



## Odunsu Göğüs Miyopatisinin Göğüs Eti Kalite Özellikleri Üzerine Etkilerini Tahminlemek İçin Meta-Analiz Uygulaması

Meta-Analysis to Predict the Effects of Wooden Breast Myopathy on Breast Meat Quality Characteristics

Hüseyin Cem GÜLER<sup>1\*</sup> 0000-0002-1527-1562 Çiğdem ŞEREMET<sup>2</sup> 0000-0002-9642-1648

<sup>1</sup> Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Van

<sup>2</sup> Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, İzmir

### ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, etlik piliçlerde odunsu göğüs ve normal göğüs eti kalite özelliklerinin meta-analitik yaklaşımı kullanarak belirlenmesidir.

**Materyal ve Metot:** Çalışmada kullanılacak makaleler Google Akademik veri tabanından sağlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, 2023 yılı Ocak-Şubat ayları arasında sistematik bir literatür taraması yapılmıştır. Yapılan sistematik literatür taraması sonucunda 17600 adet sonuç görüntülenmiş ve dışlama kriterlerine göre belirlenen 30 adet çalışma meta-analize dâhil edilmiştir. Bu çalışmadaki meta-analizler, Comprehensive Meta-Analysis (CMA) sürüm 4.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş, rastgele modele göre genel etki büyüklükleri hesaplanmıştır.

**Bulgular:** Meta-analize dahil edilen tüm çalışmaların heterojen yapıda olduğu saptanmıştır. Odunsu göğüs miyopatisinin göğüs kası ağırlığı üzerine etkisine ait tahminlenen etki büyüklüğü pozitif yönlü ve oldukça kuvvetli (1.216) olarak hesaplanmıştır. Çalışmamızda son pH (0.910) ve parlaklık (0.891) için hesaplanan oldukça güçlü etki büyüklüğü değeri, odunsu göğüs miyopatisi görülen etlerde kontrol grubu etlerine kıyasla hem son pH'nın hem de parlaklığın daha yüksek olduğunu göstermektedir.

**Sonuç:** Bu meta-analizin sonuçları, odunsu göğüs miyopatisinin göğüs etinde teknolojik değişikliklere neden olarak et kalitesini düşürdüğünü göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Odunsu göğüs, miyopati, et kalite özellikleri, pH, et rengi

### ABSTRACT

**Objective:** The aim of this study is to determine the quality characteristics of wooden breast and normal breast meat in broilers using a meta-analytical approach.

**Materials and Methods:** The articles to be used in the study were obtained from the Google Scholar database. For this purpose, a systematic literature review was conducted between January and February of 2023. As a result of the systematic literature review, 17600 results were displayed and 30 studies determined according to the exclusion criteria were included in the meta-analysis. Meta-analyses in this study were performed using Comprehensive Meta-Analysis (CMA) version 4.0 software, and overall effect sizes were calculated according to the random model.

**Results:** All studies included in the meta-analysis were found to be heterogeneous. The estimated effect size (1.216) of the effect of wooden breast myopathy on breast muscle weight was calculated as positive and very strong. The quite strong effect size value calculated for ultimate pH (0.910) and lightness (0.891) in our study shows that both ultimate pH and lightness remained higher in meats with wooden breast myopathy compared to control group meats.

**Conclusion:** The results of this meta-analysis showed that wooden breast myopathy caused technological changes in the breast meat and reduced meat quality.

**Keywords:** Wooden breast, myopathy, meat quality characteristics, pH, meat color

Geliş tarihi (Received): 03.04.2023

Kabul tarihi (Accepted): 01.08.2023

\*Sorumlu yazar (correspondence): [cemguler@yyu.edu.tr](mailto:cemguler@yyu.edu.tr)

**Atf:** Güler, H.C., Şeremet, Ç. 2023. Odunsu göğüs miyopatisinin göğüs eti kalite özellikleri üzerine etkilerini tahminlemek için meta-analiz uygulaması. *Hayvansal Üretim* 64(1): 36-47. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.1276221>

**Citation:** Güler, H.C., Şeremet, Ç. 2023. Meta-analysis to predict the effects of wooden breast myopathy on breast meat quality characteristics. *Journal of Animal Production* 64(1): 36-47. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.1276221>

## GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusunun hayvansal protein ihtiyacının karşılanmasında önemli bir yer tutan etlik piliç üretimi son 50 yıllık zaman diliminde önemli bir şekilde değişmiş, üretim ve tüketim miktarı sürekli olarak artmıştır. Etlik piliç üretiminde meydana gelen bu artışın temelinde ise yapılan yoğun seleksiyon çalışmaları yatmaktadır (Julian, 1998; Güler, 2022).

Yüksek verimli etlik piliç elde etme amacıyla yapılan genetik çalışmalar sonucunda piliçlerin göğüs kası miktarındaki artış kas dokunun morfolojik yapısını bozmuş ve kas metabolizmasını etkilemiştir (Velleman and Clark., 2015). Miyopati görülen piliç göğüs kaslarında yüksek oranda nekrotik veya aşırı kasılmış miyofibriller bulunduğu bildirilmektedir (Velleman and Clark, 2015). Hızlı büyümeye bağlı olarak kas lif çapında oluşan artışa karşılık bağ doku, endomisyum ve perimisyumdaki kullanılabilir alan azalmış, bu durum kan akış hızını yavaşlatarak kas metabolizmasında önemli değişikliklere neden olarak kas miyopatilerinin ortaya çıkmasını tetiklemiştir (Wilson et al., 1990). Piliç göğüs kası, hızla kasılabilen glikolitik (tip IIb) kas liflerinden oluşan aerobik bir kastır (Bandman et al., 1982). Söz konusu lif tipinin piliçlerde kas miyopatileri oluşumuna karşı duyarlılığı tetikleyebileceği bildirilmiştir. Glikolisiz sonucu ortaya çıkan laktik asit, aerobik solunum ile üretilir ve dolaşım sistemi tarafından uzaklaştırılır. Ancak, hızlı gelişen piliçlerde, endomisyal ve perimisyal bağ doku aralığındaki azalmaya bağlı olarak kılcal damarların mevcut alanı azalır ve sonuçta kastan salınan laktik asit miktarı düşer (Wilson et al., 1990; Velleman et al., 2003).

Farklı özellikler göstermelerine rağmen göğüs kası miyopatileri birlikte veya ayrı ayrı ortaya çıkabilir; ancak hepsinin birbiriyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Odunsu göğüs (wooden breast, WB); beyaz çizgiler (white striping, WS); spaghetti et (spaghetti meat, SM) ve derin pektoral kas ya da yeşil kas hastalığı (deep pectoral myopathy, DPM) en sık rastlanan kas anormallikleridir. Bu tür etlerin önemli kalite sorunlarına neden olduğu; genellikle daha solgun, daha sert oldukları, daha düşük su tutma (STK) ve bağlama (SBK) kapasitesi gösterdikleri, görsel açıdan sorunlu ve tüketicilerin satın alma kararını olumsuz etkilediği (de Carvalho et al., 2020), hemorajik lezyonlara sahip ve ileri işleme gibi teknolojik özellikleri daha düşük olduğu, ancak gıda güvenliği açısından

sorun teşkil etmeyebilecekleri aktarılmaktadır (Barbut, 2019).

Sıklıkla karşılaşılan ve ticari etlik piliç sürülerinde belirlenen kas anomalilerinden biri odunsu göğüs miyopatisidir. Odunsu göğüs miyopatisi görülme sıklığı tam olarak belirlenmemiş olsa da, şiddetli odunsu göğüs vakalarının tüm sürünün yaklaşık %10'unu etkileyebileceği bildirilmiştir (Ovens, 2014). Aynı araştırmacı (Ovens, 2014); bu oranın ABD'de %50'ye kadar çıkabileceğini öngörmektedir. Yakın tarihli bir çalışmada ise, kesilen piliçlerin %0.78'inde odunsu göğüs ve beyaz çizgiler miyopatisi görüldüğü aktarılmıştır (Fraga et al., 2021). Odunsu göğüs miyopatisinin ilk kapsamlı patolojik tanımı Sihvo et al. (2014) tarafından yapılmış olup, pectoralis major kasının sertleşmesi ile karakterize edilen bir kas anormalliği olarak bildirilmiştir. Odunsu göğüs sendromu, etlik piliçlerin pectoralis majör kasında, bazen pectoralis minör'ü de etkileyecek şekilde, şiddetli fibrozis ile birlikte miyofiber hipertrofisi ve dejenerasyonu sonucunda ortaya çıkan bir kas anormalliği olarak tanımlanmaktadır (Hosotani et al., 2020). Odunsu göğüs sendromu gösteren pectoralis major kaslarının, kranial uçtan kaudal bölgeye kadar uzanan kabarık ve sertleşmiş bir yapı gösterdiği, daha soluk renkli ve yüzeyde hemorajik lezyonlar ile dikkat çektiği bildirilmiştir (Sihvo et al., 2014; Velleman and Clark, 2015; Soglia et al., 2016). Odunsu göğüs miyopatisi, yaklaşık 2 haftalık yaşta, kas doku üzerinde belirli bir bölgede lokal bir lezyon olarak ortaya çıkmakta ve daha sonra tüm dokuya yayılarak yaygın bir fibrotik hasar olarak gelişmektedir (Papah and ark., 2017). Ayrıca, odunsu göğüs sendromuna sıklıkla beyaz çizgiler sendromunun da eşlik ettiği bildirilmiştir (Sihvo ve ark., 2014). Etlik piliçlerde odunsu göğüs sendromu, görsel ve palpasyon muayene ile belirlenebilir. Odunsu göğüs miyopatisinden etkilenen piliç göğüs etinin sadece fiziksel görünümünün değil aynı zamanda besin kalitesinin de değiştiği aktarılmıştır. Thanatsang et al. (2020), odunsu göğüs miyopatisi gösteren piliçlerde oksidatif strese bağlı olarak göğüs etlerinde su, protein, esansiyel amino asit ve mineral içeriğinin azalarak besin madde bileşimini geriletliğini, ayrıca etin teknolojik özelliklerinin de etkilenerek daha parlak (L\*), daha sert ve STK'nin daha düşük olduğunu bildirmiştir. Xing et al. (2020a), odunsu göğüs miyopatisi derecesinin (orta ya da şiddetli) göğüs kası ağırlığı ve kalınlığı ile doğrusal bir ilişki gösterdiğini,

ayrıca pişirme ve su kaybı ile damla kaybı ve etin sertliğinin odunsu göğüs gösteren filetolarda arttığını aktarmıştır. Benzer sonuçlar, Dalgaard et al. (2018) tarafından da bildirilmiş olup, odunsu göğüs miyopatisinden etkilenen göğüs etlerinde su içeriği, kesme kuvveti, serbest su miktarı, damla ve pişirme kaybının yükseldiği, ayrıca kas içi pH'nın da daha yüksek kaldığı bildirilmiştir.

Bu meta-analiz çalışmasında, sistematik literatür taraması sonucu elde edilen, çok sayıda birbirinden bağımsız deneysel araştırmanın sonuçları birleştirilerek, şiddetli odunsu göğüs miyopatisi gösteren etlik piliç göğüs etlerinde et kalitesinin teknolojik özelliklerinde meydana gelen değişimler istatistiki bir metot kullanılarak değerlendirilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Literatür Tarama, Veri Çıkarma ve Değerlendirme

Çalışmada kullanılacak makalelerin seçiminde *Google Akademik* veri tabanı kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, 2023 yılı Ocak-Şubat aylarında sistematik bir literatür taraması yapılmıştır. Literatür taramasına "zaman" ve "dil" kısıtlaması getirilerek "2015-2023" yılları arasında, "İngilizce" olarak basılan, açık erişimi olan, tam metin makaleler aramaya dâhil edilmiştir. Göğüs kası miyopatilerinin insidansının geçtiğimiz beş ila on yılda önemli şekilde yükselmesi (Barbut, 2019), son 10 yılda etlik piliçlerin göğüs kaslarında makroskobik kusurların (Petracci et al., 2019) ortaya çıkması, ayrıca odunsu göğüs miyopatisinin ilk kapsamlı patolojik tanımının 2014 yılında yapılmış olması nedeniyle çalışmaya zaman kısıtlaması (2015-2023) getirilmiştir. Yayınlanmamış makaleler, kitap, tez, kısa not vb. kaynaklar çalışmaya dâhil edilmemiştir. Veri tabanında literatür taraması "wooden breast" and/or "meat quality" and/or "broiler" anahtar kelimelerinden en az 2 tanesini içerecek şekilde yapılmıştır. Yapılan sistematik literatür taraması sonucunda 17600 adet sonuç görüntülenmiş ve elde edilen makaleler hızlı bir şekilde gözden geçirilerek de Carvalho et al. (2020) tarafından belirlenen dışlama kriterlerine göre ön değerlendirmeye tabii tutulmuştur. Bu çalışmada meta-analize dâhil edilecek makalelerin seçiminde aşağıdaki dışlama kriterleri dikkate alınmış ve makalelerin seçiminde kullanılan süreç Şekil 1'de sunulan PRISMA grafiğinde gösterilmiştir.

1. Çalışma yalnızca etlik piliçleri kapsayacak şekilde planlanmış olmalıdır (genotip farkı dikkate alınmamıştır).
2. Çalışma etlik piliçlerde "Odunsu Göğüs" (Wooden Breast) miyopatisi gösteren en az 1 grup içermelidir. Çalışmalar odunsu göğüs miyopatisinin farklı şiddetlerini içeriyorsa (örneğin

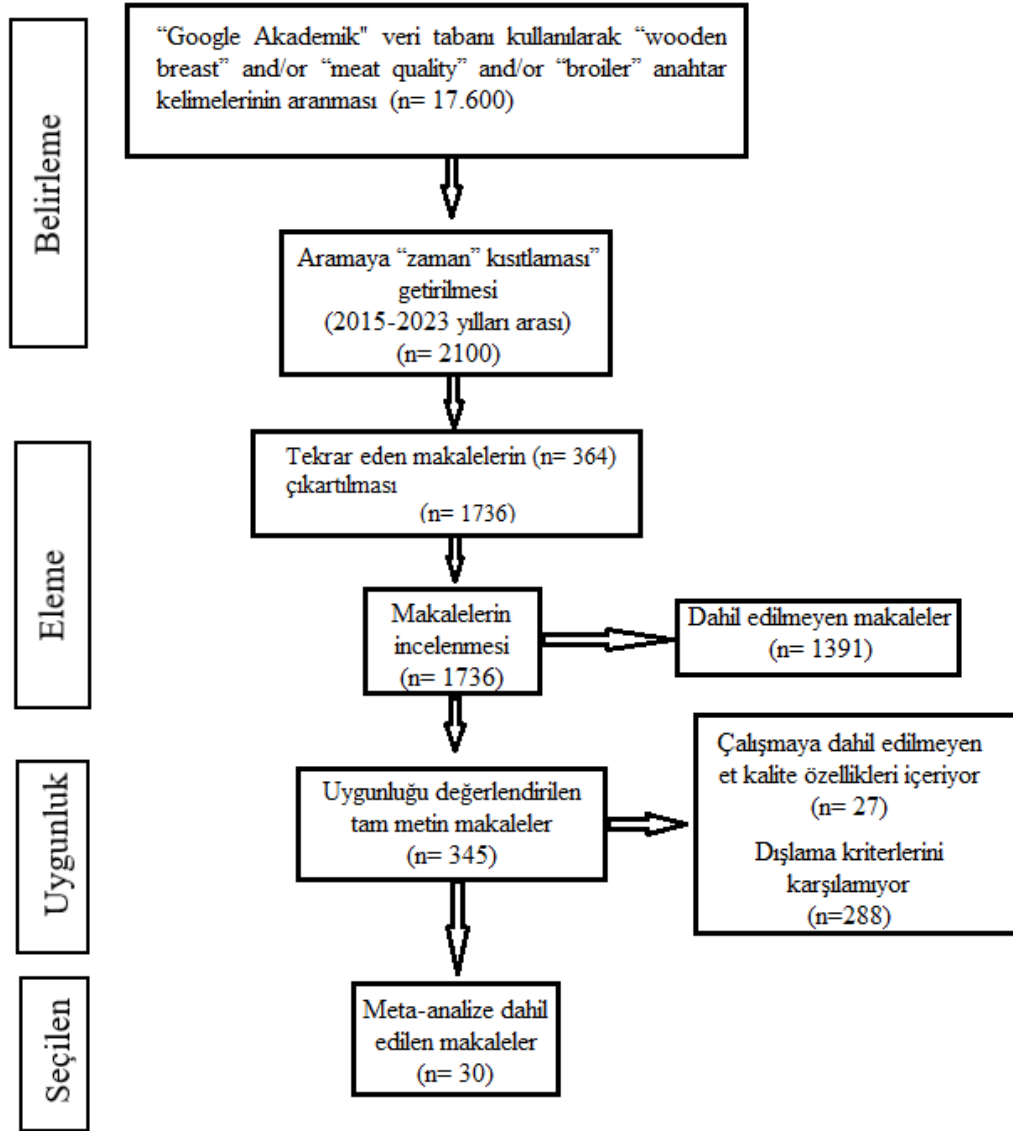
normal, hafif, orta, ılımlı, şiddetli vb.) analize sadece normal (kontrol) ve şiddetli odunsu göğüs miyopatisi grubu dâhil edilmiştir.

3. Çalışma, odunsu göğüs dışında diğer miyopatileri gösteren göğüs eti gruplarını da içeriyorsa, örneğin beyaz çizgiler (White striping, WS) miyopatisi veya odunsu göğüs ile aynı anda aynı kasta beyaz çizgiler miyopatisi görülmesi gibi (odunsu göğüs/beyaz çizgiler miyopatisi göğüs eti), çalışmaya sadece kontrol ve şiddetli odunsu göğüs grubu dâhil edilmiş, diğer gruplar meta-analiz dışında tutulmuştur.
4. Çalışma, et kalite kriterlerinden (son pH (pH<sub>u</sub>); renk ölçütleri: parlaklık (L\*), kırmızılık (a\*), sarılık (b\*); damla kaybı (DK) ve sertlik) en az bir tanesini içermelidir.
5. Çalışma, göğüs eti miyopatisi ve et kalitesi sonuçlarını etkileyebilecek herhangi bir muamele içeriyorsa, hiçbir işlemin olmadığı bir kontrol grubu içermelidir.
6. Çalışmalar, piliçlerin standart piliç yetiştirme koşulları altında yetiştirildiği ve et kalitesini geriletebilecek bir etkiye maruz kalmadıkları ön kabulüne dayanmaktadır.

Dışlama kriterleri doğrultusunda detaylı okuması yapılan toplam 30 adet araştırma makalesinin gerekli niteliği sağladığı görülmüş ve meta-analize dahil edilmiştir (Çizelge 1).

Tüm çalışmalarda araştırmacıların kas miyopatilerini (wooden breast vb.), görsel ve elle (palpasyon) muayene ile literatüre uygun olarak saptadıkları anlaşılmaktadır. Çalışmalarda meta-analize dâhil edilecek pH ve renk ölçümlerine ait sayısal değerler, sadece kesimden 24 saat sonra yapılan ölçümlere ait sonuçları kapsamaktadır. Şayet çalışma farklı kas grupları, farklı ölçüm zamanları vb. muameleler içeriyorsa bu sonuçlar meta-analize dâhil edilmemiştir. Bazı çalışmalarda göğüs ağırlıkları gram (g) olarak sunulurken bazılarında kilogram (kg) olarak verildiği görülmüş, tüm verileri standartlaştırmak amacıyla tüm göğüs ağırlıkları g olarak değiştirilmiştir. Benzer şekilde göğüs eti sertlik ölçüsü bazı çalışmalarda Newton (N), bazılarında kilogram/kuvvet (kg/f) olarak sunulmuştur. Sertlik ölçüsü tüm çalışmalarda kg/f'e dönüştürülmüştür (1 kg/f= 9.80665 Newton). Damla kaybına ait sonuçlar tüm çalışmalarda % olarak bildirilmiştir.

Bu meta-analizin yürütülmesinde kullanılan veriler açık erişimi olan makalelerden elde edildiğinden "Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurul" onayı gerektirmemektedir.



Şekil 1. Literatür huni (sistematik incelemeler ve meta-analizler için tercih edilen raporlama öğeleri - PRISMA) grafiği (Leishman et al. 2021'den uyarlanmıştır).

Figure 1. Literature funnel (preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses - PRISMA) diagram (adapted from Leishman et al. 2021).

### Veri Analizi

Bu çalışmadaki meta-analizler, Comprehensive Meta-Analysis (CMA) sürüm 4.0 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiş ve sabit, rastgele ve genel etki büyüklükleri (EB) hesaplanmıştır (CMA, 2023). Dışlama kriterleri neticesinde seçilen toplam 30 adet makaleden elde edilen bilgiler (et kalite özelliklerine ait sayısal veriler) CMA programına girilirken şu bilgiler eklenmiştir: kontrol grubu ve odunsu göğüs grubu için ortalama değer ( $mean_{Kontrol}$ ,  $mean_{WB}$ ), örneklem büyüklüğü ( $n_{Kontrol}$ ,  $n_{WB}$ ), standart sapma ( $SD_{Kontrol}$ ,  $SD_{WB}$ )

veya p-değeri ( $p_{Kontrol}$ ,  $p_{WB}$ ). CMA programında tüm analizler için etki yönü (pozitif veya negatif) otomatik olarak belirlenmiş ve analizler gerçekleştirilmiştir. EB'nin hesaplanmasında yaygın olarak Pearson r korelasyonu, Cohen'in d yöntemi, Glass'ın  $\Delta$  etki büyüklüğü yöntemi, Hedges'in g etki büyüklüğü yöntemi, Cohen'in  $f^2$  etki büyüklüğü yöntemi, Cramer'in  $\phi$  veya Cramer'in V etki büyüklüğü yöntemi ve Odd oranı gibi istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır (Anonim, 2023). Bu meta-analizde, etki büyüklükleri "Hedges'in g" değeri kullanılarak raporlanmıştır (Eşitlik

1). Hedges'in g değeri Cohen'in d yönteminin değiştirilmiş bir versiyonudur. Hedges'in g'si, Cohen'in d'sinden hesaplanabilir (Becker, 2000). Cohen'in d'sinden farklı olarak Hedges'in grup farklılıklarının etki büyüklüğü, ortalamalardaki farkların ağırlıklı ortak (pooled) standart sapmaya bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Borenstein et al., 2009). Bu meta analizde elde edilen sonuçların yorumlanmasında, tıpkı

Cohen d değerinde olduğu gibi, benzer değerler kullanılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır (EB: 0.2'den küçük ise zayıf, 0.5 ise orta ve 0.8'den büyük ise kuvvetli ilişki (Cohen, 1988); EB: anlamlı bir etkiyi temsil eden minimum etki büyüklüğü 0.41, orta düzeyde bir etki için 1.15 ve güçlü bir etki için 2.70 (Ferguson, 2009).

**Çizelge 1.** Meta-analize dahil edilen odunsu göğüs miyopatisi ve kontrol grubu çalışmalarına ait tanımlayıcı bilgiler (yazar/yıl, ülke, hayvan sayısı, incelenen özellikler)

**Table 1** Descriptive information on wooden breast myopathy and control group studies included in the meta-analysis (author/year, country, number of animals, traits)

| Yazar/Yıl                        | Ülke      | n   | İncelenen Özellikler                           |
|----------------------------------|-----------|-----|--|
| Baldi et al., 2019               | İtalya    | 12  | pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*                   |
| Bowker et al., 2018              | ABD       | 30  | GKA, pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, DK          |
| Brambila et al., 2018            | ABD       | 24  | GKA, Sertlik                                   |
| Cai et al., 2018                 | Çin       | 24  | pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, Sertlik          |
| Campo et al., 2020               | İspanya   | 133 | pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, Sertlik          |
| Chatterjee et al., 2016          | ABD       | 18  | GKA, pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*              |
| Dalgaard et al., 2018            | Danimarka | 56  | GKA, pH <sub>u</sub> , DK, Sertlik             |
| de Almeida Assunção et al., 2020 | Brezilya  | 100 | pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, DK, Sertlik      |
| de Almeida Mallmann et al., 2019 | ABD       | 10  | Sertlik  |
| Geronimo et al., 2019            | Brezilya  | 40  | pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, Sertlik          |
| Geronimo et al., 2022            | Brezilya  | 20  | pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, Sertlik          |
| Guzmán et al., 2021              | Kanada    | 58  | pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, DK, Sertlik      |
| Jarvis et al., 2020              | ABD       | 30  | pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, Sertlik          |
| Kuttappan et al., 2017           | ABD       | 28  | pH <sub>u</sub> , b*, DK                       |
| Lima et al., 2022                | Brezilya  | 9   | pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*                   |
| Livingston et al., 2019a         | ABD       | 29  | pH <sub>u</sub> , DK                           |
| Livingston et al., 2019b         | ABD       | 8   | pH <sub>u</sub>                                |
| Livingston et al., 2019c         | ABD       | 2   | GKA, pH <sub>u</sub> , DK                      |
| Lopez et al., 2023               | Arjantin  | 175 | L*, a*, b*                                     |
| Mudalal et al., 2015             | İtalya    | 48  | GKA, pH <sub>u</sub> , L*, b*, DK, Sertlik     |
| Oliveira et al., 2021            | Brezilya  | 60  | pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, Sertlik          |
| Pan et al., 2021                 | Çin       | 12  | GKA, pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, DK, Sertlik |
| Pang et al., 2020                | Çin       | 24  | DK   |
| Soglia et al., 2016              | İtalya    | 32  | pH <sub>u</sub> , DK                           |
| Tasoniero et al., 2019           | ABD       | 32  | GKA, pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, DK          |
| Wold et al., 2017                | Norveç    | 15  | pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*                   |
| Xing et al., 2017                | Çin       | 30  | GKA, pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, DK          |
| Xing et al., 2020a               | Çin       | 24  | pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, Sertlik          |
| Xing et al., 2020b               | Çin       | 8   | pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, DK               |
| Zhuang and Bowker, 2018          | ABD       | 19  | GKA, pH <sub>u</sub> , L*, a*, b*, Sertlik     |

n: Etlik piliç sayısı; GKA (g): göğüs kasi ağırlığı; pH<sub>u</sub>: son pH; L\*: parlaklık; a\*: kırmızılık; b\*: sarılık; DK: damla kaybı (%); sertlik (kg/f).

n: Number of broilers; BMW (g): breast muscle weight; pH<sub>u</sub>: ultimate pH; L\*: lightness; a\*: redness; b\*: yellowness; DL: drip loss (%); shear force (kg/f).

$$EB (Hedges' g) = \frac{M_1 - M_2}{S_{ortak}} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de;  $M_1$ : 1. grubun ortalaması,  $M_2$ : 2. grubun ortalaması,  $S_{ortak}$ : ortak standart sapma

$$S_{ortak} = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}} \quad (2)$$

Eşitlik 2'de;  $n_1$  ve  $n_2$ : sırasıyla 1. ve 2. gruplar için örneklem büyüklüğü,  $S_1$  ve  $S_2$ : sırasıyla 1. ve 2. gruplar için standart sapma değerleridir.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Eşitlik 3'te;  $X_i$ : i'inci özelliğin ölçüm değeri,  $\bar{X}$ : özelliğin n sayıda ölçümüne ait aritmetik ortalama, n: örnek sayısını ifade eder (Hedges and Olkin, 1985).

Bu meta-analizde CMA yazılımı ile etki büyüklükleri her iki modele göre (sabit ve rastgele) hesaplanmış ancak çalışmadan elde edilen tüm değişkenler heterojen yapıda olduğu için, çalışma sonuçlarının değerlendirilmesi ve yorumlanmasında rastgele etkiler modeli kullanılmıştır (Borenstein et al., 2009). Çalışmaların heterojenliğini test etmek için ise Cochran'ın Q testi kullanılmıştır. Bu test değeri aşağıdaki Eşitlik 4 ile hesaplanmıştır.

$$Q = \sum_{k=1}^K w_k (\hat{\theta}_k - \hat{\theta})^2 \quad (4)$$

Eşitlik 4'te;  $\hat{\theta}$ : genel ortalama etki,  $\hat{\theta}_k$ : her çalışmanın gözlenen etkisinin sapması,  $w_k$ : ağırlık olarak ters varyans, K: çalışma sayısıdır (Cochran, 1954). Burada hesaplanan Q değeri K-1 serbestlik dereceli tablo değeri ile karşılaştırılır. Analiz sonucu elde edilen Q değeri ki-kare tablosundaki kritik değerin üzerinde ise sıfır hipotezi reddedilir ve çalışmaların heterojen yapıda olduğuna karar verilir (Borenstein et al., 2009). Çalışmalar arasındaki toplam varyasyon yüzdesinin hesaplanması amacıyla çalışmalardaki tutarsızlık derecesini ölçen heterojenliğin etkisi,  $I^2$  istatistiği kullanılarak ölçülmüş (Şayık ve ark., 2021) ve Eşitlik 5'teki gibi hesaplanmıştır.

$$I^2 = \left( \frac{Q - sd}{Q} \right) \times 100\% \quad (5)$$

Eşitlik 5'de; Q: Cochran'ın Q değeri (ki-kare istatistiği), sd: serbestlik derecesi (K-1), K: çalışma sayısıdır (Higgins and Thompson, 2002; Higgins et al., 2003).

#### ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Meta-analize dahil edilen 30 adet çalışmanın heterojenliği, Cochran'ın Q testi sonuçları kullanılarak değerlendirilmiştir (Çizelge 2). Sırası ile GKA, pH<sub>u</sub>, L\*, a\*, b\*, DK ve sertlik için Q değerleri; 62.286, 103.102,

173.504, 66.033, 178.255, 114.512 ve 113.985 olarak belirlenmiştir. İncelenen tüm özellikler için hesaplanan Q değerlerinin ki-kare tablo değerinden daha büyük olduğu, yani meta-analize dahil edilen tüm çalışmaların heterojen yapıda olduğu saptanmıştır. Çalışma bulgularında  $I^2$  testi sonuçları da sunulmuştur (Çizelge 2). Yüksek  $I^2$ 'ler, çalışmalar arasında önemli ölçüde heterojenliği göstermektedir. Çizelge 2'de  $I^2$  istatistiği sonuçlarının 71.227 ile 88.647 arasında çok yüksek heterojenite değeri olacak şekilde değiştiği görülmektedir. Higgins et al. (2003),  $I^2 > 50$  ise yüksek heterojenlik olarak değerlendirilmesi gerektiğini, eğer  $I^2 > 75$  ise çok yüksek bir heterojenlikten bahsedilmesi gerektiğini bildirmiştir. Ayrıca araştırmacılar (Higgins et al., 2003)  $I^2$ 'nin Q'dan farklı olarak çalışmaların sayısına bağlı olmadığını bildirmektedir. Bu çalışmada hem Cochran Q testi hem de  $I^2$  testi sonuçları yüksek bir heterojenitenin mevcudiyetini göstermektedir. Saptanan yüksek heterojenite nedeniyle, bu meta-analizde çalışmaların sonuçlarını birleştirmek için rastgele (random) etkiler modeli kullanılmıştır. Benzer sonuçlar, Güler ve Şeremet Tuğalay (2022) tarafından da bildirilmiş olup, etlik piliçlerde taşıma stresi ile et kalitesi arasındaki ilişkileri inceledikleri meta-analiz çalışmalarında, tüm değişkenlerde çalışmalar arası heterojenlik testi sonuçlarını yüksek bulmuşlardır ( $p < 0.05$ ). Güler ve Şeremet Tuğalay (2022), yüksek heterojeniteyi açıklamaya yönelik, kesimden önce son saatlerde meydana gelen değişimlerin et kalite kriterlerini doğrudan etkileyebileceğini, bu nedenle incelenen çalışmalarda farklı genotip, yaş, mevsim ve kesim öncesi koşulların değişken olması gibi pek çok faktörün heterojenliği artırdığını bildirmişlerdir. Benzer etkilerin bu meta-analiz sonuçlarında da etkili olduğu ve çalışmaya dâhil edilen et kalite kriterlerinin benzer bir varyasyon sergilediği düşünülmektedir.

Çalışmamızda, göğüs kası ağırlığı ve bazı et kalitesi özellikleri için rastgele etki modeline göre hesaplanan etki büyüklükleri (Hedges' g), p değeri ve %95 güven aralıkları Çizelge 3'te sunulmuştur. Odunsu göğüs miyopatisinin göğüs kası ağırlığı üzerine etkisine ait tahminlenen etki büyüklüğü pozitif yönlü ve oldukça kuvvetli (1.216) olarak hesaplanmıştır. Meta-analizden elde edilen sonuçlardan, yüksek GKA'na sahip piliçlerde odunsu göğüs miyopatisi görülme sıklığının da arttığı anlaşılmaktadır. Benzer sonuçlar, Mitchell (1999) tarafından da aktarılmış olup, büyüme hızının kas anormalliklerinin insidansında en önemli faktörlerden biri olduğunu bildirmiştir. Odunsu göğüs miyopatisinin derecesi (hafif, orta veya şiddetli) ile fileto ağırlığı ve kalınlığı arasında yüksek oranda korelasyon bildirilmiştir (Xing et al., 2020a). Pekçok araştırmacı, odunsu göğüs miyopatisinden (veya diğer miyopatiler) etkilenen piliçlerde göğüs kasının normal

**Çizelge 2.** Göğüs kası ağırlığı ve bazı et kalite özellikleri için odunsu göğüs miyopatisi ile kontrol grubu arasında sabit etki modeline göre hesaplanan etki büyüklükleri (Hedges' g), Q değeri, Q'ya ait p değeri ve %95 güven aralıkları

**Table 2.** Effect sizes (Hedges' g), Q value, p value of Q, and 95% confidence intervals calculated according to the fixed-effect model between wooden breast myopathy and control group for breast muscle weight and some meat quality characteristics

| Değişkenler     | Çalışma sayısı | Sabit Etki |           |           |          |              |            |                |
|-----------------|----------------|------------|-----------|-----------|----------|--------------|------------|----------------|
|                 |                | %95 GA     |           |           |          | Heterojenlik |            |                |
|                 |                | Hedges g   | Alt Limit | Üst Limit | P-değeri | Q            | Q'ya ait P | I <sup>2</sup> |
| GKA             | 11             | 1.142      | 0.978     | 1.305     | 0.000    | 62.286       | 0.000      | 83.945         |
| pH <sub>u</sub> | 26             | 0.729      | 0.632     | 0.826     | 0.000    | 103.102      | 0.000      | 75.752         |
| L*              | 21             | 0.706      | 0.609     | 0.803     | 0.000    | 173.504      | 0.000      | 88.475         |
| a*              | 20             | 0.512      | 0.415     | 0.609     | 0.000    | 66.033       | 0.000      | 71.227         |
| b*              | 22             | 0.692      | 0.597     | 0.787     | 0.000    | 178.255      | 0.000      | 88.219         |
| DK              | 14             | 0.676      | 0.544     | 0.807     | 0.000    | 114.512      | 0.000      | 88.647         |
| Sertlik         | 15             | 0.047      | -0.062    | 0.157     | 0.396    | 113.985      | 0.000      | 87.718         |

GA: Güven aralığı; GKA (g): göğüs kası ağırlığı; pH<sub>u</sub>: son pH; L\*: parlaklık; a\*: kırmızılık; b\*: sarılık; DK: damla kaybı (%); sertlik (kg/f).

CI: Confidence interval; BMW (g): breast muscle weight; pH<sub>u</sub>: ultimate pH; L\*: lightness; a\*: redness; b\*: yellowness; DL: drip loss (%); shear force (kg/f).

**Çizelge 3.** Göğüs kası ağırlığı ve bazı et kalitesi özellikleri için odunsu göğüs miyopatisi ile kontrol grubu arasında rastgele etki modeline göre hesaplanan etki büyüklükleri (Hedges' g), p değeri ve %95 güven aralıkları

**Table 3.** Effect sizes (Hedges' g), p value, and 95% confidence intervals calculated according to the random effects model between wooden breast myopathy and control group for breast muscle weight and some meat quality characteristics

| Değişkenler     | Çalışma sayısı | Rastgele Etki |           |           |          |
|-----------------|----------------|---------------|-----------|-----------|----------|
|                 |                | %95 GA        |           |           |          |
|                 |                | Hedges g      | Alt Limit | Üst Limit | P-değeri |
| GKA             | 11             | 1.216         | 0.793     | 1.639     | 0.000    |
| pH <sub>u</sub> | 26             | 0.910         | 0.638     | 1.123     | 0.000    |
| L*              | 21             | 0.891         | 0.585     | 1.197     | 0.000    |
| a*              | 20             | 0.608         | 0.409     | 0.808     | 0.000    |
| b*              | 22             | 0.887         | 0.588     | 1.187     | 0.000    |
| DK              | 14             | 1.077         | 0.653     | 1.500     | 0.000    |
| Sertlik         | 15             | 0.126         | -0.202    | 0.455     | 0.451    |

GA: Güven aralığı; GKA (g): göğüs kası ağırlığı; pH<sub>u</sub>: son pH; L\*: parlaklık; a\*: kırmızılık; b\*: sarılık; DK: damla kaybı (%); sertlik (kg/f).

CI: Confidence interval; BMW (g): breast muscle weight; pH<sub>u</sub>: ultimate pH; L\*: lightness; a\*: redness; b\*: yellowness; DL: drip loss (%); shear force (kg/f).

filetolara kıyasla hem daha yüksek ağırlığa hem de daha fazla kalınlığa sahip olduklarını vurgulamaktadır (Mudalal et al., 2015; Chatterjee et al., 2016; Xing et al., 2017; Dalgaard et al., 2018; Tasoniero et al., 2019; Guzmán et al., 2021). Söz konusu durum, bu meta-analizden elde edilen sonuçlar ile de desteklenir şekilde, büyüme hızı ve göğüs kası ağırlığı artışı yönünde yapılan seleksiyonun, bu anormalliklerin (miyopatilerin) oluşmasında önemli bir rol oynadığı hipotezini güçlendirmektedir (Petraacci and Cavani, 2012).

Bu çalışmada, etki büyüklükleri rastgele etki modeli ile birleştirildiğinde, odunsu göğüs miyopatisi ve kontrol grubu piliçleri göğüs etleri arasında, sertlik hariç (p=0.451), incelenen tüm et kalite özellikleri için istatistiki olarak anlamlı bir farklılığın meydana geldiği (p<0.05), yani odunsu göğüs miyopatisi gösteren piliç göğüs etlerinde et kalitesinin belirgin bir şekilde etkilendiği ve azaldığı saptanmıştır. pH<sub>u</sub> ve L\* için rastgele modele göre EB değerlerinin pozitif yönlü ve sırası ile 0.910 ve 0.891 olarak tahminlendiği, güven aralıklarının ise 0.638-1.123 ve 0.585-1.197 olarak hesaplandığı görülmüştür (Çizelge 3). Çalışmamızda pH<sub>u</sub> ve L\* için

hesaplanan oldukça güçlü EB değeri odunsu göğüs miyopatisi görülen etlerde kontrol grubu etlerine kıyasla hem son pH'nın hem de parlaklığın daha yüksek olduğunu göstermektedir. Benzer ilişki, Boulianne and King (1995) tarafından da aktarılmış olup, daha soluk renge sahip göğüs eti filetolarının önemli bir şekilde daha yüksek parlaklık değeri gösterdiği ve daha yüksek bir pH'ya sahip oldukları bildirilmiştir. Aslında, kas pH'sı ile etin parlaklığı arasında önemli bir negatif korelasyon olduğu pek çok araştırmacı tarafından aktarılmıştır (Barbut, 1993; Le Bihan-Duval et al., 2001). Le Bihan-Duval et al. (2001), son pH'nın genetik olarak parlaklık ( $-0.91 \pm 0.02$ ) ve STK ( $-0.83 \pm 0.04$ ) ile çok güçlü bir şekilde negatif ilişkili olduğunu, son pH'ya dayalı yapılacak bir seçimin soluk ve eksüdatif (sulu) et insidansındaki artışı önlemek için seleksiyonda kullanılabileceğini aktarmıştır. Kesimle birlikte pH'nın düşme hızı ve son pH olarak bilinen ulaştığı nihai nokta, et kalitesi ve renk gelişimi açısından çok önemlidir. Kesimle birlikte pH'daki hızlı bir düşüş protein denaturasyonunu tetikleyebilir ve bu durum etin yumuşaklığı, sululuğu ve kas rengini etkileyerek PSE ya da DFD gibi kusurlu et oluşumuna neden olabilir (Solomon et al., 1998; Berri et al., 2001; Barbut, 2002). Çalışma bulgularında son pH ve renk özelliklerinin odunsu göğüs miyopatisinden belirgin şekilde etkilendiği ( $p < 0.05$ ), rastgele etki modeline göre tahminlenen EB'lerin orta üstü veya kuvvetli ilişki sergiledikleri görülmektedir (tahminlenen EB değerleri,  $pH_u$ ,  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  için sırası ile 0.910, 0.891, 0.608 ve 0.887). Mudalal et al. (2015), odunsu göğüs ve beyaz çizgiler miyopatisinden etkilenen filetolarda kontrol grubu filetolarına göre daha yüksek son pH değeri ve daha yüksek ( $P < 0.05$ ) sarılık görülürken,  $L^*$  ve  $a^*$  için kontrol grubu ile önemli bir fark meydana gelmediğini; Tasoniero et al. (2019), normal göğüs etine kıyasla odunsu göğüs miyopatisinden farklı şiddette etkilenen filetoların daha parlak ( $L^*$ ;  $p < 0.0001$ ), daha sarı ( $b^*$ ;  $p < 0.0001$ ) ve daha kırmızı ( $a^*$ ;  $p < 0.0001$ ) olduğunu aktarmıştır. Cai et al. (2018), odunsu göğüs etinin normal göğüs etinden daha yüksek bir ortalama pH'ya ( $p < 0.0001$ ) ve pişirme kaybına ( $p = 0.001$ ) sahip olduğunu;  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri açısından da odunsu göğüs etlerinin normal etlere kıyasla daha yüksek değerler gösterdiğini aktarmıştır. Azalan kas glikojen içeriği ve değişen glikoz metabolizmasının, odunsu göğüs etinde daha yüksek son pH'ya neden olabileceği bildirilmiştir (Abasht et al., 2016). Odunsu göğüs miyopatisi görülen göğüs etlerinde artan  $L^*$  ve  $b^*$  değerleri ise, odunsu göğüs filetolarında meydana gelen fibroz ve lipidozun neticesi olarak bildirilmiştir (Dalle Zotte et al., 2017).

Çalışmamızda rastgele etki modeline göre hesaplanan birleştirilmiş etki büyüklükleri DK ve Sertlik için sırası

ile 1.077 ve 0.126 olarak tahminlenmiş, %95 GA ise 0.653 ile 1.500 ve -0.202 ile 0.455 aralığında hesaplanmıştır (Çizelge 3). Bu meta-analizin bulguları ile uyumlu olarak, Pan et al. (2021), odunsu göğüs miyopatisi grubu piliçlerinde daha yüksek DK değeri gözlenirken ( $p < 0.05$ ), etin sertlik değeri açısından kontrol grubu ile arasında istatistiki açıdan fark olmadığını bildirmiştir. Kuttappan et al. (2017), odunsu göğüs ve beyaz çizgiler miyopatilerinin her ikisinin de DK'yı artırdığını, bu artışta miyopatili etlerde azalmış protein içeriği ve daha düşük su tutma kapasitesinin etkili olabileceğini aktarmaktadır. Benzer bildirişler pek çok araştırmacı tarafından aktarılmış olup, odunsu göğüs miyopatisinin damla kaybında artışa neden olduğunu bildirmiştir (Mudalal et al., 2015; Soglia et al., 2016; Xing et al., 2017; Bowker et al., 2018).

Odunsu göğüs ve kontrol grubu piliçlerin pişmiş göğüs etleri arasında, kesme kuvveti için, istatistiki açıdan anlamlı bir farklılık olmadığı ( $p > 0.05$ ) bildirilmiştir (Cai et al., 2018; Pan et al., 2021). Geronimo et al. (2022) ise, çığ filetolarda odunsu göğüs etinin %37.52 daha sert olduğunu, buna karşılık pişirme sonrası göğüs etlerindeki bu farklılığın kaybolarak odunsu göğüs ve kontrol grubu arasında sertlik açısından bir farklılık kalmadığını aktarmaktadır. Araştırmacılar (Geronimo et al., 2022) bu durumun, odunsu göğüs filetolarında gözlemlenen daha az sayıda çapraz bağ ile doğrudan ilişkili olabileceğini, ayrıca pişirme sırasında uygulanan sıcaklığın, olgunlaşmamış çapraz bağların kolay bir şekilde kırılmasına neden olup kas liflerinde jenerasyon sürecini tetikleyerek sertlikte azalmaya neden olduğu sonucunu gösterdiğini belirtmektedir. Daha yüksek kolajen içeriğine sahip kaslar daha sert doku sergiler, bu da odunsu göğüs miyopatisi görülen etlerde (çığ et) elle muayenede daha sert hissedilmeye neden olmaktadır (Soglia et al., 2016).

Bu çalışmanın sonuçlarının aksine, normal ve şiddetli odunsu göğüs sendromu görülen etlerin kesme kuvvetleri arasında önemli farklılıklar meydana geldiğini, odunsu göğüs miyopatisi görülen pişmiş etlerin daha yumuşak (de Almeida Assunção et al., 2020; Olivera et al., 2021) ya da daha sert (Xing et al., 2020a) olduğunu bildiren çalışmalar da bulunmaktadır.

## SONUÇ

Bu meta-analizden elde edilen sonuçlar, odunsu göğüs miyopatisinin pectoralis majör kasında görsel, teknolojik ve fizikokimyasal değişikliklere neden olarak et kalitesi üzerinde belirgin şekilde olumsuz etkileri olduğunu göstermiştir. Çalışmada rastgele modele göre tahminlenen etki büyüklükleri incelendiğinde, özellikle son pH ve parlaklığın odunsu göğüs miyopatisi grubu etlerinde daha yüksek bulunduğu, yani odunsu göğüs miyopatisinin et kalitesini önemli bir şekilde



geriletildiği anlaşılmaktadır. Benzer şekilde kırmızılık, sarılık, damla kaybı ve göğüs kası ağırlıkları da odunsu göğüs grubu etlerinde kontrol grubu etlerine kıyasla istatistiki olarak farklı bulunmuştur. Pişmiş etin sertliği için hesaplanan EB değerlerinde ise odunsu göğüs miyopatitesi ve normal göğüs etleri arasında önemli bir farklılık bulunmadığı görülmüştür. Genel bir yaklaşım olarak odunsu göğüs miyopatitesinin kalite özelliklerinde gerilemeye ve etin dış görünüşünde meydana gelen bozulmaya bağlı olarak tüketici kabul edilebilirliğinde azalmaya neden olduğu bilinmektedir. Bu durum kanatlı endüstrisinde ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Yetiştirme pratikleri ve genetik çalışmalar sayesinde odunsu göğüs miyopatitesi önlenmeye-azaltılmaya çalışılarak et kalitesini iyileştirmek mümkün görülmektedir. Kesim ağırlığı, büyüme hızı ve oransal göğüs kası için genetik potansiyel arttıkça göğüs anormalliklerinin insidansının da arttığı yaygın olarak kabul görmektedir. Benzer şekilde kesim yaşı ve göğüs kası büyüme eğrisi ile kas miyopatileri arasında da sıkı bir ilişki olduğu histolojik çalışmaları kanıtlanmıştır. Bu nedenle kas miyopatilerinin kesin etiolojini anlamak için gen ekspresyonu, proteomik ve metabolomik yaklaşımlar kullanılarak altta yatan biyolojik süreçler hala anlaşılmaya çalışılmaktadır. Bununla birlikte, genetik faktörlerden daha büyük bir etkiye sahip oldukları ve daha acil çözüm fırsatları sunabildikleri için genetik olmayan faktörler miyopatilerin insidansını azaltmak amacıyla etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Kuluçka, besleme, sıcaklık ve havalandırma gibi piliçlerin büyüme hızlarını etkileyebilecek birçok genetik olmayan faktör kas büyüme ve gelişimini doğrudan etkileyerek miyopatilerin oluşumunu tetiklemektedir. Büyümeyi baskılamak için yem kısıtlamasına gidilmesi, rasyonun enerji ve/veya amino asit yoğunluğunda değişiklikler yapılması, rasyon arginin:lizin:histidin oranı (doğrudan yem kısıtlaması yerine spesifik amino asit seviyesi ve oranını hedefleyen uygulamalar, örneğin lizin seviyesinin %15 azaltılması veya histidin ve arginin oranının lizine göre artırılması piliç performansında kayba neden olmaksızın odunsu göğüs ve beyaz çizgiler miyopatitesinde azalmaya neden olmaktadır), E-C vitamini ve selenyum gibi katkılarla rasyon antioksidan düzeyinin artırılması (oksidatif stres ve miyopatileri azaltmak amacıyla rasyona ilave edilir; özellikle selenyum ve E vitamini eksikliğinin pektoralis majör kasında oksidatif strese karşı antioksidan kapasiteyi bozduğu ve sendromları tetiklediği bilinir), piliçlerin daha erken yaşta kesilmesi, eşey, kuluçka sıcaklığı vb. yetiştirme uygulamaları ile kas miyopatilerinin azaltılabileceği bildirilmektedir. Bu nedenle, göğüs kası miyopatilerinin önlenmesi ve et kalitesi üzerinde oluşturdukları olumsuz etkilerin kontrolü bütüncül bir yaklaşıma dayanmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Abasht B, Mutryn MF, Michalek RD, Lee W. 2016. Oxidative stress and metabolic perturbations in wooden breast disorder in chickens. *PloS One*, 11(4), e0153750. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153750>
- Anonim, 2023. <https://www.statisticssolutions.com/free-resources/directory-of-statistical-analyses/effect-size/>
- Baldi G, Soglia F, Laghi L, Tappi S, Rocculi P, Tavaniello S, Prioriello D, Mucci R, Maiorano G, Petracci M. 2019. Comparison of quality traits among breast meat affected by current muscle abnormalities. *Food Research International*, 115, 3 69-376. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.020>
- Bandman E, Matsuda R, Strohman RC. 1982. Developmental appearance of myosin heavy and light chain isoforms in vivo and in vitro in chicken skeletal muscle. *Developmental Biology*, 93(2), 508-518. [https://doi.org/10.1016/0012-1606\(82\)90138-5](https://doi.org/10.1016/0012-1606(82)90138-5)
- Barbut S. 1993. Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. *Food Research International*, 26 (1), 39-43. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(93\)90103-P](https://doi.org/10.1016/0963-9969(93)90103-P)
- Barbut S. 2002. *Poultry Products and Processing, An Industry Guide*. Chapter 2: Basic Anatomy and Muscle Biology. CRC Press LLC, Boca Raton London New York Washington, D.C, 560 pp.
- Barbut S. 2019. Recent myopathies in broiler's breast meat fillets. *World's Poultry Science Journal*, 75(4), 559-582. <https://doi.org/10.1017/S0043933919000436>
- Becker LA. 2000. Effect size (ES). <https://www.uv.es/~friasnava/EffectSizeBecker.pdf> (20 Şubat 2023).
- Berri C, Wacrenier N, Millet N, Le Bihan-Duval E. 2001. Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental and commercial lines. *Poultry Science*, 80(7), 833-838. <https://doi.org/10.1093/ps/80.7.833>
- Borenstein M, Cooper H, Hedges L, Valentine J. 2009. Effect sizes for continuous data. *The handbook of research synthesis and meta-analysis*, 2, pp.221-235.
- Boulianne M, King AJ. 1995. Biochemical and color characteristics of skinless boneless pale chicken breast. *Poultry Science*, 74(10), 1693-1698. <https://doi.org/10.3382/ps.0741693>
- Bowker BC, Maxwell AD, Zhuang H, Adhikari K. 2018. Marination and cooking performance of portioned broiler breast fillets with the wooden breast condition. *Poultry Science*, 97 (8), 2966-2970. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey144>
- Brambila GS, Bowker BC, Chatterjee D, Zhuang H. 2018. Descriptive texture analyses of broiler breast fillets with the wooden breast condition stored at 4 C and -20 C. *Poultry Science*, 97(5), 1762-1767. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew327>
- Cai K, Shao W, Chen X, Campbell YL, Nair MN, Suman SP, Beach CM, Guyton MC, Schilling MW. 2018. Meat quality traits and proteome profile of woody broiler breast (pectoralis major) meat. *Poultry Science*, 97(1), 337-346. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex284>
- Campo MDM, Mur L, Guerrero A, Barahona M, Resconi VC, Magalhaes DR, Lisinski E, Boito B, Oliveira IMD, Olleta JL. 2020. Differentiating breast myopathies through color

- and texture analyses in broiler. *Foods*, 9(6), 824. <https://doi.org/10.3390/foods9060824>
- Chatterjee D, Zhuang H, Bowker BC, Sanchez-Brambila G, Rincon AM. 2016. Instrumental texture characteristics of broiler pectoralis major with the wooden breast condition. *Poultry Science*, 95(10), 2449-2454. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew204>
- CMA. 2023. <https://www.meta-analysis.com/pages/demo.php?cart=B6R78496788>
- Cochran W. 1954. Some methods for strengthening the common  $\chi^2$  tests. *Biometrics*, 10(4), 417-451. <https://doi.org/10.2307/3001616>
- Cohen J. 1988. The Analysis of Variance, 274-287. In: *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2nd ed. (Ed. J. Cohen), Lawrence Erlbaum Associates, 579 pp.
- Dalgaard LB, Rasmussen MK, Bertram HC, Jensen JA, Møller HS, Aaslyng MD, Hejbøl EK, Pedersen JR, Elsser-Gravesen D, Young JF. 2018. Classification of wooden breast myopathy in chicken pectoralis major by a standardised method and association with conventional quality assessments. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(7), 1744-1752. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13759>
- Dalle Zotte A, Tasoniero G, Puolanne E, Remignon H, Cecchinato M, Catelli E, Cullere M. 2017. Effect of "wooden breast" appearance on poultry meat quality, histological traits, and lesions characterization. *Czech Journal of Animal Science*, 62(2), 51-57. doi: 10.17221/54/2016-CJAS
- de Almeida Assunção AS, Garcia RG, Komiyama CM, de Sena Gandra ÉR, de Souza JR, Dos Santos W, Caldara FR, Martins RA. 2020. Wooden breast myopathy on broiler breast fillets affects quality and consumer preference. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 3555-3565. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02392-6>
- de Almeida Mallmann B, Martin EM, Soo Kim K, Calderon-Apodaca NL, Baxter MF, Latorre JD, Hernandez-Velasco X, Paasch-Martinez L, Owens CM, Dridi S, Bottje WG. 2019. Evaluation of bone marrow adipose tissue and bone mineralization on broiler chickens affected by wooden breast myopathy. *Frontiers in Physiology*, 10, 674. doi: 10.3389/fphys.2019.00674
- de Carvalho LM, Ventanas S, Olegario LS, Madruga MS, Estévez M. 2020. Consumers awareness of white-stripping as a chicken breast myopathy affects their purchasing decision and emotional responses. *LWT*, 131, 109809. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109809>
- Ferguson CJ. 2009. An effect size primer: A guide for clinicians and researchers. *Professional Psychology, Research and Practice*, 40(5), 532-538. <https://doi.org/10.1037/a0015808>
- Fraga ST, Jaenisch FR, Peixoto JO, Coldebella A, Borges KA, Furian TQ, Dickel EL, Santos LRD. 2021. Wooden breast and white striping: comparative occurrence in three poultry companies. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 41, e06685. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-6685>
- Geronimo BC, Mastelini SM, Carvalho RH, Júnior SB, Barbin DF, Shimokomaki M, Ida EI. 2019. Computer vision system and near-infrared spectroscopy for identification and classification of chicken with wooden breast, and physicochemical and technological characterization. *Infrared Physics & Technology*, 96, 303-310. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2018.11.036>
- Geronimo BC, Prudencio SH, Soares AL. 2022. Biochemical and technological characteristics of wooden breast chicken fillets and their consumer acceptance. *Journal of Food Science and Technology*, 59(3), 1185-1192. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05123-3>
- Güler HC. 2022. Phenotypic correlations between carcass part yields and meat quality characteristics in quails. *Hayvansal Üretim*, 63(1), 7-14. <https://doi.org/10.29185/hayuretim.1011729>
- Güler HC, Şeremet Tuğalay Ç. 2022. Etlik piliçlerde taşıma stresinin göğüs eti kalite özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi: meta-analiz. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(3), 457-470. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1030261>
- Guzmán AP, Trocino A, Susta L, Barbut S. 2021. Comparing three textural measurements of chicken breast fillets affected by severe wooden breast and spaghetti meat. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 465-471. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1893134>
- Hedges LV, Olkin I. 1985. *Statistical Methods for Meta-Analysis*. Academic Press, London, 369 pp.
- Higgins JP, Thompson SG. 2002. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in medicine*, 21(11), 1539-1558. <https://doi.org/10.1002/sim.1186>
- Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. 2003. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*, 327(7414), 557-560. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>
- Hosotani M, Kawasaki T, Hasegawa Y, Wakasa Y, Hoshino M, Takahashi N, Ueda H, Takaya T, Iwasaki T, Watanabe T. 2020. Physiological and pathological mitochondrial clearance is related to pectoralis major muscle pathogenesis in broilers with wooden breast syndrome. *Frontiers in Physiology*, 11, 579. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00579>
- Jarvis T, Byron M, Von Staden M, Crist C, Zhang X, Rowe C, Smith B, Schilling W, Rowe C, Schilling MW. 2020. Quality differences in wooden and normal broiler breast meat marinated with traditional and clean label marinades. *Meat and Muscle Biology*, 4(1). doi:10.22175/mmb.9458
- Julian RJ. 1998. Rapid growth problems: ascites and skeletal deformities in broilers. *Poultry Science*, 77(12), 1773-1780. <https://doi.org/10.1093/ps/77.12.1773>
- Kuttappan VA, Owens CM, Coon C, Hargis BM, Vazquez-Anon M. 2017. Incidence of broiler breast myopathies at 2 different ages and its impact on selected raw meat quality parameters. *Poultry Science*, 96(8), 3005-3009. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex072>
- Le Bihan-Duval E, Berri C, Baéza E, Millet N, Beaumont C. 2001. Estimation of the genetic parameters of meat characteristics and of their genetic correlations with growth and body composition in an experimental broiler line. *Poultry Science*, 80(7), 839-843. <https://doi.org/10.1093/ps/80.7.839>
- Leishman EM, Ellis J, van Staaveren N, Barbut S, Vanderhout RJ, Osborne VR, Wood BJ, Harlander-Matuschek A, Baes CF. 2021. Meta-analysis to predict the effects of temperature stress on meat quality of poultry. *Poultry Science*, 100(11), 101471. doi: 10.1016/j.psj.2021.101471.

- Lima JL, Bezerra TK, Carvalho LM, Galvão MS, Lucena L, Rocha TC, Estevez M, Madruga MS. 2022. Improving the poor texture and technological properties of chicken wooden breast by enzymatic hydrolysis and low-frequency ultrasound. *Journal of Food Science*, 87(6), 2364-2376. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16149>
- Livingston ML, Landon C, Barnes HJ, Brake J. 2019a. White striping and wooden breast myopathies of broiler breast muscle is affected by time-limited feeding, genetic background, and egg storage. *Poultry Science*, 98(1), 217-226. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey333>
- Livingston ML, Ferket PR, Brake J, Livingston KA. 2019b. Dietary amino acids under hypoxic conditions exacerbates muscle myopathies including wooden breast and white striping. *Poultry Science*, 98(3), 1517-1527. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey463>
- Livingston ML, Landon CD, Barnes HJ, Brake J, Livingston KA. 2019c. Dietary potassium and available phosphorous on broiler growth performance, carcass characteristics, and wooden breast. *Poultry Science*, 98(7), 2813-2822. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez015>
- López TA, García PA, Tica L, Pieniazek F, Schebor C, Sosa N. 2023. Classification, quality characteristics, sensory perception and texture prediction of wooden breast myopathy in broilers from Argentina. *Journal of Food Science and Technology*, 60(1), 233-242. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05608-9>
- Mitchell MA. 1999. Muscle abnormalities: pathophysiological mechanisms. *Poultry Meat Science, Poultry Science Symposium Series Volume 25*, pp.65-98.
- Mudalal S, Lorenzi M, Soglia F, Cavani C, Petracci M. 2015. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal*, 9(4), 728-734. <https://doi.org/10.1017/S175173111400295X>
- Oliveira RFD, Mello JLMD, Ferrari FB, Souza RAD, Pereira MR, Cavalcanti ENF, Villegas-Cayllahua EA, Fidelis HDA, Giampietro-Ganeco A, Fávero MS, Souza PAD. 2021. Effect of aging on the quality of breast meat from broilers affected by wooden breast myopathy. *Animals*, 11(7), 1960. <https://doi.org/10.3390/ani11071960>
- Owens CM. 2014. Identifying quality defects in poultry processing. *Watt Poultry USA*, 42, p.50.
- Pan X, Zhang L, Xing T, Li J, Gao F. 2021. The impaired redox status and activated nuclear factor-erythroid 2-related factor 2/antioxidant response element pathway in wooden breast myopathy in broiler chickens. *Animal Bioscience*, 34(4), 652-661. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0953>
- Pang B, Bowker B, Zhang J, Yang Y, Zhuang. 2020. Prediction of water holding capacity in intact broiler breast fillets affected by the woody breast condition using time-domain NMR. *Food Control*, 118, 107391. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107391>
- Papah MB, Brannick EM, Schmidt CJ, Abasht B. 2017. Evidence and role of phlebitis and lipid infiltration in the onset and pathogenesis of Wooden Breast Disease in modern broiler chickens. *Avian Pathology*, 46(6), 623-643. <https://doi.org/10.1080/03079457.2017.1339346>
- Petracci M, Cavani C. 2012. Muscle growth and poultry meat quality issues. *Nutrients*, 4(1), 1-12. <https://doi.org/10.3390/nu4010001>
- Petracci M, Soglia F, Madruga M, Carvalho L, Ida E, Estévez M. 2019. Woodenbreast, white striping, and spaghetti meat: causes, consequences and consumer perception of emerging broiler meat abnormalities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18: 565-583. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12431>
- Sihvo HK, Immonen K, Puolanne E. 2014. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. *Veterinary Pathology*, 51(3), 619-623. doi: 10.1177/0300985813497488
- Soglia F, Mudalal S, Babini E, Di Nunzio M, Mazzoni M, Sirri F, Cavani C, Petracci M. 2016. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poultry Science*, 95(3), 651-659. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev353>
- Solomon MB, Van Laack RLJM, Eastridge JS. 1998. Biophysical basis of pale, soft, exudative (PSE) pork and poultry muscle: A review. *Journal of Muscle Foods*, 9(1), 1-11. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.1998.tb00639.x>
- Şayık D, Açıkgöz A, Mutlu F. 2021. Koronavirüs pandemisinde sağlık personellerinin uyku kalitesi: Meta-analiz. *Journal of Turkish Sleep Medicine*, 1, 1-6. doi: 10.4274/jtsm.galenos.2021.51523
- Tasoniero G, Bowker B, Stelzleni A, Zhuang H, Rigdon M, Thippareddi H. 2019. Use of blade tenderization to improve wooden breast meat texture. *Poultry Science*, 98(9), 4204-4211. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez163>
- Thanatsang KV, Malila Y, Arayamethakorn S, Srimarut Y, Tatiyaborworntham N, Uengwetwanit T, Panya A, Rungrassamee W, Visessanguan W. 2020. Nutritional properties and oxidative indices of broiler breast meat affected by wooden breast abnormality. *Animals*, 10(12), 2272. <https://doi.org/10.3390/ani10122272>
- Velleman SG, Clark DL. 2015. Histopathologic and myogenic gene expression changes associated with wooden breast in broiler breast muscles. *Avian Diseases*, 59(3), 410-418. <https://doi.org/10.1637/11097-042015-Reg.1>
- Velleman SG, Anderson JW, Coy CS, Nestor KE. 2003. Effect of selection for growth rate on muscle damage during turkey breast muscle development. *Poultry Science*, 82(7), 1069-1074. <https://doi.org/10.1093/ps/82.7.1069>
- Wilson BW, Nieberg PS, Buhr RJ, Kelly BJ, Shultz FT. 1990. Turkey muscle growth and focal myopathy. *Poultry Science*, 69(9), 1553-1562. <https://doi.org/10.3382/ps.0691553>
- Wold JP, Veiseth-Kent E, Høst V, Løvland A. 2017. Rapid online detection and grading of wooden breast myopathy in chicken fillets by near-infrared spectroscopy. *PLoS One*, 12(3), e0173384. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173384>
- Xing T, Zhao X, Han M, Cai L, Deng S, Zhou G, Xu X. 2017. A comparative study of functional properties of normal and wooden breast broiler chicken meat with NaCl addition. *Poultry Science*, 96(9), 3473-3481. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev116>
- Xing T, Zhao X, Zhang L, Li JL, Zhou GH, Xu XL, Gao F. 2020a. Characteristics and incidence of broiler chicken

wooden breast meat under commercial conditions in China. Poultry Science, 99(1), 620-628.  
<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez560>

- Xing T, Zhao X, Xu X, Li J, Zhang L, Gao F. 2020b. Physiochemical properties, protein and metabolite profiles of muscle exudate of chicken meat affected by wooden breast myopathy. Food Chemistry, 316, 126271.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126271>
- Zhuang H, Bowker B. 2018. The wooden breast condition results in surface discoloration of cooked broiler pectoralis major. Poultry Science, 97(12), 4458-4461.  
<http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey284>