin tüm refah ilkelerini ele alabileceği görülmüştür. Yeni nesil teknolojiler, çiftliklerin mevcut yönetim uygulamalarını kolaylaştırabilir ve etlik piliç refahının yönetimine katkı sağlayabilir.

Sonuç ve Öneriler

Bu araştırma, etlik piliçlerin refahına ilişkin çalışmalarda yer alan yeni nesil teknolojileri belirlemek ve bu teknolojilerin yararlarını ortaya koymak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Etlik piliçlerin refahı ile ilişkili olan yeni nesil teknolojiler incelenerek sahip oldukları potansiyelleri ve sınırlamaları değerlendirilmiştir. İncelenen teknolojilerin, etlik piliçlerin refah seviyesini ayırt edici bir şekilde değerlendirebildiği ortaya konmuştur. Bu teknolojilerin çoğu, esas olarak etlik piliçlerin hareket sorunlarına odaklanarak iyi sağlık ilkesini ele almıştır. Genel olarak, bu makalede incelenen ve değerlendirilen tüm teknolojik tabanlı çalışmalar, temel olarak etlik piliçlerin yaşamının çiftlik aşamasını, mevcut üretim sistemini, etlik piliç üretiminin teknik ve aksayan yönlerini ve etlik piliçlerin yoğunluk kaynaklı sorunlarını incelemiştir. Etlik piliçlerin refah seviyesini tespit etmeyi ve geliştirmeyi amaçlayan tüm teknolojik çalışmalar göreceli olarak oldukça yeni olmakla birlikte mevcut durumun iyileştirilmesi bakımından yüksek potansiyele sahiptirler. Bu bakımdan özellikle çiftlik koşullarında test edilebilecek ve kullanılacak yeni teknolojik sistemlerin geliştirilmesi oldukça önemlidir. Bu makale kapsamında değerlendirilen teknolojik çalışmaların yoğun hayvancılığın uygulandığı etlik piliç kümesleri yerine, serbest sistemlerde ve özellikle tedarik zincirinin sorunlarına yeterince odaklanmadığı ortaya çıkmıştır. Konuyla ilgili çalışmalar değerlendirildiğinde, ses tabanlı teknolojilerin, görüntü tabanlı teknolojilerinden daha az kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bu bakımdan, gelecekte etlik piliçlerin

Etlik Piliç Refahının Tespitinde Yeni Nesil Teknolojik Sistemlerin Önemi

refah seviyesinin artırılmasına dönük gerçekleştirilecek olan teknolojik tabanlı çalışmalarda ses teknolojisine ağırlık verilmesi, bunun yanında serbest gezinen sistemlere ve tedarik zinciri aşamasındaki problemlere odaklanılabilir. Ayrıca, gelecekteki çalışmalarda, çiftçilerin geliştirilen bu yeni sistemlere adaptasyonunun nasıl sağlanacağı ve üretim zinciri paydaşları arasındaki etkileşimin nasıl arttırılacağı konuları da ele alınabilir.

Makale, araştırma yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

Kaynaklar

Alvino, G.M., Blatchford, R.A., Archher, G.S., Mench, J.A., 2009. Light intensity during rearing affects the behavioural synchrony and resting patterns of broiler chickens. *Br. Poult. Sci.*, 50, 275–283.

Aydin, A., 2017. Development of an early detection system for lameness of broilers using computer vision. *Comput. Electron. Agric.*, 136, 140–146.

Aydin, A., 2017. Using 3D vision camera system to automatically assess the level of inactivity in broiler chickens. *Comput. Electron. Agric.*, 135, 4–10.

Aydin, A., 2016. Berckmans, D. Using sound technology to automatically detect the short-term feeding behaviours of broiler chickens. *Comput. Electron. Agric.*, 121, 25–31.

Aydin, A. Bahr, C. Berckmans, D., 2013. An innovative monitoring system to measure the feed intake of broiler chickens using pecking sounds. 6th European Conference on Precision Livestock Farming, ECPLF 2013, Leuven, Belgium, 10–12 September, 926–936.

Aydin, A., Bahr, C., Berckmans, D., 2015. Automatic classification of measures of lying to assess the lameness of broilers. *Anim. Welf.*, 24, 335–343.

Blokhuis, H.J., Veissier, I., Miele, M., Jones, B., 2010. The Welfare Quality® project and beyond: Safeguarding farm animal well-being. *Acta Agric. Scand Sect. A*, 60, 129–140.

Bright, A., 2008. Vocalisations and acoustic parameters of flock noise from feather pecking and non-feather pecking laying flocks. *Br. Poult. Sci.*, 49, 241–249.

Broom, D.M.; Molento, C.F.M. Bem estar animal: conceito e questões relacionadas - revisão. *Arch. Vet. Sci.* 2004, 9, 1–11.

Broom, D.M., 2010. Animal Welfare: An Aspect of Care, Sustainability, and Food Quality Required by the Public. *J. Vet. Med. Educ.*, 37, 83–88.

Calvet, S., Carlos Campelo, J., Estelles, F., Perles, A., Mercado, R., Jose Serrano, J., 2014. Suitability Evaluation of Multipoint Simultaneous CO₂ Sampling Wireless Sensors for Livestock Buildings. *Sensors*, 14, 10479–10496.

Caplen, G., Hothersall, B., Murrell, J.C., Nicol, C.J., Waterman-Pearson, A.E., Weeks, C.A., Colborne, G.R., 2012. Kinematic analysis quantifies Gait abnormalities associated with lameness in broiler chickens and identifies evolutionary Gait differences. *PLoS One*, 7, 1–11.

Cavusoglu, E., Petek, M., Abdourhamane, I.M., Akkoc, A., Topal, E., 2018. Effects of different floor housing systems on the welfare of fast-growing broilers with an extended fattening period. *Arch. Anim. Breed.*, 61, 9–16.

Cavusoglu, E., Petek, M., 2019. Effects of different floor materials on the welfare and behaviour of slow- and fast-growing broilers. *Arch. Anim. Breed.*, 62, 335–344.

Clark, B., Stewart, G.B., Panzone, L.A., Kyriazakis, I., Frewer, L.J., 2016. A Systematic Review of Public Attitudes, Perceptions and Behaviours Towards Production Diseases Associated with Farm Animal Welfare. *J. Agric. Environ. Ethics*, 29, 455–478.

Coenen, A.M.L., Lankhaar, J., Lowe, J.C., McKeegan, D.E.F., 2009. Remote monitoring of electroencephalogram electrocardiogram, and behavior during controlled atmosphere stunning in broilers: Implications for welfare. *Poult. Sci.*, 88, 10–19.

Cordeiro, M.B., Tinoco, I.F.F., Mesquita Filho, R.M., Sousa, F.C., 2011. Digital image analysis for young chicken's behavior evaluation. *Eng. Agric.*, 31, 418–426.

Costa, L. Pereira, D. Bueno, L., Pandorfi, H., 2012. Some aspects of chicken behavior and welfare. *Rev. Bras. Ciência Avícola*, 14, 159–164.

Curi, T.M.C., Conti, D., Vercellino, R.A., Massari, J.M., Moura, D.J., Souza, Z.M., Montanari, R., 2017. Positioning of sensors for control of ventilation systems in broiler houses: a case study. *Sci. Agric.*, 74, 101–109.

Dawkins, M.S., Cain, R., Roberts, S.J., 2012. Optical flow, flock behaviour and chicken welfare. *Anim. Behav.*, 84, 219–223.

Dawkins, M.S., Cain, R., Merelie, K., Roberts, S.J., 2013. In search of the behavioural correlates of optical flow patterns in the automated assessment of broiler chicken welfare. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 145, 44–50.

Demmers, T.G.M., Cao, Y., Gauss, S., Lowe, J.C., Parsons, D.J., Wathes, C.M., 2018. Neural predictive control of broiler chicken and pig growth. *Biosyst. Eng.*, 173, 134–142.

De Jong, I.C., Hindle, V.A., Butterworth, A., Engel, B., Ferrari, P., Gunnink, H., Moya, T.P., Tuytens, F.A.M., Reenen, C.G., 2015. Simplifying the Welfare Quality® assessment protocol for broiler chicken welfare. *Animal*, 10, 117–127.

Ferreira, V.M.O.S., Francisco, N.S., Belloni, M., Aguirre, G.M.Z., Caldara, F.R., Nääs, I.A., Garcia, R.G., Almeida, P.I.C.L., Polycarpo, G. V., 2011. Infrared thermography applied to the evaluation of metabolic heat loss of chicks fed with different energy densities. *Rev. Bras. Cienc. Avic.*, 13, 113–118.

Fontana, I., Tullo, E., Scrase, A., Butterworth, A., 2016. Vocalisation sound pattern identification in young broiler chickens. *Animal*, 10, 1567–1574.

Fontana, I., Tullo, E., Butterworth, A., Guarino, M., 2015. An innovative approach to predict the growth in intensive poultry farming. *Comput. Electron. Agric.*, 119, 178–183.

Fraser, D., 2014. The globalisation of farm animal welfare. *Rev. sci. tech.*, 33, 33–38.

Giloh, M., Shinder, D., Yahav, S., 2012. Skin surface temperature of broiler chickens is correlated to body core temperature and is indicative of their thermoregulatory status. *Poult. Sci.*, 91, 175–188.

Goldberg, A.M., 2016. Farm Animal Welfare and Human Health. *Curr. Environ. Heal.*, 3, 313–321.

Gocsik, É., Brooshooft, S.D., de Jong, I.C., Saatkamp, H.W., 2016. Cost-efficiency of animal welfare in broiler production systems: A pilot study using the Welfare Quality® assessment protocol. *Agric. Syst.*, 146, 55–69.

Hindle, V.A., Lambooi, E., Reimert, H.G.M., Workel, L.D., Gerritzen, M.A., 2010. Animal welfare concerns during the use of the water bath for stunning broilers, hens, and ducks. *Poult. Sci.*, 89, 401–412.

Honorato, L.A., Hötzel, M.J., Gomes, C.C.M., Silveira, I.D.B., Machado Filho, L.C.P., 2012. Particularidades relevantes da interação humano-animal para o bem-estar e produtividade de vacas leiteiras. *Ciência Rural*, 42, 332–339

Jukan, A., Masip-Bruin, X., Amla, N., 2017. Smart Computing and Sensing Technologies for Animal Welfare: A Systematic Review. *ACM Comput. Surv.*, 50, 1–27.

Kashiha, M., Pluk, A., Bahr, C., Vranken, E., Berckmans, D., 2013. Development of an early warning system for a broiler house using computer vision. *Biosyst. Eng.*, 116, 36–45.

Kittelsen, K.E., Moe, R.O., Hoel, K., Kolbjørnsen, Ø., Nafstad, O., Granquist, E.G., 2017. Comparison of flock characteristics, journey duration and pathology between flocks with a normal and a high percentage of broilers ‘dead-on-arrival’ at abattoirs. *Animal*, 11, 2301–2308.

Kristensen, H.H., Cornou, C., 2011. Automatic detection of deviations in activity levels in groups of broiler chickens - A pilot study. *Biosyst. Eng.*, 109, 369–376.

Lewis, N.J., Hurnik, J.F., 1990. Locomotion of broiler chickens in floor pens. *Poult. Sci.*, 69, 1087–1093.

Lin, T., Shah, S.B., Wang-Li, L., Oviedo-Rondón, E.O., Post, J., 2016. Development of MOS sensor-based NH₃ monitor for use in poultry houses. *Comput. Electron. Agric.*, 127, 708–715.

McKeegan, D.E.F., Reimert, H.G.M., Hindle, V.A., Boulcott, P., Sparrey, J.M., Wathes, C.M., Demmers,

T.G.M., Gerritzen, M.A., 2013. Physiological and behavioral responses of poultry exposed to gas-filled high expansion foam. *Poult. Sci.*, 92, 1145–1154.

Miele, M., Veissier, I., Evans, A., Botreau, R. 2011. Animal welfare: establishing a dialogue between science and society. *Anim. Welf.*, 20, 103–117.

Minka, N.S., Ayo, J.O., 2010. Physiological responses of food animals to road transportation stress. *African J. Biotechnol.*, 9, 6601–6613.

Moe, R.O., Bohlin, J., Flø, A., Vasdal, G., Stubbsjøen, S.M., 2017. Hot chicks, cold feet. *Physiol. Behav.*, 179, 42–48.

Montis, A., Pinna, A., Barra, M., Vranken, E., 2013. Analysis of poultry eating and drinking behavior by software eYeNamic. *J. Agric. Eng.*, 44, 166–172.

Moura, D.J., Nääs, I.A., Alves, E.C.S., Carvalho, T.M., Vale, M.M., Lima, K.A.O., 2008. Noise analysis to evaluate chick thermal comfort. *Sci. Agric.*, 65, 438–443.

Moura, D.J., Nääs, I.A., Pereira, D.F., Silva, R.B.T.R., Camargo, G.A., 2006. Animal welfare concepts and strategy for poultry production: A review. *Rev. Bras. Cienc. Avic.*, 8, 137–148.

Naas, I.A., Sonoda, L.T., Romanini, C.E.B., Morello, G.M., Neves, H.A.F., Baracho, M.S., Souza, S.R.L.S., Menezes, A.G., Mollo Neto, M., Moura, D.J., 2008. Morphological Asymmetry and Broiler Welfare. *Brazilian J. Poult. Sci.*, 10, 209–213.

Naas, I.A., Baracho, M.D.S., Salgado, D.D., Sonoda, L.T., Carvalho, V.R.C., Moura, D.J., Paz, I.C.L.A., 2009. Broilers' toes asymmetry and walking ability assesment [Assimetria dos pés de frangos de corte e medida de habilidade locomotora]. *Eng. Agric.*, 29, 538–546.

Naas, I.A., Paz, I.C.L.A., Baracho, M.S., Menezes, A.G., Lima, K.A.O., Bueno, L.G.F., Mollo Neto, M., de Carvalho, V.C., Almeida, I.C.L., Souza, A.L., 2010. Assessing locomotion deficiency in broiler chicken. *Sci. Agric.*, 67, 129–135.

Nascimento, G.R., Naas, I.A., Baracho, M.S., Pereira, D.F., Neves, D.P., 2014. Infrared thermography in the estimation of thermal comfort of broilers. *Rev. Bras. Eng. Agric. E Ambient.*, 18, 658–663.

Nascimento, G.R., Pereira, D.F., Naas, I.A., Rodrigues, L.H.A., 2011. Thermal comfort fuzzy index for broiler chickens *Eng. Agric.*, 31, 219–229.

OECD-FAO, 2019. *Agricultural Outlook 2019-2028*, OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome.

Roberts, S.J., Cain, R., Dawkins, M.S., 2012. Prediction of welfare outcomes for broiler chickens using Bayesian regression on continuous optical flow data. *J. R. Soc. Interface*, 9, 3436–3443.

Rushen, J., Chapinal, N., Passillé, A.M., 2012. Automated monitoring of behavioural-based animal welfare indicators. *Anim. Welf.*, 21, 339–350.

Shields, S.J., Raj, A.B.M. A Critical Review of Electrical Water-Bath Stun Systems for Poultry Slaughter and Recent Developments in Alternative Technologies. *J. Appl. Anim. Welf. Sci.* 2010, 13, 281–299.

Stadig, L.M., Ampe, B., Rodenburg, T.B., Reubens, B., Maselyne, J., Zhuang, S., Criel, J., Tuytens, F.A.M., 2018. An automated positioning system for monitoring chickens' location: Accuracy and registration success in a free-range area. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 201, 31–39.

Stadig, L.M., Rodenburg, T.B., Ampe, B., Reubens, B., Tuytens, F.A.M., 2018. An automated positioning system for monitoring chickens' location: Effects of wearing a backpack on behaviour, leg health and production. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 198, 83–88.

Steenfeldt, S., Sørensen, P., Nielsen, B.L., 2019. Effects of choice feeding and lower ambient temperature on feed intake, growth, foot health, and panting of fast- and slow-growing broiler strains. *Poult. Sci.*, 98, 503–513.

Taylor, P.S., Hemsworth, P.H., Groves, P.J., Gebhardt-Henrich, S.G., Rault, J.-L., 2017a. Ranging behaviour of commercial free-range broiler chickens 1: Factors related to flock variability. *Animals*, 7, 1–14.

Taylor, P.S., Hemsworth, P.H., Groves, P.J., Gebhardt-Henrich, S.G., Rault, J.-L., 2017b. Ranging behaviour of commercial free-range broiler chickens 2: Individual variation. *Animals*, 7, 1–9.

Toppel, K., Kaufmann, F., Sch, H., Gauly, M., Andersson, R., 2019. Effect of pH-lowering litter amendment on animal-based welfare indicators and litter quality in a European commercial broiler husbandry. *Poult. Sci.*, 98, 1181–1189.

Tullo, E., Fontana, I., Peña Fernandez, A., Vranken, E., Norton, T., Berckmans, D., Guarino, M., 2017. Association between environmental predisposing risk factors and leg disorders in broiler chickens. *J. Anim. Sci.*, 95, 1512–1520.

Van Hertem, T., Rooijackers, L., Berckmans, D., Peña Fernández, A., Norton, T., Berckmans, D., Vranken, E., 2017. Appropriate data visualisation is key to Precision Livestock Farming acceptance. *Comput. Electron. Agric.*, 138, 1–10.

Van Hertem, T., Norton, T., Berckmans, D., Vranken, E., 2018. Predicting broiler gait scores from activity monitoring and flock data. *Biosyst. Eng.*, 173, 93–102.

Vanhonacker, F., Tuytens, F.A.M., Verbeke, W., 2016. Belgian citizens' and broiler producers' perceptions of broiler chicken welfare in Belgium versus Brazil. *Poult. Sci.*, 95, 1555–1563.

Vizzier Thaxton, Y., Christensen, K.D., Mench, J.A., Rumley, E.R., Daugherty, C., Feinberg, B., Parker, M., Siegel, P., Scanes, C.G., 2016. Animal welfare challenges for today and tomorrow. *Poult. Sci.*, 95, 2198–2207.

Youssef, A., Exadaktylos, V., Berckmans, D., 2015. Towards real-time control of chicken activity in a ventilated chamber. *Biosyst. Eng.*, 135, 31–43.

Yunes, M.C., Von Keyserlingk, M.A.G., Hötzel, M.J., 2017. Brazilian citizens' opinions and attitudes about farm animal production systems. *Animals*, 7, 1–15.

Webster, A.J.F., 2009. The virtuous bicycle: a delivery vehicle for improved farm animal welfare. *Animal Welfare*, 18, 141–147.

Welfare Quality® 2009. Welfare Quality® assessment protocol for poultry (broilers, laying hens), Welfare Quality® Consortium. Lelystad, Netherlands.

Wilhelmsson, S., Yngvesson, J., Jönsson, L., Gunnarsson, S., Wallenbeck, A., 2019. Welfare Quality® assessment of a fast-growing and a slower-growing broiler hybrid, reared until 10 weeks and fed a low-protein, highprotein or mussel- meal diet. *Livest. Sci.*, 219, 71–79.