

T.C.
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
KANATLI HAYVAN YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI



PSE VE NORMAL ÖZELLİK GÖSTEREN
KANATLI GÖĞÜS ETLERİNİN SU TUTMA
KAPASİTELERİNİN FARKLI METOTLARLA
BELİRLENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEYDA EROĞLU

TEZ DANIŞMANI

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Yaman

BOLU, TEMMUZ - 2024

KABUL VE ONAY SAYFASI

Şeyda EROĞLU tarafından hazırlanan “PSE VE NORMAL ÖZELLİK GÖSTEREN KANATLI GÖĞÜS ETLERİNİN SU TUTMA KAPASİTELERİNİN FARKLI METOTLARLA BELİRLENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması jürimiz tarafından Kanatlı Hayvan Yetiştiriciliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliğiyle kabul edilmiştir. 22/07/2024

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet YAMAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Üye

Doç. Dr. Haluk ERGEZER

Pamukkale Üniversitesi

Üye

Dr. Öğr. Üyesi S. Arda ERATALAR

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir,

aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Teze ilişkin Turnitin adlı programında enstitü müdürlüğünce belirlenen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan benzerlik raporuna göre, tezin benzerlik oranı %30'u geçmemektedir.

ŞEYDA EROĞLU

ÖZET

**PSE VE NORMAL ÖZELLİK GÖSTEREN KANATLI GÖĞÜS
ETLERİNİN SU TUTMA KAPASİTELERİNİN FARKLI METOTLARLA
BELİRLENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ŞEYDA EROĞLU
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
KANATLI HAYVAN YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI**

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ AHMET YAMAN)

**BOLU, TEMMUZ - 2024
XIII+57**

Bu çalışma normal ve PSE’li etlik piliç ve hindi etlerinin su tutma kapasiteleri için farklı analiz metotlarını araştırmak ve cihaz ile kimyasal madde olmadan, her yerde bulunabilen ambalajlı su ve kahve filtresi gibi materyallerle su tutma kapasitesi analizi yapmak ve bulunan sonuçları diğer kimyasal, cihaz ile yapılan analizlerin sonuçları ile kıyaslamak amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla, erkek etlik piliç eti ile hindi eti kullanılmıştır. PSE’li hale getirilen etlik piliç ve hindi göğüs etleri ile normal etlik piliç ve hindi etleri pH ve renk durumlarına göre ayrılmış ve on iki ayrı analiz metodu ile su tutma kapasiteleri araştırılmıştır.

Ölçüm yöntemlerinden santrifüj yöntemlerinin sonuçları çok tutarlı bulunmamıştır ($P>0.05$). Fırında pişirme ile su içinde pişirme yöntemleri sonuçları birbirleri ile tutarlı bulunmuştur. Tekstür cihazı ile yapılan ölçümlerin sonuçları ile 5 ve 10’ar kg ağırlık koyarak bekletme sonuçları karşılaştırılmış ve özellikle kahve filtresinin de su tutma kapasitesi analizinde kullanılabileceği tespit edilmiştir ($P<0.05$). Sonuç olarak etlik piliçlerin ve hindilerin göğüs etlerinin su tutma kapasitesi analizinde kahve filtresi ve ağırlık kombinasyonunun sürdürülebilir ve ekonomik bir yöntem olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Etlik Piliç, Hindi, PSE, Su Tutma Kapasitesi, Sürdürülebilirlik, Kahve Filtresi

ABSTRACT

DETERMINATION AND COMPARISON OF WATER HOLDING CAPACITY OF PSE AND NORMAL LIKE POULTRY BREAST MEAT BY DIFFERENT METHODS

MSC THESIS

ŞEYDA EROĞLU

BOLU ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF POULTRY SCIENCE

(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. AHMET YAMAN)

BOLU, JULY 2024

XIII+57

This study was conducted to investigate different analytical methods for water holding capacity in normal and PSE (pale, soft, exudative) broiler and turkey meats, and to perform WHC analysis using materials readily available everywhere, such as packaged water and coffee filters, without the need for devices or chemicals. The results obtained were compared with those from other chemical device-based analyses. For this purpose, male broiler and turkey meats were used. The PSE and normal broiler and turkey breast meats were separated according to their pH and color status, and their WHC was investigated using twelve different analytical methods.

The results of centrifugation methods among the measurement techniques were found to be inconsistent ($P>0.05$). The results of oven cooking and water cooking methods were found to be consistent with each other. The results of measurements made with a texture analyzer were compared with the results of holding the samples under weights of 5 and 10 kg, and it was determined that coffee filters could also be used for WHC analysis ($P<0.05$). In conclusion, it was found that the combination of coffee filters and weights could be used as a sustainable and economical method for WHC analysis of broiler and turkey breast meats.

KEYWORDS: Broiler, Turkey, PSE, Water Holding Capacity, Sustainability, Coffee Filter

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY SAYFASI	iii
ETİK BEYAN.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ	x
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xii
TEŞEKKÜR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	3
2.1 Su Tutma Kapasitesinin Tanımı	3
2.2 Kas dokuda bulunan suyun formları.....	3
2.3. Su Tutma Kapasitesinin Önemi	5
2.4. Çiğ (pişmemiş), pişmiş ve işlenmiş etin STK üzerindeki yapısal etkileri.....	6
2.5. Kasta STK'yı etkileyen faktörler	8
2.6. Ölüm sonrası pH düşüşü, PSE ve DFD etlerde su tutma kapasitesi8	
2.6.1. Çiğ kasta STK'yı etkileyen faktörler	9
2.6.2. PSE ve DFD etlerde postmortem pH düşüşü	10
2.7. Net Yük Etkisi.....	12
2.8. Sterik Etki.....	13
2.9. Protein denatürasyonu	15
2.10. Protein Degredasyonu	17
2.11. Su Tutma Kapasitesi Yöntemleri.....	18
2.12. Sürdürülebilirlik.....	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1 MATERYAL	21
3.2 YÖNTEM	21
3.2.1 Normal ve PSE'li etlerin belirlenmesi	21
3.2.2 pH Ölçümü	21
3.2.3 Renk Analizi.....	21
3.2.4 Kuru Madde Analizi.....	21
3.2.5 Protein Tayini	22
3.2.6 Tekstür Analiz cihazı ile STK analizi	22
3.2.7 Sıkıştırma (Flexi)	22
3.2.8 Pişirme Kaybı (Fırın)	22
3.2.9 Pişirme Kaybı (Su Banyosu).....	23
3.2.10 Kap İçerisinde Bekletme.....	23

3.2.11	Damlama Kaybı (Drip Loss) (Askıda bekletme+Pişirme).....	23
3.2.12	Sıkıştırma Plakaları (5 kg ağırlık).....	23
3.2.13	Sıkıştırma Plakaları (10 kg ağırlık).....	24
3.2.14	Santrifüj Yöntemi (Kaba Filtre Kâğıdı Metodu)	24
3.2.15	Santrifüj Yöntemi (Tuzlu Su Metodu)	24
3.2.16	İstatistik Analizler	25
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA	26
4.1	Isı uygulamalarına dayalı (pişirme kaybı) su tutma kapasitesi.....	27
4.2	Kuvvet uygulamayan (Sızıntı kaybı) su tutma kapasitesi metotları.	31
4.3	Kuvvet uygulanarak belirlenen (sıkıştırma/baskılama) su tutma kapasitesi metotları	34
4.4	Kuvvet uygulanarak belirlenen (santrifüj) su tutma kapasitesi metotları	46
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER	49
6.	KAYNAKLAR.....	50

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. Kas yapıda buluna suyun formları	4
Şekil 2. Kas proteinlerinin izoelektrik noktası ile STK arasındaki ilişki.....	9
Şekil 3. Kasdaki suyun ve kalın ile ince filamentlerin pre-rigor ve post rigordaki durumları.....	14



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1 Canlı hayvan kasında (pH ~7) ve ette (pH 5.3-5.8) suyun formları	6
Tablo 4.1. Etlik piliç ve hindi eti örneklerinin temel özellikleri.....	26
Tablo 4.2. Etlik piliç etlerine ait pişirme kaybı değerleri	27
Tablo 4.3. Normal ve PSE etlik piliç etlerinde pişirme kaybı değerlerinin karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)	29
Tablo 4.4. Normal ve PSE etlik piliç etlerinde farklı pişirme kaybı metotlarının karşılaştırılması (ANOVA varyans analizi)	29
Tablo 4.5. Hindi etlerine ait pişirme kaybı değerleri	30
Tablo 4.6. Normal ve PSE hindi etlerinde pişirme kaybı değerlerinin karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)	30
Tablo 4.7. Normal ve PSE hindi etlerinde farklı pişirme kaybı metotlarının karşılaştırılması (ANOVA varyans analizi)	31
Tablo 4.8. Etlik piliç etlerine ait sızıntı kaybı değerleri	31
Tablo 4.9. Normal ve PSE etlik piliç etlerinde sızıntı kaybı değerlerinin karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)	32
Tablo 4.10. Normal ve PSE etlik piliç etlerinde farklı sızıntı kaybı metotlarının karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)	33
Tablo 4.11. Hindi etlerine ait sızıntı kaybı değerleri	33
Tablo 4.12. Normal ve PSE hindi etlerinde sızıntı kaybı değerlerinin karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)	34
Tablo 4.13. Normal ve PSE hindi etlerinde farklı sızıntı kaybı metotlarının karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)	34
Tablo 4.14. Etlik piliç ve hindi etlerine farklı sürelerde 5 kg baskı uygulaması metodu ile ölçülen su tutma kapasitesi değerleri	36
Tablo 4.15. Etlik piliç ve hindi etlerinde farklı filtrelerle yapılan (5 kg baskı) su tutma kapasitesinin baskı sürelerine (5, 15, 30 ve 60 dk) göre karşılaştırılmaları (ANOVA varyans analizi)	38
Tablo 4.16. Etlik piliç ve hindi etlerine farklı sürelerde 10 kg baskı uygulaması metodu ile ölçülen su tutma kapasitesi değerleri	39
Tablo 4.17. Etlik piliç ve hindi etlerinde farklı filtrelerle yapılan (10 kg baskı) su tutma kapasitesinin baskı sürelerine (5,15,30 ve 60 dk) göre karşılaştırılmaları (ANOVA varyans analizi)	40
Tablo 4.18. Etlik piliç ve hindi etlerine farklı filtre kağıtlarıyla farklı sürelerde 5 kg baskı uygulaması metodu ile ölçülen su tutma kapasitesi değerleri	41
Tablo 4.19. Etlik piliç ve hindi etlerinde yapılan su tutma kapasitesinin kullanılan filtre kağıtlarına göre karşılaştırılmaları (ANOVA varyans analizi)	42
Tablo 4.20. Etlik piliç ve hindi etlerine farklı filtre kağıtlarıyla farklı sürelerde 10 kg baskı uygulaması metodu ile ölçülen su tutma kapasitesi değerleri	43

Tablo 4.21. Etlik piliç ve hindi etlerinde yapılan su tutma kapasitesinin kullanılan filtre kağıtlarına göre karşılaştırılmaları (ANOVA varyans analizi).....	44
Tablo 4.22. Kahve filtresi metodunda uygulanan farklı ağırlık ve sürenin etkisini belirlendiği faktöriyel desen sonuçları (General Linear Model Univariate)	45
Tablo 4.23. Whatman filtre kâğıdı metodunda uygulanan farklı ağırlık ve sürenin etkisini belirlendiği faktöriyel desen sonuçları (General Linear Model Univariate).....	45
Tablo 4.24. Kaba filtre kâğıdı metodunda uygulanan farklı ağırlık ve sürenin etkisini belirlendiği faktöriyel desen sonuçları (General Linear Model Univariate)	46
Tablo 4.25. Etlik piliç etlerine ait santrifüj metodu ile elde edilen su tutma kapasitesi değerleri.....	47
Tablo 4.26. Normal ve PSE etlik piliç etlerinde su tutma kapasitesi (santrifüj yöntemi) değerlerinin karşılaştırılması (Bağımsız t-testi).....	47
Tablo 4.27. Hindi etlerine ait santrifüj metodu ile elde edilen su tutma kapasitesi değerleri.....	47
Tablo 4.28. Normal ve PSE hindi etlerinde sızıntı kaybı değerlerinin karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)	48

KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

NaCl	: Sodyum Klorür
%	: Yüzde
°C	: Santigrat
g	: Gram
K	: Kontrol
kcal	: Kilokalori
kg	: Kilogram
STK	: Su Tutma Kapasitesi
SBK	: Su Bağlama Kapasitesi
WHC	: Water Holding Capacity (Su Tutma Kapasitesi)
H⁰	: Hue açısı
C*	: Kroma (renk yoğunluğu)
Ca	: Kalsiyum
PSE	: Pale Soft Exudative (solgun yumuşak su tutamayan)
DFD	: Dark Firm Dry (koyu sert kuru)
ADP	: Adenosin Di Fosfat
ATP	: Adenosin Three Fosfat
pI	: İzoelektrik nokta
pHu	: Ultimeyt pH, nihai pH
RN	: Rendement Napole
RPM	: Revolution per minute
x g	: Gravite
EP	: Etlik Piliç
N	: Normal

TEŞEKKÜR

Lisans ve Yüksek lisans eğitimlerimde, tez çalışmamın her aşamasında tüm tecrübe ve bilgi birikimiyle ilgisini ve desteğini benden esirgemeyip bana yol gösteren kıymetli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Yaman'a, laboratuvar çalışmalarım ve istatistiksel analizlerimde yardımcı olan Doç. Dr. Hülya Yaman hocama çok teşekkür ederim.

Savunma jürisinde yer alıp beni eleştirileri ile destekleyen Doç. Dr. Haluk ERGEZER ve Dr. Öğr. Üyesi S. Arda ERATALAR hocalarıma, laboratuvar çalışmalarımızı gerçekleştirdiğimiz Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kanatlı Hayvan Yetiştiriciliği Bölümü'ne, Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'ne ve Yenilikçi Gıda Teknolojileri Geliştirme Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde görevli Öğr. Gör. Dr. Şeyda KARABÖRK hocama, çalışma materyallerimin temininde yardımcı olan Bolca Hindi ve Erpiliç firmalarının değerli yöneticilerine teşekkür ederim.

Son olarak, bu çalışmamda yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen, maddi ve manevi desteği her zaman yanımda olan Sevgili Ailem'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Saygılarımla.

Şeyda EROĞLU

Bolu, Temmuz 2024

1. GİRİŞ

Etin yapısında doğal olarak bulunan suyun tutulma miktarını tanımlamak için Su Tutma Kapasitesi (STK) terimi kullanılmaktadır. STK et kalitesinin en önemli özelliklerinden biridir, etin görsel kabul edilebilirliğini etkiler ve bu durum tüketicilerin ürünü satın alma isteklerini etkiler (Barbut, 2024). Suyun çoğu, kas dokusunun kılcal kuvvetle yerinde tutulduğu tuzda çözünen proteinler (aktin, miyosin) arasındaki moleküller arası boşluklarda bulunan sudur (Warner, 2024).

Ette su kimyasal olarak 3 farklı formda bulunabilmektedir. Bunlar: Bağlı Su, Hareketsiz su ve Serbest Su'dur (Bowker, 2017).

Su, kas dokunun ana bileşenidir ve çizgili kasın yaklaşık %70-75'ini oluşturur (Wicks vd., 2022). Bu suyun yaklaşık %85'i miyofibriller içinde ve ince ve kalın filamentler arasındaki boşlukta bulunurken kalan %15'i hücre dışı alanda bulunur (Wicks vd., 2022). Kas içindeki su bağlı, immobilize/hareketsiz ve serbest formlarda var olabilir. Bağlı suyun hareketi son derece düşüktür ve dondurma veya ısıtma gibi dış etkenlere karşı çok dayanıklıdır. Ancak bağlı su, toplam kas suyunun sadece %4 ila %5'ini temsil eder. Immobilize edilmiş su, aynı zamanda tutuklu su olarak da bilinir ve kas içindeki toplam suyun %80 ila %85'i ile en büyük kısmını oluşturur ve sınırlı hareket yeteneğine sahiptir (Pearce vd., 2011). Immobilize edilmiş su, sterik etkiler veya kas proteinleri ile hidrojen bağı oluşturarak kas lifinin içine hapsolür (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Kasın ete dönüştürülmesi sırasında, immobilize edilmiş su serbest suya doğru hareket edebilir ve sonrasında kayıplara neden olabilir. Serbest su ise kas suyunun yaklaşık %10'unu temsil eder ve ara hücrel boşluklarda zayıf kapiler kuvvetlerle tutulur (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Serbest su, proteinlere zayıf bağlarla bağlı, doku içerisinden akışı engellenemeyen suya denir ve sadece kapiler kuvvetlerin etkisi ile tutulan, ete uygulanan mekanik kuvvetler ile kolayca uzaklaştırılabilen sudur (Huff Lonergan vd., 2010). Kas pH'ı izoelektrik noktasına yaklaştıkça, dipolar bir molekül olan suyun yüklü miyofibriler protein yapısı içinde tutulma yeteneği azalır. Sertleşmenin başlamasıyla birlikte kas, ADP'nin ATP'ye yeniden fosforilasyonunun olmaması nedeniyle gevşemeden kasılmaya devam eder. Sertliğin gelişimi sırasında meydana gelen gevşeme olmaksızın bu kasılma, su için hücrel alan miktarını azaltır. Bu katı yapı, azalan STK'ya yol açar (Wicks vd., 2022).

Kas pH'ın da ki düşüş, etin STK'sını büyük ölçüde değiştirir. pH izoelektrik noktasından uzaklaştıkça (5.1'in üstünde veya altında), yük miktarı artar ve buna bağlı olarak STK için mevcut yükler artar. Böylece, kas pH'ı izoelektrik noktadan saptıkça STK artar. Kas pH'ının izoelektrik noktanın altına düşmesi oldukça nadirdir ve bu nedenle kas pH'ı 7.4'ten izoelektrik noktaya yaklaştığında, klasik PSE (Soluk-Yumuşak-Sulu Et) durumunda olduğu gibi STK azalır. 6.6-6.9 gibi yüksek et pH seviyelerinde mevcut yükün aşırı bolluğu nedeniyle DFD (Koyu-Sert-Kuru Et) etinde STK oldukça belirgin bir şekilde artar (Wicks vd., 2022).

Kasın ve dolayısıyla etin su içeriği özellikle 3 noktada; etin lezzetinde, işlevselliğinde ve raf ömründe önemli rol oynar. Bu sebeple kanatlı etlerinde su tutma kapasitesi analizi çok önemlidir. Literatürde yüzlerce metot bulunmasına rağmen (Barbut, 2024) sürdürülebilir, doğru, hassas ve tekrarlanabilir; kimyasal ve/veya cihaz ihtiyacı bulunmayan yöntem sayısı çok azdır.

Bu çalışmada hindi ve etlik piliç göğüs etleri PSE'li hale getirilmiş ve normal etler ile PSE'li etlerdeki STK'lar farklı metotlar ile ölçülerek kıyaslanmıştır. Bu metotlar baskı, alan tespiti, santrifüj gibi yöntemler olup bu yöntemlerin kimyasal ve/veya cihaz isteği maliyet ve sürdürülebilirlik açısından ele alınarak daha sürdürülebilir yöntemlerin doğruluğu, tekrarlanabilirliği ve kabul edilebilirliği araştırılmıştır. Çıkan sonuçların karşılaştırılması istatistiksel olarak değerlendirilmiş, sonuçların sürdürülebilirlikleri ortaya koyulmuştur.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1 Su Tutma Kapasitesinin Tanımı

Su Tutma Kapasitesi (STK) et ve et ürünlerinin dilimleme, kıyma, presleme işleme ve pişirme gibi işlemler sırasında ve ayrıca taşıma, depolama gibi durumlarda (Hamm, 1986) bünyelerindeki suyu tutma yeteneği olarak tanımlanır (Pearce vd., 2011). Salınan su damlama, sızma veya pişirme kaybı olarak tanımlanabilir ve bunlar STK ile ters ilişkilidir (Warner, 2023). Genel olarak, STK yağsız et kesildiğinde damlama kaybı olarak, pişirildiğinde pişirme kaybı olarak veya saklandığında sızıntı kaybı olarak kaybedilen suyu ifade eder (Barbut, 2024). İşlenmiş bir et ürününden de salınan su genellikle pişirme kaybı olarak tanımlanır ve bu doğrudan STK ile ilgilidir. Damlama, sızma ve pişirme kayıpları birbirleriyle ilişkilidir, ancak STK'yı ölçme yöntemleri arasında her zaman güçlü bir korelasyon olmayabilir. Özellikle pişirme kaybının oldukça farklı faktörlere sahip olabileceği belirtilmektedir (Warner, 2023). Yukarıdaki tanıma göre STK, et içinde bulunan bağlı suya ve et işleme ile ilgili çeşitli operasyonlarda eklenen suyu tanımlar. Bazen su bağlama kapasitesi (SBK) terimi de kullanılır. Her iki terim de kullanıldığında genellikle STK, ham ette suyu bağlama potansiyeline işaret ederken, SBK, proses ve ısıl işlemle birleştirilen süreçte et tarafından bağlanan suyu ifade eder (Pospiech & Montowska, 2011).

2.2 Kas dokuda bulunan suyun formları

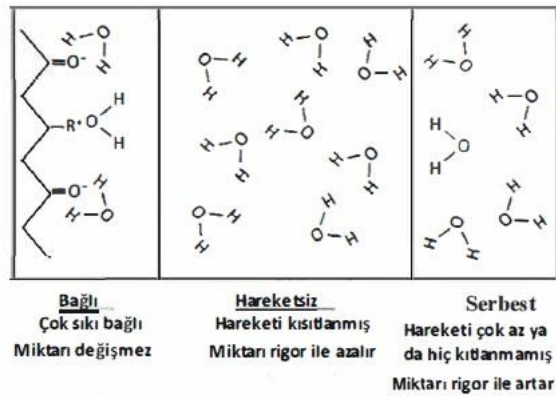
Yağsız kas dokusunun su içeriği yaklaşık %75'tir ve bu miktardaki su hem kimyasal bağlar (örneğin hidrojen bağları) hem de fiziksel kuvvetler tarafından (örneğin kılcal kuvvetler) tarafından tutulur (Barbut, 2015), proteinler ise sudan sonra ette en fazla orana sahip bileşen olup yaklaşık %22 civarında bulunur. Su protein oranı yaklaşık 3.5/1'dir (Honikel, 2004) ve değişik oranlarda olmak üzere yaklaşık %5 lipid, karbonhidratlar %1 ve vitaminler ile kül olarak adlandırılan mineraller de ortalama %1'er oranında bulunmaktadır (Kaufmann, 2012). İleri işlenmiş et ürünlerinde ise su %55 ile 80 arasında; protein ise %10 ile %18 arasında değişir (Barbut, 2015). Etin su ve yağ içeriği arasında da doğrudan bir ilişki vardır, yağ oranı arttıkça su oranı azalır (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005).

Etteki su di-polar bir moleküldür ve proteinler gibi yüklü moleküller tarafından çekilmektedir.

Araştırmacılar (Fennema, 1985; Kinsella vd., 1989; Puolanne & Halonen, 2010) gıdadaki proteinlerin sistemindeki suyu altı temel kategoriye ayırmışlardır:

- a) Yapısal su: protein moleküllerine sıkı bir şekilde bağlıdır ve kimyasal reaksiyonlar için kullanılamaz
- b) Hidrasyon suyu: Amino asitlerin apolar kalıntıları çevresinde bulunur
- c) Tek katmanlı su: Protein gruplarına emilen suyun ilk katmanı; bazı reaksiyonlar için kullanılabilir.
- d) Dondurulamayan su: İlk hal değişikliği sıcaklığında donmayan su
- e) Kılcal su: Yüzey gerilimi kuvvetleri tarafından tutulan su
- f) Hidrodinamik hidrasyon suyu: Proteinleri gevşek bir şekilde çevreleyen su

Et gibi bir protein matrisinde tutulan su bazı kaynaklarda (Barbut, 2015) üç ana kategoriye ayrılırken bazı kaynaklarda (Warner, 2023) dört ana kategoriye ayrılır. Üç ana gruba ayıranlar Şekil 1'den de görüleceği üzere bunları a) Yapısal/bağlı su, b) Hareketsiz/tutuklu su ve c) Serbest su olarak kategorize ederken dört gruba ayıranlar ise a) Yapısal su, b) Miyofibriler içi, c) Miyofibriler dışı ve d) Hücre dışı su olarak kategorize eder.



Şekil 1. Kas yapıda buluna suyun formları

a) Yapısal/bağlı su: Miyofibriler proteinler tarafından sıkı bir şekilde tutulan, su bölmeleri arasında hareket etmeyen, donmaya karşı dirençli olan ve yalnızca geleneksel pişirme dışındaki şiddetli kurutma işlemleriyle giderilebilen sudur (Fennema, 1985, 1996). Miktarı çok az olup gram protein başına yaklaşık 0,5 g su vardır (Kuntz & Kauzmann, 1974). Bağlı suyun etteki miktarı yaklaşık %1'i (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). ila %4-5 arasında değişmektedir (Hamm, 1961). Bağlı su miktarının ölüm sonrası kasta çok az değişiklik gösterdiği

düşünülmektedir (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005), ancak bağı su çevredeki su molekülleri ile sürekli değişime uğramaktadır. Pearce ve ark. (2011) ve Devine ve ark. (2014) bağı su fraksiyonunun yaşlanmayla birlikte değiştiğini göstermiştir.

b) İmmobilize/hareketsiz-tutuklu su: Bu su, sterik etkilerle veya bağı suya çekilme yoluyla tutulur (Huff-Lonergan & Lonergan, 2005). Bu su, toplam suyun yaklaşık %85'ini oluşturur (Pearce vd., 2011) ve yapıdan kolayca ayrılmaz ancak kurutma işlemiyle çıkarılabilir ve postmortem sertlik süreci sırasında kaybedilebilir; ayrıca proteinlerin fiziksel yapısındaki değişikliklerle, örneğin protein bozunması veya denatürasyon yoluyla da kaybedilebilir (Barbut, 2015).

c) Serbest su: Serbest su kas dokusundan engellenmeden akan ve çok zayıf kılcal kuvvetler tarafından kasların içinde tutulan sudur (Apple & Yancey, 2013). Yüklü gruplardan bağımsız olarak koşullar izin verdiğinde etin yapısından serbestçe ayrılabilen su kısmıdır. Bu su, sarkoplazmik sıvı içerisinde bulunur ve miyofibriller proteinler içinde (miyofibril içi) ve miyofibriller arasında (miyofibril dışı) kılcal kuvvetlerle tutulur. Özellikle STK'nın büyük ölçüde, bu miyofibril dışı fraksiyondaki suyla birlikte miyofibril içi su kaybı nedeniyle değiştiği bulunmuştur. Miyofibril dışı su ve küçük bir miktar miyofibril içi su, miyofibrillerin ve hücrelerin ölüm sertliği süreci sırasında küçülmesi gibi nedenlerle kolayca hareket edebilir. Ancak bu su, pre rigor veya yüksek son/nihai pH'lı (ultimeyt pH, pHu) ette serbestçe akış yapmaz (Pearce vd., 2011). Kasın ete dönüşümünde bu bölmelerin su içeriğindeki değişiklikler Tablo 2.1'de (Barbut, 2024) gösterilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı üzere proteinlere bağı su miyofibril içi ve miyofibril dışı bölmelerden sızabilir ve ardından hücre dışı alanda görünür hale gelir ve bu alandan damlama kaybı olarak akabilir (Honikel, 2009).

2.3. Su Tutma Kapasitesinin Önemi

Sululuk duyuşsal bir özelliktir ve tüketiciler aracılığıyla veya eğitimli panelistler aracılığı ile derecelendirilebilir. Diğer tekstür ölçümlerinin (örneğin, yumuşaklık/sertlik) aksine, sululuk, etin benzersiz bir öznel özelliğidir. Tüketici sınıflandırma sistemlerinde, sululuğun, etin tüketici tarafından genel olarak kabul edilebilirliğinde %10'dan fazla etkili olduğu bulunmuştur (Watson vd., 2008). Etin sululuğu, etin ağızda çiğnenmesi sırasında oluşan nem ve yağlama etkisi olarak tanımlanmaktadır. Etin sululuğu iki bileşene ayrılabilir. Bunlardan ilki, et sıvılarının hızlı salınımıyla oluşan, ilk çiğneme sırasında oluşan ıslaklık izlenimidir ve etin su içeriğiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. İkinci bileşen, sürekli çiğneme

sırasındaki sululuk izlenimidir ve yağın tükürük akışı üzerindeki uyarıcı etkisinin bir sonucu olduğu düşünüldüğünden etin yağ içeriğiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Özetle ilk bileşen etin kendi suyu iken ikinci bileşen yağdan ötürü artan ağız suyu olarak tanımlanabilir (Winger & Hagyard, 1994).

Tablo 2.1 Canlı hayvan kasında (pH ~7) ve ette (pH 5.3-5.8) suyun formları

	Su %	
	Kas	Et
Bağlı su	1	1
Miyofibriler içi	80	75
Miyofibriler dışı	15	10
Hücre dışı su	5	15

2.4. Çiğ (pişmemiş), pişmiş ve işlenmiş etin STK üzerindeki yapısal etkileri

Canlı hayvandan su, hücrede hücre zarları (sarkolemma) tarafından tutulur ve çeşitli zar geçitleri ile korunur (Warner, 2023). Kesim sonrasında ise kan kaybı ve kanda oksijen azalması (anoksi) hayvan öldüğünde, kas dokusu glikolitik yolu kullanarak glikojenden ATP üretmeye devam eder (Baeza, 2004). Kesim sonrası, miyofibrillerin uzunlamasına ve enine büzülmesi ile su sarkoplazmaya taşınır, üretilen ATP kullanılamaz hale gelene, pH düşene ve su ile iyonlar sarkolemadan hücreler arasındaki hücre dışı alana geçene kadar hücrede tutulur (Hughes vd., 2014). Canlı bir hayvanın kasında, yaklaşık pH 7'de, miyofibriller kas hücresindeki alanın çoğunu kaplar. Ölüm sonrası, miyofibriller hem enine hem de boyuna büzülür, hücre içi sarkoplazmik alan artar ve zamanla su hücre dışı alana geçer (Hughes vd., 2014). Yaklaşık pH'sı 7 olan kastaki suyun %95'inden fazlası hücre içindedir; kesimden birkaç gün sonra ve pH 5.5'e düştüğünde, suyun yaklaşık %15'i hücre dışı alanda bulunur ve bu su, etin yüzeyinde damlama olarak görünür (Warner, 2023).

Etin depolama, dondurma ve çözme sırasındaki su/ağırlık kaybı, kastaki mevcut olan su miktarına ve kas yapısından bu suyun ne kadar kolay ayrılacağına bağlıdır. Kesilen etten su akışı, itici basınç gerektiren, zamana bağlı fiziksel bir süreçtir. Kesilen etten suyun akış hızı, suyun büyük bir kısmının tutulduğu kılcal kuvvetlere, yapıların geçirgenliğine ve boşlukların boyutlarına ve uzunluğuna bağlıdır. Yapısal açıdan bakıldığında, etten su kaybı temel olarak şu etkenlerden etkilenir: (a) miyofibrillerin uzunlamasına ve enine büzülmesi sonucu

filamentler arası mesafenin değişmesi, (b) su geçirgenliğini artıran hücre zarı yapısının parçalanıp bozulması, (c) hücrenin kasılmasını etkileyen hücre içindeki hücre iskeletinin bütünlüğünün bozulması (d) suyun birikmesine ve akmasına izin veren hücreler arasında boşlukların gelişmesi (Hughes vd., 2014) ve (e) sarkoplazmik ve miyofibriler proteinler arasında bir ağın gelişimi suyu hapsedir (Liu vd., 2016).

Canlı hayvanda kas hücreleri arasında hücre dışı boşluk çok azdır. Ölümden sonra, pH'nın normal pH 'ya (~ 5.5) düşmesi sürecinde ve kasılmanın başlaması sırasında, kas hücreleri arasındaki hücre dışı boşluk artar (Heffron & Hegarty, 1974), ve sıvı akışı için kanalların gelişmesine izin verir. Bu kanallar suyu ağırlıklı olarak kas lifi yönü boyunca et yüzeyine iletir (Hughes vd., 2014). Yüksek damlama kaybı sergileyen kaslarda genellikle ölümden sonra bu kanallar daha erken gelişir ve hücre dışı boşluklar daha büyüktür (Hughes vd., 2014). Kas hücre zarı, hücre içi ve hücre dışı boşluklar arasında bir bariyer oluşturur. Böylece, membran daha geçirgen hale geldiğinde su, hücre dışı boşluğa daha serbestçe akabilir. Membranlarında daha yüksek geçirgenliğe sahip olan kas hücreleri, etten daha fazla damlama ve sıvı kaybı sergiler (Hughes vd., 2014). Ayrıca, polifenoller veya E vitamini gibi hücre içi antioksidanlar, ölüm sonrası membran bozulmasını önleyebilir ve depolama sırasında damlama veya temizleme yoluyla kaybedilen suyu azaltabilir (Shakeri vd., 2020). Miyofibriller birbirlerine ve sarkolemmaya, lifsi proteinlerden oluşan bir ağdan meydana gelen hücre iskeleti (sitoskeleton) aracılığıyla bağlıdır. Hücre iskeleti ölümden sonra farklı oranlarda parçalanıp bozulur ve bir kez parçalandıktan sonra miyofibriller ile hücre zarı arasındaki bağlantı kaybolur. Bu durumda miyofibrillerdeki kasılma artık bir bütün olarak hücrenin kasılmasını sağlayamaz, bu da kas hücresi yapısından su kaybını etkiler (Straadt vd., 2007).

Sarkoplazmik proteinlerin, taze domuz eti ve sığır etinin olgunlaştırılması sırasında ve jambonların kürlenmesi sırasında bozunduğu bilinmektedir (del Olmo vd., 2013; Stoeva vd., 2000). Sığır kaslarından sarkoplazmik proteinlerin ham kasın STK'sında pozitif bir rolü olduğu gösterilmiştir (Liu vd., 2016). Araştırmacılar bu mekanizmanın, sarkoplazmik ve miyofibriler proteinler arasında suyun hapsedilmesini sağlayan bir ağ bağlantısının oluşması olduğunu belirtmişlerdir.

Pişmiş ette, sıcaklık arttıkça ve proteinler farklı sıcaklıklarda denatüre oldukça STK değişiklik gösterir. İşlenmiş et ürünlerinde, yapılandırılmış bir jel

ağının geliştirilmesinin yanı sıra, farklı bileşenlerin miyofibriller kafesteki şişmeye etkisi de önemlidir. Bu üç boyutlu protein ağındaki gözenekler suyu tutarlar (Warner, 2023).

Bu nedenle, çiğ, pişmiş ve işlenmiş et ürünlerinin kas yapısındaki su kaybı, uygulanan kuvvetle (miyofibrillerin, hücrelerin ve jellerin büzülmesi), membran geçirgenliği, iskelet proteini ve miyofibril proteinlerinin bozulması, su akışı için kanalların gelişimi, proteinler arasındaki ağ gelişimi, protein denatürasyonu ve miyofilament aralığının içeriklerin etkisi ile ilgilidir. Kalın filament aralığındaki değişiklikler hacimde önemli değişikliklere neden olabilir ve kasılma kuvveti, suyu intra-miyofibril yapısından dışarı atacaktır. Sarkomer uzunluğu, miyosin ve sarkoplazmik protein denatürasyonu, pH, iyonik güç, iyonlar ve ozmotik basınç; kalın ve ince filament aralığında değişikliklere neden olabilir (Warner, 2023) .

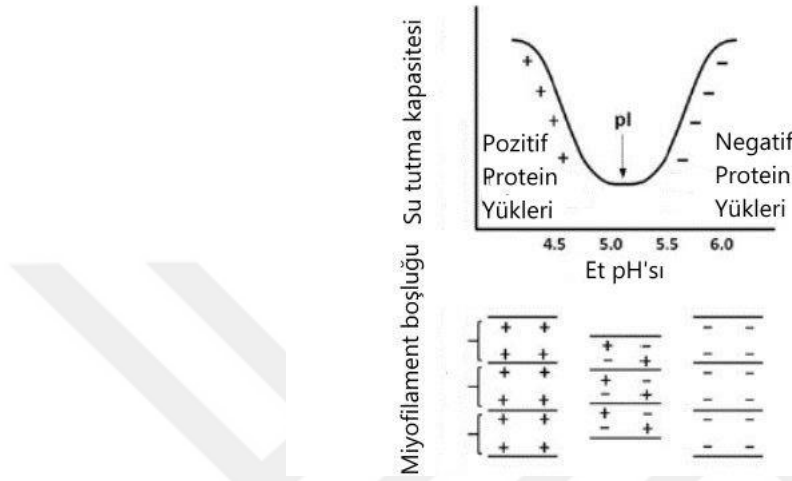
2.5. Kasta STK'yı etkileyen faktörler

Çiğ etin su tutma kapasitesi, hayvanın genetik yapısı, kesim öncesi yaşadığı stres ve ölümden önceki ve sonraki faktörler nedeniyle farklılık gösterir. Ölüm sonrası gerçekleşen glikolitik metabolizma ve pH azalması, su tutma kapasitesinin ana belirleyicileridir. Ölüm sonrası kas metabolizmasındaki değişkenlik, genetik etkilerin birçok temel mekanizmasının sonucudur ve bu değişkenlik, hayvanın kaslarındaki metabolomik ve proteomik profillerin farklılıklarıyla ilişkilidir. Bu farklılıklar ise et kalitesi ve su tutma kapasitesi ile bağlantılıdır (Warner, 2023).

2.6. Ölüm sonrası pH düşüşü, PSE ve DFD etlerde su tutma kapasitesi

Ölüm sonrası kaslardaki anaerobik glikolizle ilişkili pH düşüşünün hızı ve derecesi, çiğ, işlenmiş ve pişmiş et ürünlerinin su tutma kapasitesinin belirlenmesinde önemli bir faktördür. Normal kaslarda ölüm sonrası pH 7.0'dan 5.5'e düşerken, miyofilament yapısında daralma ve suyun dışarı atılması meydana gelir, bu da etten damlama, sızıntı şeklinde su kaybına neden olur. Bu durum, proteinlerin kimyasal yüklerindeki değişikliklerin yapıyı değiştirmesi ile açıklanabilir (Warner, 2023). Kasın rigor mortis döneminde pH 5.4 veya daha düşük değerlere indiğinde, miyofibrillerdeki proteinlerin net yükü azalır ve filamentler birbirine yaklaşarak miyofibrillerin enine daralmasına yol açar. Bu nedenle, pH 7'den 5.5'e düştüğünde her zaman bir miktar su tutma kapasitesi kaybı yaşanır. pH_{Hu}'su yüksek et, örneğin koyu kesim veya koyu, sert ve kuru (DFD) etlerde, ölüm sonrası miyofibriller ve kas hücreleri daralma göstermez. Buna karşın, düşük pH_{Hu}'lu et, yani soluk, yumuşak ve sızdıran (PSE) etlerde, aşırı miyofibriller

ve kas hücreleri daralması gözlenir. Bu durum, pH'nın 7.0'den 5.0'a düşmesiyle bağlı su yüzdesindeki azalma ile açıklanmaktadır. Miyofibrillerdeki proteinlerin izoelektrik noktası, yani en düşük yük noktası, pH 5.0-5.2'de gerçekleşir. Şekil 2.'de de görüleceği üzere kas proteinlerinin izoelektrik noktasına (pI) yaklaştıkça, nihai pH değeri düşer, kas proteinlerinin net yükü sıfırdır ve kasın su tutma kapasitesi en düşük seviyeye ulaşır (Warner, 2023).



Şekil 2. Kas proteinlerinin izoelektrik noktası ile STK arasındaki ilişki

PSE durumuna yatkın kaslarda, kesimden hemen sonra yüksek sıcaklıklar (35-42°C) ve hızlı glikoliz nedeniyle oluşan düşük pH, miyosin denatürasyonuna ve erken hücre zarı bozulmasına yol açar. Miyosin başı denatüre olduğunda, boyutu 19'dan 17 nm'ye küçülerek düşük pH'nın neden olduğu daralmaya ek olarak miyofibrillerin ağ yapısında bir küçülme gerçekleşir (Offer & Knight, 1988). PSE'li etlerde, bu olaylar miyofibrillerde aşırı enine daralmaya neden olur ve bu da aşırı su kaybını açıklamaya yeterlidir. Domuzlarda PSE genellikle kesim öncesi stres, genetik stres duyarlılığı (halotan geni) ve bazı sersemletme yöntemleri nedeniyle ortaya çıkar (Channon vd., 2000). PSE kaslarında düşük pH, denatüre olmuş miyosin ve hasar görmüş zarlar, damlama kaybının hemen gerçekleşmesine neden olur (Hughes vd., 2014). En büyük artış ilk 2 günde gözlenir (Warner vd., 2014).

2.6.1. Çiğ kasta STK'yı etkileyen faktörler

Çiğ kasın su tutma kapasitesi, hayvan genetiği, kesim öncesi stres, kesim öncesi ve kesim sonrası faktörler gibi çeşitli nedenlerden dolayı değişir. Kesim sonrası glikolitik metabolizma ve pH düşüşü, su tutma kapasitesinin temel belirleyicileridir. Kesim sonrası kas metabolizmasındaki değişiklikler, genetik etkilerin ve hayvan kaslarındaki metabolomik ve proteomik profillerde

gözlemlenen varyasyonların arkasındaki temel mekanizmadır ve bu da et kalitesi ve su tutma kapasitesi ile bağlantılıdır (Warner, 2023).

2.6.2. PSE ve DFD etlerde postmortem pH düşüşü

Kesim sonrası kaslarda meydana gelen anaerobik glikoliz ile ilişkili pH düşüşünün hızı ve boyutu, çiğ, işlenmiş ve pişmiş et ürünlerinin STK'nın ana belirleyicilerindendir (Warner, 2023).

"Normal" kaslarda pH 7.0'dan 5.5'e düştüğünde, miyofilament örgüsünde enine büzülme ve suyun dışarı atılması gerçekleşir, bu da etten su kaybına (damlama, su tutamama veya sıvı kaybı) neden olur. Bu durum, proteinlerin kimyasal yüklerinde meydana gelen değişikliklere bağlı yapı değişikliği ile açıklanabilir. Rigor sırasında, kasın pH'ı 5.4 veya daha düşük değerlere yaklaştıkça, miyofibrillerdeki proteinlerin net yükü azalır ve filamentler birbirine yaklaşarak miyofibrilde enine büzülmeye yol açar (Warner, 2023). Miyofibriller proteinlerin izoelektrik noktası, yani minimum yük noktası, pH 5.0–5.2 aralığında meydana gelir. Kas proteinlerinin nihai pH'sı izoelektrik noktasına yaklaştıkça, kasın su tutma kapasitesi minimuma ulaşır. Bu nedenle, kasın pH'ı 7'den 5.5'e düştüğünde her zaman bir miktar STK kaybı olur (Warner, 2023).

Yüksek nihai pH'a sahip etlerde (DFD), pH izoelektrik noktanın (pI) oldukça üzerinde olduğundan ve miyofilamentler arasındaki net negatif yük nedeniyle itme kuvveti bulunduğundan, kesim sonrası miyofibrillerde ve kas hücrelerinde büzülme olmaz. pH'ta sadece küçük bir düşüş yaşayan etler (kesim sonrası pH çok az düşer) yüksek nihai pH nedeniyle daha az sıvı kaybeder. Bu tür etler, koyu, sert, kuru (DFD) veya koyu kesim olarak tanımlanır. Koyu kesim et (sığır ve koyun eti) ve DFD et (domuzlar) yüksek nihai pH'a (> 5.8) sahiptir ve bu etler, normal pH'a sahip etlere göre daha az damlama suyu kaybeder. Koyu kesim et, kesim öncesi stres sonucu düşük kas glikojeni nedeniyle ortaya çıkar (Warner, 2023).

Kaslar soluk, yumuşak ve sulu (PSE) koşuluna yatkın olduğunda, kesimden kısa süre sonra yüksek sıcaklıklar (35–42°C) ve hızlı glikoliz nedeniyle 5.2–5.3 gibi düşük pH değerlerine ulaştığında (yani kas pH'sında aşırı düşüş olduğunda), miyosin denatürasyonuna ve hücre zarının çok erken tahribatı görülür. Miyosin başı düşük pH nedeniyle denatüre olduğunda, 19 nm'den 17 nm'ye küçülerek miyofibril örgüsünde oluşan büzülmeye ek olarak enine bir büzülme meydana getirir (Offer & Knight, 1988). PSE etinde, bu olaylar miyofibrilde aşırı enine büzülmeye neden

olarak PSE etindeki fazla su kaybını açıklar. Bu tip düşük kas pH'sı, RN geni (Rendement Napole geni; Hampshire domuz ırkında yaygın) taşıyan hayvanlardan elde edilen domuz eti gibi etlerin daha fazla sıvı kaybetmesine sebep olur ve bu etler daha düşük STK'ya sahiptir. Domuz karkaslarında PSE genellikle kesim öncesi stres, genetik stres duyarlılığı (halotan geni) ve bazı bayıltma yöntemleri nedeniyle oluşur (Channon vd., 2000). PSE kaslarında, düşük pH ve denatüre miyosin, damlama kaybının neredeyse gecikme olmadan meydana gelmesine neden olur (Hughes vd., 2014). En güçlü damlama kaybı artışı ilk 2 günde gerçekleşir. Bu durum, sığır ve kuzu etlerinde daha az sorun gibi görünse de rigor sırasında yüksek sıcaklıklara maruz kalan sığır ve koyun kaslarında artan damlama kaybı gözlemlenmiştir (Warner vd., 2014).

Genelde domuz etlerinde sorun olarak görülen PSE, kanatlı etlerinde 1970'li yıllarda gözlemlenmeye başlamıştır. Özellikle son elli yılda büyük değişim geçiren kanatlı endüstrisinde tüketim biçimlerinde de değişimler olmuş tüketim dünyanın farklı yerlerinde iki hatta üç katına çıkmış ayrıca bütün etlik piliç yerine parça ve ileri işlenmiş ürünler tercih edilir hale gelmiştir. (Barbut vd., 2008) Tüketici tercihlerindeki bu değişim etlik piliçleri besleme, yetiştirme ve göğüs etindeki büyüklük gibi verim artışına yönelik zorlamalara başlatmıştır (Barbut vd., 2008). Sonuçta, 50 yıl öncesine kıyasla son 10 yılda kanatlı hayvan vücut ağırlığı iki katına ulaşmış ve aynı şekilde yetiştirme hızı neredeyse yarıya inmiştir (Barbut vd., 2008). Tüketici tercihlerinde ileri işlenmiş ürünlerin artması ile de etin fonksiyonel özellikleri daha ön plana çıkarmış ve et kalitesi sorunlarıyla (su kaybı, renk, tekstür) karşı karşıya kalınmıştır (Barbut vd., 2008). Gelişim bu derece hızlı olunca bazı araştırmacılar, etlik piliçlerin stres yaşadığını ve PSE benzeri problem yaşadıkları düşünmüş ve yaşanan problemi “domuz PSE problem benzeri” şeklinde yorumlamışlardır (Aberle vd., 1971; Vanderstoep & Richards, 1974). Etlik piliçlerde 1970 ile 1990 arasında PSE ile ilgili çalışmalara literatürde rastlanmamış, daha sonra 1991'de çalışmalar tekrar başlamıştır (Sante-Lhoutellier vd., 1991). PSE sendromu üzerine piliç (Barbut, 1997b) ve hindilerde (Mccurdy vd., 1996) araştırmalar yapılmıştır. Avrupa'da gerçekleşen ilk çalışmalar ise Wilkins ve ark. (2000) tarafından yayınlanmıştır. Daha sonra İtalya, Polonya ve Portekiz gibi ülkelerde gerçekleştirilen araştırmalar literatürde yer almaya başlamıştır (Petracci vd., 2009).

Kanatlılarda postmortem fazda oluşan biyokimyasal değişimler, kasın ete dönüşümü gibi biyokimyasal olaylar memelilerle benzerdir. Ancak kırmızı ete kıyasla kanatlı etlerinde glikoliz ve rigor mortis daha hızlı gelişmektedir. Kanatlı hayvan etlerinde meydana gelen rigor mortis bazı kaynaklarda ortalama 1-3 saat (Barbut, 2001) bazı kaynaklarda etlik piliçlerde 4-6 saat, hindilerde 6-8 saat (Alvarado & Sams, 2004) olarak bildirilmiştir. Yapılan birçok çalışmada hindi göğüs kaslarındaki postmortem pH düşüşünün domuzlardaki gelişime göre daha hızlı olduğu bildirilmiştir. Sante-Lhoutellier ve ark. (1991)'e göre erken postmortemdeki (PSE et) pH düşüş oranı normal etlerdeki pH düşüş oranına göre 1.4 kat daha fazladır. Bu farklılığın anaerobik metabolizma adaptasyonu olan kanatlı göğüs kaslarının yüksek beyaz lif içeriğinden kaynaklanabileceği belirtilmektedir (Dransfield & Sosnicki, 1999). Bunun yanında kesim öncesi stres pH düşüşünü artırır ve glikolizin hızlanmasına neden olur (Barbut, 1997a). Kasta meydana gelen erken ve hızlı glikoliz PSE ile sonuçlanmaktadır. Böylece oluşan düşük pH <5.8 ve yüksek göğüs eti sıcaklığı kasın rilarete dönüşümünde miyofibriler proteinlerde denatürasyona ve protein fonksiyonelliğinde azalmalara sebep olmaktadır (Duclos vd., 2007; Strasburg & Chiang, 2003). Et proteinlerinin en önemlilerinden miyosindeki denatürasyon sonucunda miyosin başının uzunluğu azalır ve aktin ile kas kasılması sırasında birleştiklerinde filament boşlukları daralır. Bu daralma hücre içi suyunun dışarı itilmesine sebep olur (Schilling vd., 2004). Hücre zarlarından dışarı itilen su ışık yansımaya neden olur ve bu nedenle et rengi soluk görünür (Schilling vd., 2004; Belitz & Grosch, 1999; Offer, 1991). Bu tür etler soluk, yumuşak ve sulu anlamına gelen PSE (Pale Soft and Exudative) olarak tanımlanmaktadır.

2.7. Net Yük Etkisi

Et pH'sı ile kas proteinlerinin net elektriksel yükleri arasındaki etkileşimler, STK'yı büyük ölçüde etkiler. Kesim sonrası kaslarda laktik asit birikimi nedeniyle pH düştükçe, kas proteinlerinin su bağlama yeteneği azalır. Bir kas proteinindeki izoelektrik nokta (pI), proteindeki negatif ve pozitif yüklerin sayısının eşit olduğu ve net yükün sıfır olduğu pH değeridir. Bu pH'ta, proteindeki pozitif ve negatif yüklü gruplar birbirini çeker ve proteinin su çekme ve tutma kapasitesi minimumdur. Kas içindeki baskın proteinler olan miyosin ve aktinin pI değerleri (yaklaşık 5.1-5.4) etin su tutma kapasitesinin en düşük olduğu pH aralığını temsil eder. Et pH'ı, baskın kas proteinlerinin izoelektrik noktasının (pI) üzerinde oldukça

yüksek olduğunda, protein yükü daha güçlü olur ve STK artar. Bu nedenle, taze kümes hayvanı etinin pH'ındaki küçük değişiklikler bile STK'da büyük değişikliklere yol açabilir (Bowker, 2017).

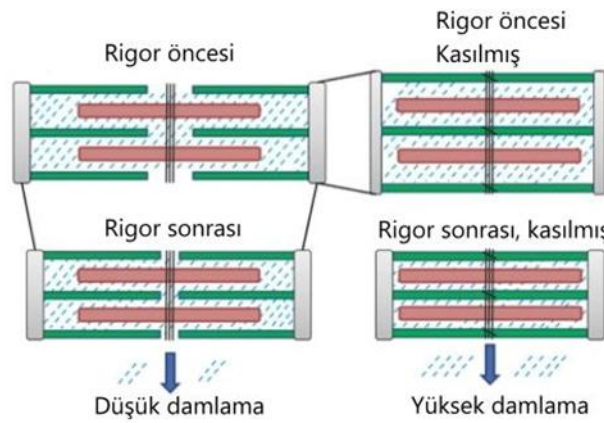
2.8. Sterik Etki

Taze etlik piliç etinde STK'yı kontrol eden temel faktör, miyofibriller içindeki sterik (veya mekansal) etkilerdir. Kas içindeki suyun %85'i, kalın ve ince filamentlerin düzenlenmesinden kaynaklanan kapiler kuvvetlerle miyofibriller içinde tutulur. Sarkomerler kasılma ve gevşeme sırasında esasen izovolumetrik olduğundan, canlı kas hücrelerinde miyofibriller içinde tutulan sıvı miktarı nispeten sabittir (Millman vd., 1983). Ancak kesim sonrası kaslarda, miyofibril içi suyun yeri, dokudaki kesim sonrası değişikliklerden etkilenir. Nihai et pH'ı ve rigor mortis gelişimi, su bağlama için mevcut miyofibril içi alan miktarına olan etkileri nedeniyle taze etin STK özelliklerini büyük ölçüde etkiler (Bowker, 2017).

Kesim sonrası kas pH'ı tarafından kontrol edilen etin net yük etkisi, kas proteinleri ile su arasındaki elektrostatik çekimi değiştirerek STK etkilemenin yanı sıra yapısal bir rol de oynar. Et pH'ı izoelektrik noktaya (pI) yaklaştıkça miyofibriller proteinlerin net yükleri sıfıra yaklaşır ve miyofilamentler arasındaki elektrostatik itme kuvveti azalır. Sonuç olarak, miyofibriller içindeki yapılar daha sıkı bir şekilde paketlenir ve miyofibril içinde su tutmak için mevcut alan azalır. Domuz etinde X-ışını kırınım ölçümleri kullanılarak, nihai et pH'ının 6.4'ten 5.2'ye düşmesiyle birlikte miyosin filamentleri arasındaki mesafenin pH ile orantılı olarak yaklaşık 46 nm'den 40 nm'ye kadar azalabileceği gösterilmiştir (Irving vd., 1990). Bu enine miyofilament aralığındaki azalma, sıvının miyofibrillerden çevresindeki ekstramiyofibril boşluğuna zorlanması için yeterlidir (Bowker, 2017).

Rigor mortis, miyofibril yapısında neden olduğu boyuna büzülme nedeniyle miyofibrillerde tutulan su miktarını ve dolayısıyla STK'sını etkiler. Rigor gelişimi sırasında, sarkomerler kısalarak kalın ve ince filamentlerin daha fazla örtüşmesine ve I-band genişliğinin azalmasına neden olabilir. Düşük alanlı NMR relaksometri kullanılarak yapılan çalışmalar, sarkomer yapısındaki I-band bölgesinin, protein açısından daha yoğun olan A-band bölgesine göre miyofibril içindeki suyun daha büyük bir kısmını içerdiğini göstermiştir (Bertram vd., 2002). Bu veriler, su tutma kapasitesi için miyofibriller içinde mevcut alanın, rigor sırasında sarkomerlerin kısılmasıyla azaldığını ve bu durumun sarkomerin I-band bölgesinin hacmini düşürdüğünü öne sürmektedir. Bu nedenle, sarkomerlerin boyuna kısılması, su

tutmak için mevcut olan intramiyofibril alanı azaltır ve sıvıyı, kas hücrelerinin ekstramiyofibril kısmına zorlar; bu da sıvının ekstraselüler alana daha kolay geçmesine ve etten damlama olarak kaybedilmesine neden olur (Bertram vd., 2002). Bu hipotez, sarkomer uzunluğu azaldıkça damlama kaybının doğrusal olarak arttığını gözlemleyen çalışmalarla tutarlıdır (Honikel vd., 1986). Kümes hayvanlarının kaslarında, rigor mortis gelişimi sırasında sarkomer kısalmasının derecesi, kasın anatomik pozisyonu ve bağlanma nedeniyle uygulanan gerilimdeki içsel farklılıklara ve kemik çıkarma süresi gibi işleme faktörlerine bağlıdır (Bowker, 2017). Miyofibrillerde ve kas hücrelerinde pH 7.0'dan pH 5.0'e aşırı büzülme durumu ve su yüzdesindeki düşüş Şekil 3'de gösterilmiştir (Bowker, 2017).



Şekil 3. Kasdaki suyun ve kalın ile ince filamentlerin pre-rigor ve post-rigordaki durumları

Rigor gelişimi nedeniyle miyofibrillerin enine büzülmesi, taze etin STK'sını da etkileyebilir. Canlı dokuda normal kas kasılması sırasında potansiyel aktomiyosin çapraz köprülerinin sadece %20'si oluşur. Ancak, kesim sonrası kaslarda rigor tamamlandığında, ince ve kalın filamentlerin örtüştüğü alanlarda potansiyel aktomiyosin çapraz köprülerinin (rigor bağları) %90'ından fazlası oluşur (Aberle, 2001). Bu kalıcı aktomiyosin çapraz köprülerinin oluşumu, miyofilamentler arasındaki boşluğun önemli ölçüde azalmasına neden olur ve rigor gelişimi sırasında sarkomerler boyuna büzüldüğünde miyofibrillerin enine genişlemesini engeller (Bendall & Swatland, 1988). Sonuç olarak, miyofilament örgüsünde tutulan su, rigor gelişimi sırasında miyofibrillerden ekstramiyofibril boşluğuna zorlanır. Bu nedenle, rigor mortis, sarkomer kısalması sırasında miyofibrillerin boyuna büzülmesi ve sarkomerin kalın ve ince filamentleri

arasındaki enine boşluk üzerindeki etkileri nedeniyle taze kümes hayvanı etinde STK'yı etkiler (Bowker, 2017).

Sterik etkiler, kas hücrelerinin iç ve dış miyofibril bölmeleri arasındaki sıvı dağılımını etkileyerek taze kümes hayvanı etinin STK özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Rigor gelişimi ve kesim sonrası kas pH'ı, sarkomer yapısının hem enine hem de boyuna büzülmesini etkiler ve miyofilamentler arasında su tutmak için mevcut alanın hacmini kontrol eder (Bowker, 2017). Miyofibrillerin içindeki daha fazla sıvı dış miyofibril boşluğuna zorlandıkça, sıvı, işlem, depolama ve taşıma sırasında kas dokusundan daha kolay kaybedilebileceği ekstraselüler alana geçebilir. Bu nedenle, taze kümes hayvanı etinde damlama oluşumunun hızı ve miktarının hem rigor kısalmasının derecesi hem de hücre zarı geçirgenliği tarafından etkilendiği düşünülmektedir (Bowker, 2017). Rigor gelişimi ve miyofibril kısalması genellikle kesimden sonraki 4-6 saat içinde tamamlandığı için, bu postmortem sürede ekstraselüler su miktarının en yüksek değerine ulaştığı ve sarkomer kısalmasının 4-6 saatten sonra hücrelerden sıvı çıkışına neden olmadığı varsayılmaktadır (Zhuang & Savage, 2012).

2.9. Protein denatürasyonu

Kasın ete dönüşmesi sırasında kas proteinlerinin denatürasyonundan kaynaklanan fonksiyonel özelliklerindeki değişiklikler, taze kümes hayvanlarının STK'sını etkiler. Miyosin, kaslarda en bol bulunan proteindir ve STK'da önemli bir rol oynar. PSE domuz etinde, ölüm sonrası artan miyosin denatürasyonu, düşük STK özellikleri ile yakından ilişkilidir. PSE durumu genellikle ölüm sonrası kas metabolizmasının hızlanması ve hızlı pH düşüşü nedeniyle oluşur. Sonuç olarak, kas proteinleri, kas sıcaklıkları hala yüksekken düşük pH koşullarına maruz kalır ve bu da artan denatürasyona yol açar. PSE'ye benzer pH ve sıcaklık koşullarında doğal miyosin başlarının denatürasyonu, miyosin başlarının uzunluklarının 19 nm'den 17 nm'ye küçülmesine neden olur (Offer, 1991). Bu miyosin başı küçülmesi, rigor gelişimi sırasında kalın ve ince filamentlerin birbirine daha yakın çekilmesine yol açar. Bu nedenle, ölüm sonrası miyosin denatürasyonunun, miyofilament boşluğunu azaltarak intramiyofibriler alandan ek sıvının dışarı atılmasına neden olarak STK'yı azalttığı düşünülmektedir (Bowker, 2017).

Etlik piliç göğüs kası, soluk renkli ve düşük STK eğilimindedir. PSE domuz eti gibi, PSE benzeri hindi göğüs etinde de düşük STK genellikle ölüm sonrası hızlı pH düşüşüne ve geniş kapsamlı miyosin denatürasyonuna bağlanır (Molette vd.,

2003). Ancak etlik piliçlerde, ölüm sonrası miyosin denatürasyonunun, PSE göğüs etinde düşük STK'nın tek ana nedeni olduğu düşünülmemektedir. Birçok çalışma, farklı STK özelliklerine sahip etlik piliç göğüs etinde, protein çözünürlüğü ile ölçülen miyofibrillar protein denatürasyonunda minimal farklılıklar olduğunu göstermiştir (Bowker & Zhuang, 2015). Bu çalışmalar, PSE etlik piliç göğüs etinde düşük miyosin denatürasyonundan ziyade düşük kas pH'sının STK'nın düşük olmasının ana belirleyicisi olabileceğini öne sürmektedir. Ölüm sonrası miyofibriller protein denatürasyonu ve STK arasındaki ilişkinin türler arasındaki farkları, rigor gelişimi ve miyosinin denatürasyona yatkınlığındaki farklılıklardan kaynaklanabilir. İn vitro araştırmalar, etlik piliç *Pectoralis major* kasından elde edilen miyosinin, ölüm sonrası kas koşulları altında domuz kasından elde edilen miyosine göre denatürasyona daha dirençli olduğunu öne sürmüştür (Van Laack & Lane, 2000). Ayrıca, miyosin denatürasyonunun derecesinin sadece kas pH ve sıcaklık koşullarının şiddetiyle değil, aynı zamanda bu koşullara maruz kalma süresiyle de etkilendiği öne sürülmüştür (Offer, 1991). Kas içindeki pH ve sıcaklığın düşüş hızına bağlı olarak rigor gelişimi sırasında miyosin başının yaklaşık %10-50 denatüre olduğu tahmin edilmektedir (Offer, 1991). Rigor gelişimi sırasında aktomiyosin bağlarının oluşumu, miyosin molekülünün başını daha fazla denatürasyondan korur (Bowker vd., 2005). Bu nedenle, rigor başlangıcının zamanlaması ve kalın ve ince filamentlerin örtüşme derecesinin, etlik piliç göğüs etinde gözlemlenen miyofibriller protein denatürasyonunun eksikliğinde rol oynayabileceği öne sürülmektedir. Kanatlılarda miyofibriller protein denatürasyonu ve STK arasındaki ilişkinin tam olarak belirlenmesi için daha fazla araştırma gerekmektedir (Bowker, 2017).

Sarkoplazmik proteinler, kas hücreleri içinde yapısal bir rol oynamasa da, ölüm sonrası sarkoplazmik protein denatürasyonunun STK ile ilişkili olduğu görülmektedir. Hem etlik piliçlerde (Bowker & Zhuang, 2015) hem de domuzlarda (Joo vd., 1999), sarkoplazmik protein çözünürlüğü ile STK'nın çeşitli ölçümleri arasındaki korelasyonlar, miyofibriller protein çözünürlüğü ile STK arasındaki korelasyonlardan sürekli olarak daha büyüktür. Fosforilaz, kreatin kinaz, trioz fosfat izomeraz ve myokinaz gibi sarkoplazmik proteinler, düşük STK'ya sahip domuz etinde giderek daha fazla denatüre olur (Joo vd., 1999). Benzer şekilde, düşük STK'ya sahip etlik piliç (Bowker & Zhuang, 2015) ve hindi (Rathgeber vd., 1999) göğüs etinde artan fosforilaz denatürasyonu gözlemlenmiştir. Ayrıca, hızlı

ölüm sonrası glikoliz gösteren hindi göğüs etinde artan kreatin kinaz denatürasyonu da gözlemlenmiştir (Rathgeber vd., 1999).

Sarkoplazmik protein denatürasyonu ile düşük STK'sı arasındaki nedensel ilişki kanıtlanmamış olsa da mevcut veriler sarkoplazmik proteinlerin denatürasyonunun, miyofibriler proteinlerin su bağlama yeteneğini azaltarak STK'yı etkileyebileceğini öne sürmektedir. In vitro araştırmalar, sarkoplazmik proteinlerin izole miyofibriler eklenmesinin onların STK'sını artırdığını göstermiştir. Ancak, sarkoplazmik proteinler miyofibrillere eklenmeden önce denatüre edilirse, STK azalır (Monin & Laborde, 1985). Elektroforez ve immünokimyasal veriler, düşük STK'ya sahip hindi ve etlik piliç göğüs etinde denatüre sarkoplazmik proteinlerin kasın suda çözünür fraksiyonundan kaybolduğunu ve hücre altı fraksiyonlama miyofibrillere yapıştığını göstermektedir (Bowker & Zhuang, 2015). Bu nedenle, denatüre sarkoplazmik proteinlerin, ölüm sonrası kas dokusunda miyofibrillere koagüle olarak yapışabileceği ve miyofibrillerin su ile yüzey etkileşimlerini değiştirerek STK'yı azaltabileceği öne sürülmüştür (Puolanne & Halonen, 2010). Ancak, taze kümes hayvanı etinde in vivo ölüm sonrası sarkoplazmik protein denatürasyonu ile STK arasında mekanik bir bağlantı olup olmadığını belirlemek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Bowker, 2017).

2.10. Protein Degredasyonu

pH ve rigor nedeniyle miyofibriller proteinlerin hacmindeki azalmalar, tutulan su miktarını önemli ölçüde etkilerken, bu faktörler kas dokudaki su kaybını ve STK'yı tam olarak açıklayamaz. Miyofibrillerin birbirleri ile aralarındaki ve miyofibriller ile hücre zarı arasındaki fiziksel bağlantılar, miyofibrillerin kasılmasının kas hücresi hacmindeki küçülmeye ve sıvının daha kolay kaybolabileceği ekstraselüler alana atılmasına ne ölçüde neden olduğunu belirlemede kilit rol oynar (Melody vd., 2004). Kas hücrelerindeki miyofibriller, ara filamentler ile birbirlerine ve kostamerler olarak tanımladığımız hücre zarı ile miyofibrilleri birbirine bağlayan yapılar ile sarkolemaya bağlıdır (Wang & Ramirez-Mitchell, 1983). Dolayısıyla, bu iskelet bağlantılarının bütünlüğü, miyofibril küçülmesinin tüm kas hücresine iletilmesini güçlü bir şekilde etkiler (Bowker, 2017).

Bu iskelet bağlantılarını oluşturan proteinlerin birçoğunun, etin olgunlaştırılması sırasında ölüm sonrası proteolize duyarlı olduğu bilinmektedir.

Hem kırmızı et hem de kümes hayvanlarında desmin, titin, nebulin gibi miyofibriller ve iskelet proteinleri, ölüm sonrası kaslarda kademeli olarak parçalanır. İskelet proteinlerinin ölüm sonrası parçalanması genellikle Ca^{2+} bağımlı sistein proteazlar (kalpainler) ve bunların rekabetçi inhibitörü (kalpastatin) içeren endojen kalpain sistemine atfedilir. Kümes hayvanı kaslarında bulunan μ -kalpain ve μ/m -kalpain izoenzimleri, memelilerde bulunan kalpainlere (μ -kalpain ve m-kalpain) göre daha yüksek kalsiyum duyarlılığı sergiler (Lee vd., 2008). Bu kalsiyum duyarlılığı farkı, kümes hayvanı kaslarında gözlemlenen daha hızlı ölüm sonrası proteoliz ve yaşlanma tenderizasyonunu açıklamaktadır (Lee vd., 2008). Kalpain sisteminin aktivitesi ve bunun sonucunda iskelet proteinlerinin parçalanması üzerindeki etkileri, kaslarda meydana gelen ölüm sonrası pH, iyonik güç ve protein oksidasyonundaki değişikliklerden güçlü bir şekilde etkilenir (Huff Lonergan vd., 2010).

Giderek artan kanıtlar, ölüm sonrası sıvının ekstraselüler boşluklara hareketinin ve nihayetinde STK'nın, iskelet proteinlerinin ölüm sonrası parçalanma derecesiyle ilişkilendirilebileceğini öne sürmektedir. Domuz etinde, STK'daki iyileşmelerin (gravimetrik ve santrifüj damla kaybı ile ölçülen) ara filamentler ve desmin, vinkulin ve talin gibi kostamer proteinlerinin artan ölüm sonrası proteolizi ile yakından ilişkili olduğu gözlemlenmiştir (Melody vd., 2004). Bu veriler, iskelet proteinlerinin erken ölüm sonrası parçalanmasının, kas hücresi küçülmesini en aza indirerek ve sıvının ekstraselüler alana akışını azaltarak taze kümes hayvanı etinde STK'yı iyileştirebileceğini önermektedir. Bu hipotez, broiler göğüs etinde 8 ila 24 saatlik ölüm sonrası süreçte STK'nın ve protein parçalanmasının eşzamanlı artışı gösteren verilerle tutarlı olmasına rağmen (Bowker & Zhuang, 2014), bu olayların ölüm sonrası zaman çizelgesindeki genel uyum bu hipotezi kanıtlamaz. Taze kümes hayvanı etinin STK'sındaki varyasyonlara iskelet protein parçalanmasının katkısını daha doğrudan test etmek ve ölçmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Bowker, 2017).

2.11. Su Tutma Kapasitesi Yöntemleri

"Ölçüm" kelimesi, matematik ve bilim alanlarında temel bir kavramı tanımlamak için kullanılır. Bir nesnenin veya olayın özelliklerini nicel olarak ifade eder ve diğer nesneler veya olaylarla karşılaştırılabilir (Barbut, 2024). Genel olarak, ölçümler doğru, hassas, tekrarlanabilir ve kabul edilebilir olmalıdır (Barbut, 2024). Doğruluk terimi, bir ölçümün gerçek veya kabul edilebilir değere ne kadar yakın

olduğunu ifade eder (Barbut, 2024). Literatürde etin suyunun tutma kapasitesini belirlemek için 100'den fazla yöntem olmasından dolayı hangi yöntemi seçeceğiniz zordur (Barbut, 2024). Bu zorluklara rağmen genel olarak su tutma kapasitesi belirleme yöntemleri (Honikel, 2009; Szmańko vd., 2021)'e göre 3 ana grupta toplanabilir. Bunlar:

- 1) Dış güç uygulanmayanlar
- 2) Mekanik dış güç uygulananlar
- 3) Mekanik olarak ısı uygulananlar

şeklindedir.

Dış güç uygulanmayanlar: Bu gruba, nem tayini ve ağırlık kaybı ölçümü, serbest damlama, torba içinde damlama ve benzeri yöntemler sayılabilir. Bu yöntemlerde et, farklı çevre koşulları altında kendi haline bırakılır. Bu yöntemler oldukça hassas ancak bir iki günden birkaç güne kadar zaman alıcıdır (Honikel, 2009) ve ölçüm metotlarının uzun süreler alması bir handikap olarak görülmektedir (Barbut, 2024).

Mekanik dış güç uygulananlar: Etin STK'sı pozitif veya negatif basınç kullanılarak birkaç dakika veya bir saat içinde tespit edilebilir. Benzer birkaç yöntem arasında santrifüj yöntemleri, filtre kâğıdı pres yöntemi gibi yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerle salınan su miktarı, harici kuvvet kullanılmayan yöntemlere göre çok daha fazladır çünkü uygulanan basınç, kas yapısının iç ve dış hücreler arası alanlarından suyun salınmasını sağlar (Honikel, 2009).

Mekanik olarak ısı uygulananlar: Et genellikle ısıtıldıktan sonra tüketildiğinden, pişirme sırasında etin STK'sı önemlidir. Pişirme kaybı, geniş bir yöntem yelpazesıyla ölçülür. Isıtma sırasında et proteinleri denatüre olur ve hücresel yapılar bozulur, bu da etin STK'sını büyük ölçüde etkiler. Pişirme sırasında et örneğinden ekstra ve intraselüler su salınır. Isıtma şeklinin ve son sıcaklığın STK üzerindeki etkisi büyüktür. Araştırma ve uygulamada STK ölçüm yöntemleri, etle ilgilenen kişilerin farklı ilgilerine bağlıdır. Bu nedenle, STK farklı araştırmacılar için farklı şeyler ifade eder (Honikel, 2009).

Her durumda, taze ette örneğin, kemiksiz etlik piliç göğüs filetoları ve daha ileri işlenmiş pişmiş et ürünlerinde (örneğin, piliç ruloları, hindi jambonu) suyun tutulması hem bireysel tüketici hem de endüstri için çok önemlidir. Bireysel tüketici için, bir paketdeki taze etin herhangi bir su kaybı göstermemesi beklenir, çünkü bu, kalitesiz bir ürün olarak kabul edilir. Tüketici ayrıca, pişirme sırasında nemini

koruyabilen bir ürün isteyecektir, böylece çok kuru ve çiğneme zorluğu olan bir ürün elde etmez. Endüstri için, ette suyun tutulması daha yüksek üretim verimleri elde etmek için önemlidir. Bu, endüstrinin kabul edilebilir sulu ürünler üretmek istemesi ve aynı zamanda orijinal suyu ve eklenen suyu koruyarak karlılığını sürdürmesi için çok önemli bir noktadır (Barbut, 2024)

2.12. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik kavramının birçok tanımı ve ne zaman çıktığına dair literatür bilgisi olsa da özellikle tarım alanında olmak üzere ilk olarak King tarafından 1911 yılında ortaya konulmuş ve tarımda "sürdürülebilirlik" kavramı "kalıcı tarım" şeklinde tanımlanmıştır. Sonrasında Gordon Douglass "sürdürülebilirlik" tanımını; çevre, ekonomi ve sosyal kavramları esas alarak gelecek nesillere aktarma fırsatı sağlayan üretim şekli olarak açıklamıştır. Daha sonraları ise Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED, 1987) sürdürülebilirliği, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabileceği, doğaya en az zarar veren ve ekonomiyi esas alan üretim şekli olarak tanımlamıştır (Kırkpınar & Atan, 2022).

Analiz yöntemlerinde de sürdürülebilir yöntemleri, yani makine ekipman ve kimyasala ihtiyaç göstermeyen her yerde uygulanabilir ve çevreye saygılı metotları seçmek günümüz laboratuvar şartları için lüzumlu hale gelmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 MATERYAL

Çalışma esnasında Bolca Hindi firmasından alınan 4 adet hindi ve Erpiliç firmasından alınan 16 adet etlik piliç göğüs eti kullanılmıştır. Hayvanların kesim sonrası göğüs etleri soğutmaya girmeden alınmış ve hemen laboratuvara getirilmiştir.

3.2 YÖNTEM

3.2.1 Normal ve PSE'li etlerin belirlenmesi

Göğüs kısımlarından biri normal şekli ile kullanılmış olup diğer göğüsler ise PSE'li hale getirilerek kullanılmıştır. Kesim sonrası alınan hayvanların öncelikle tartım işlemleri yapılmıştır. Parçalama işlemi yapıp renk ve pH ölçümleri yapılan ve PSE işlemi yapılmayacak olan normal etler soğuk hava deposuna kaldırılmıştır.

PSE özellikle etlik piliçlerde de çok sık rastlanılmadığından hem hindi hem de etlik piliçlerde McKee ve Sams (1998)'a göre PSE'li hale getirilmiştir. Bu amaçla 40 °C'lik su banyosu (Nüve BM 402, Türkiye) içerisine vakum poşetlerine alınan hindi ve etlik piliç göğüs etleri yaklaşık 2 saat bekletilmiş ve işlem sonrasında pH değerinin 5,8'in altında ve L* değeri 54'ün üzerinde olan etler PSE'li olarak kabul edilmiştir (Woelfel vd., 2002).

3.2.2 pH Ölçümü

pH ette en önemli kalite parametrelerinden birisi olup çiğ ve pişmiş son ürünlerin kalitesine direkt etki etmektedir. Bu sebeple örneklerin pH değerleri pH metre ile (WTW, 3110 Almanya) ve saplamalı et probu (WTW Sentix Sp Almanya) kullanılarak ölçülmüş ve kayıt altına alınmıştır (Pang vd., 2021).

3.2.3 Renk Analizi

CIE L* (koyuluk-açıklık), a* (kırmızılık-yeşillik) ve b* (sarılık-mavilik) değerleri renk tayin cihazı kullanılarak (PCE, CSM2, Çin) üç ayrı noktadan alınarak örneklerin renk değerleri L* a* b* formatında D65 olarak kayıt altına alınmıştır. İlaveten renk yoğunluğu (kroma, C*) ve hue açısı (h⁰) cihazdan otomatik olarak elde edilmiştir (Campo vd., 2020).

3.2.4 Kuru Madde Analizi

Ham maddenin başlangıçtaki nem miktarını saptamak için, 105°C'de kurutulduktan sonra darası alınmış kuru madde kaplarına yaklaşık 5g örnek tartılmış (Radwag AS220.R2 Polonya, 0.0001g) ve 105°C'deki kurutma dolabında

(Termal, O11560SD Türkiye) sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Kuru madde kaplarının tartım farkından örnekteki % nem miktarı belirlenmiştir (Anonymous, 2000).

3.2.5 Protein Tayini

Protein miktarı, Kjeldahl yöntemi ile belirlenmiştir. 1-1,5 gram aralığında tartılan örneklerin öncelikle % azot miktarı belirlenerek (Şimşek Laborteknik, Türkiye) daha sonra belirlenen bu değer 6.25 faktörü ile çarpılarak ham protein miktarı hesaplanmıştır (Anonymous, 2000).

3.2.6 Tekstür Analiz cihazı ile STK analizi

Normal Hindi ve etlik piliç etleri ile PSE'li hindi ve etlik piliç eti örneklerinden 1 cm ve 1 g olacak şekilde örnekler hazırlanarak 90 mm ölçüsündeki Whatman kağıtları arasına yerleştirilmiş ve Stable Texture Analyzer (TA.HD, İngiltere) kullanılarak 400 N kuvvet 15 saniye kuvvet uygulanmıştır. İşlem sonrası whatman kağıtları ve et ayrı ayrı tartılmış ve ilk ağırlık-son ağırlık prensibine göre su tutma kapasitesi hesaplanmıştır (Petracci vd., 2012).

Su Tutma Kapasitesi (%) = $100 - ((\text{örneğin ilk ağırlığı} - \text{örneğin son ağırlığı}) / \text{örneğin ilk ağırlığı} * 100)$

Prob : 10 cm diameter

Load cell : 250 kg

3.2.7 Sıkıştırma (Flexi)

Yaklaşık 300 mg örnek tartılarak (Radwag AS220.R2 POLAND, 0.0001g) 8 cm²lik kaba filtre kâğıdı ve milimetrik kâğıt (Alex Schoeller, Millimeter Tracing Block, Transparent Paper, England)) arasına yerleştirilmiş ve flexi glas plakalar arasında 3 dakika sıkıştırılmıştır. Daha sonra kurutulan ve düzleştirilen kağıtlar Ji (Çin) programı ile okunmuş ve su alanından et alanı çıkartılarak sonuçlar alan hesabı şeklinde verilmiştir (Choi vd., 2016).

3.2.8 Pişirme Kaybı (Fırın)

Yaklaşık 50 g olacak şekilde örnekler hazırlanır, iç sıcaklığı 76 °C olana (İkea, Fantast termokapılı et termometresi, Çin) kadar 176 °C olan fırında (Arçelik multifonksiyonel turbo fırın-Türkiye) pişirilerek ve oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Pişirilen örnekler oda sıcaklığına geldikten sonra tekrar tartılarak sonuçlar (ilk tartım-ikinci tartım) prensibi ile bulunmuştur (Lee vd. 2008).

3.2.9 Pişirme Kaybı (Su Banyosu)

Bu test için Gratta ve ark. (2023)'nın önerdiği yöntemin modifikasyonu kullanılmış, pH ve renk ölçümleri yapılan normal ve PSE etlik piliç ve hindi etlerinden 50 g olacak şekilde örnekler hazırlanmış ve sıcaklığı 100 °C olan su banyosu içerisinde (SEVERIN Art. EA 3658.306, Almanya) iç sıcaklığı 80 °C olana (İkea, Fantast termokapılı et termometresi, Çin) kadar pişirme torbaları içinde vakumsuz olarak pişirilmiştir. Pişirilen örnekler oda sıcaklığına gelene kadar soğutulmuş ve soğutma işlemi tamamlandıktan sonra tekrar tartılarak sonuçlar (ilk tartım-ikinci tartım) prensibi ile hesaplanmıştır.

3.2.10 Kap İçerisinde Bekletme

Normal ve PSE'li etlik piliç ve hindi etlerinden yaklaşık 50 g olacak şekilde örnekler tartılmış ve kapalı bir kap (trayer) içerisine alındıktan sonra soğuk hava deposunda 24 saat bekletilmiştir. 24 saat sonunda tartım işlemi yapılmış ve sonuçlar (ilk tartım-ikinci tartım) prensibine göre bulunmuştur (Young vd., 2004).

3.2.11 Damlama Kaybı (Drip Loss) (Askıda bekletme+Pişirme)

Normal ve PSE'li etlik piliç ve hindi etlerinden yaklaşık 50 g olacak şekilde örnekler tartılmış ve örnekler kancalara takılarak kilitli poşet içerisine alınmıştır. Soğuk hava deposunda bekletilen örnekler 8 saat aralıklar ile tartılmış ve 24 saatlik damlama kaybı süreci tamamlandıktan sonra iç sıcaklığı 76 °C olana (İkea, Fantast termokapılı et termometresi, Çin) kadar 176 °C olan fırında (Arçelik multifonksiyonel turbo fırın-Türkiye) pişirme işlemi uygulanmıştır. Pişirilen örnekler oda sıcaklığına geldikten sonra tekrar tartılmıştır. Sonuçlar (ilk tartım-ikinci tartım) prensibine göre bulunmuştur (Fraz vd., 2023).

3.2.12 Sıkıştırma Plakaları (5 kg ağırlık)

Bu test için Vieira ve ark (2021)'lerinin önerdiği yöntemin küçük modifikasyonları kullanılmıştır. PSE'li ve normal etlik piliç ve hindi etlerinden 1 gram olacak şekilde küp şeklinde örnekler hazırlanmış ve önceden tartımları yapılmış 90 mm lik Whatman kâğıdı, kahve filtresi kâğıdı ve kaba filtre kâğıdı arasına yerleştirilmiş ve su geçirgenliği olmayan özel ahşap plakalar (G-com kompakt, Gentaş, Türkiye) arasına alınmış ve 60 dakika/30 dakika/15 dakika/5 dakika olacak şekilde üzerlerine 5 kilogramlık baskı uygulanmıştır. Baskı için kullanılacak aparatların her yerde bulunabilen, standart ağırlığa sahip ve sürdürülebilir olması için marketlerde satılan ambalajlı 5 litrelik su kullanılmıştır. Belirtilen süreler sonunda örnekler ve filtre kağıtları ayrı ayrı tartılmış ve sonuçlar

(ilk tartım-son tartım) prensibine göre hesaplanmıştır. Tüm örnekler 5 paralel olacak şekilde ölçülmüş ve standart dışı olan örnekler hesaplanmamıştır.

3.2.13 Sıkıştırma Plakaları (10 kg ağırlık)

Bu test için Aristides ve ark. (2018)'lerinin önerdiği yöntemin küçük modifikasyonları kullanılmıştır. PSE'li ve normal etlik piliç ve hindi etlerinden yaklaşık 2 gram, küp şeklinde örnekler hazırlanmış ve önceden tartımları yapılmış 90 mm lik Whatman kâğıdı, kahve filtresi kâğıdı ve kaba filtre kâğıdı arasına yerleştirilmiş ve su geçirgenliği olmayan özel ahşap plakalar (G-com kompakt, Gentaş, Türkiye) arasına alınmış ve 60 dakika/30 dakika/15 dakika/5 dakika olacak şekilde üzerlerine 10 kilogramlık baskı uygulanmıştır. Baskı için kullanılacak aparatların her yerde bulunabilen, standart ağırlığa sahip ve sürdürülebilir olması için marketlerde satılan ambalajlı 5 litrelik iki adet su kullanılmıştır. Belirtilen süreler sonunda örnekler ve filtre kağıtları ayrı ayrı tartılmış ve sonuçlar (ilk tartım-son tartım) prensibine göre hesaplanmıştır. Tüm örnekler 5 paralel olacak şekilde ölçülmüştür. Sonuçlar (ilk tartım-ikinci tartım) prensibine göre hesaplanmıştır.

3.2.14 Santrifüj Yöntemi (Kaba Filtre Kâğıdı Metodu)

Normal ve PSE'li etlik piliç ve hindi etlerinden alınan örnekler kıyma haline getirilmiş ve darası alınan ve içine ağırlığı ölçülerek yerleştirilen kaba filtre kağıtlı santrifüj tüplerine yaklaşık 10 gram olacak şekilde tartılmıştır. Hazırlanmış olan numuneler 10.000 x g ve 4 °C'de 25 dakika soğutmalı santrifüj (Sigma 2 16-K, Almanya) cihazı kullanılarak santrifüj edilmiş ve santrifüj işlemleri tamamlandıktan sonra tüm numune ve filtre kağıtları tartılarak su tutma kapasitesi hesaplanmıştır (Aksun Tümerkan, 2022).

Su Tutma Kapasitesi (%) = $100 - ((\text{ilk örnek ağırlığı} - (\text{santrifüj sonrası toplam ağırlık} - \text{santrifüj sonrası filtre kâğıdı ağırlığı} - \text{tüp ağırlığı})) * 100)$

3.2.15 Santrifüj Yöntemi (Tuzlu Su Metodu)

pH ve renk ölçümleri yapılan normal ve PSE etlik piliç ve hindi etlerinden örnek alınmış ve kıyma haline getirilmiş ve darası alınan santrifüj tüpleri içine 10 gram örnek alınarak üzerine 15 ml soğutulmuş 6 molar NaCl çözeltisi eklenmiştir. Örnekler vorteksle karıştırılarak soğuk su (0-4 °C) içerisinde 15 dakika bekletilmiştir. Bu süreçlerden sonra 10.000 x g ve 4 °C'de 25 dakika soğutmalı santrifüj cihazı kullanılarak santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonrasında elde edilen süpernatant ve örneklerin tartımı yapılmış ve sonucunda % su tutma kapasitesi hesaplanmıştır (Belore vd., 2023).

3.2.16 İstatistik Analizler

Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistik analizi ile ortalama ve standart sapmalar hesaplanmıştır. Normal ve PSE etlerin ve ikili grup metot karşılaştırılmalarında Bağımsız t-testi kullanılmıştır. Diğer çoklu karşılaştırmalarda ANOVA varyans analizi kullanılmış ve alt grupların ikili karşılaştırılmaları Post-Hoc Tukey analizi ile değerlendirilmiştir. Süre ve ağırlığın tek ve ortak etkisinin belirlenmesinde ise Genaral Linear Model Univariate faktöriyel analiz kullanılmıştır. Uç dataya sahip örnekler istatistik veriye dahil edilmemiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Su tutma kapasitesi (STK), ete uygulanan kuvvet ve/veya etin işlenmesi sırasında etin doğal suyunu tutma yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Szymańko vd., 2021). Aynı zamanda, etin kesme, ısıtma, öğütme, presleme ve taşıma, depolama ve pişirme sırasında tutabileceği su miktarı olarak da ifade edilebilmektedir. Salınan su damlama, temizleme, sızıntı, sızıntı veya pişirme kaybı olarak çeşitli şekillerde tanımlanabilir ve bunlar STK ile ters ilişkilidir (Warner, 2014). Su tutma kapasitesinin genel olarak %20 ile %60 arasında olduğu bildirilmektedir (Anantaputra, 2023). Ette su tutma kapasitesi ölçümleri farklı metotlarla yapılabilmektedir. Bu nedenle çalışmada farklı su tutma kapasitesi metotlarının karşılaştırılması ve metotların birbirine alternatif olarak kullanılabilirliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. İlaveten, sürdürülebilir, cihaza ve/veya kimyasala ihtiyaç duymadan her yerde yapılabilir olan bir metot bulmak hedeflenmiştir. Bu amaçla normal ve PSE özellik gösteren etlik piliç ve hindi etlerinin su tutma kapasiteleri belirlenmiş ve her bir metot ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Su tutma kapasitesi belirleme metotları pişirme kaybı (ısı uygulamaları), sızıntı kaybı (dışardan kuvvet uygulanmayan metotlar), sıkıştırma/baskılama (kuvvet uygulananlar) ve santrifüj yöntemi (su absorplama metodu) olmak üzere dört temel ana başlıkta toplanarak değerlendirilmesi yapılmış ve aşağıda sunulmuştur. Su tutma kapasitesinin belirlenmesi için örnek olarak kullanılan etlik piliç ve hindi etlerinin örnek seçiminde kullanılan temel özellikleri Tablo 4.1 de bir araya getirilmiştir.

Tablo 4.1. Etlik piliç ve hindi eti örneklerinin temel özellikleri

Örnek	Kuru madde (%)	Protein (%)	pH	L*	a*	b*
EP N	25.95±0.31	20.81±0.64	5.98±0.01	52.96±1.42	9.54±1.55	2.91±1.06
EP PSE	25.76±0.63	20.82±1.41	5.78±0.01	59.51±3.05	8.74±1.35	4.07±2.26
Hindi N	26.63±0.55	24.82±0.52	6.09±0.26	49.24±1.77	6.20±1.93	3.65±0.32
Hindi PSE	26.55±0.25	23.65±0.18	5.76±0.04	60.09±1.50	5.76±2.13	-1.60±0.93

N, normal; PSE, pale, soft, exudative

Tablo 4.1 de görüleceği üzere normal olarak değerlendirilen etlerin pH değerleri 5.80 üstü ve L değeri 54 olanlar normal et olarak değerlendirilmiş ve L

değeri 54 üstü olanlar ile aynı anda pH değeri 5.80'in altında olanlar ise PSE et olarak kabul edilmiştir (Woelfel vd., 2002).

4.1 Isı uygulamalarına dayalı (pişirme kaybı) su tutma kapasitesi

Etlik piliç ve hindi eti örneklerinin pişirme kayıplarının belirlenmesinde üç ayrı metot kıyaslanmıştır. İlk yöntemde örneklerin bir kısmı poşet içerisine askıda tutulup 24 saat +4°C de bekletildikten sonra (damlama kaybı) 176 derecelik fırında iç sıcaklığı 76 dereceye gelene kadar pişirilip (pişirme kaybı) daha sonra ağırlık kaybına göre pişirme kaybı hesaplanmıştır (Fraz vd., 2023). İkinci yöntemde örnekler damlama kaybı analizi yapılmadan fırında pişirme metodu ile analiz edilmiş (Lee vd., 2008); son grup ise yine damlama kaybı yapılmadan ısıya dayanıklı poşete yerleştirilerek 100°C'lik su banyosunda iç sıcaklık 80°C'ye gelinceye kadar ısı işlem uygulanmış ve ağırlık kaybına göre pişirme kaybı hesaplanmıştır (Gratta vd., 2023). Damlama kaybı ardından yapılan pişirme kaybı ve diğer iki analize ait pişirme kayıplarının hem etlik piliç etlerindeki hem de hindi etlerindeki veriler ve bu verilerin yorumlanmasında kullanılan istatistiksel değerlendirmeler aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Tablo 4.2. Etlik piliç etlerine ait pişirme kaybı değerleri

	Sızıntı sonrası pişirme kaybı (%)	Fırında pişirme kaybı (%)	Su banyosunda pişirme kaybı (%)
EP N	20.94±1.85 ^{aA}	26.62±0.43 ^{aB}	24.34±0.41 ^{aAB}
EP PSE	22.18±1.34 ^{aA}	28.50±0.78 ^{bB}	27.15±0.58 ^{bB}

ab Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $P \leq 0,05$ 'te önemli ölçüde farklılık gösterir. AB Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $P \leq 0,05$ 'te önemli ölçüde farklılık göstermektedir. N, normal; PSE, soluk, yumuşak, sulu

Tablo 4.2'de etlik piliç etlerinin pişirme kaybına ait verileri ve istatistiki karşılaştırmaları yer almaktadır. Tablo 4.2 ve 4.3'ten (bağımsız t-testi sonuçları) anlaşılacağı üzere pişirme kaybı ile su tutma kapasitesinin belirlenmesinde direk fırında pişirme ile su banyosunda pişirilen örneklerde normal ve PSE etler arasındaki fark anlamlı ($p < 0.05$) bulunurken +4°C'de bekletilerek damlama kaybindan sonra yapılan pişirme kaybı testinde normal ve PSE etler arasında bir fark belirlenmemiştir ($p > 0.05$). Normal ve PSE etlerin karşılaştırılması açısından fırında ve su banyosunda yapılan ısı işlem sonrası pişirme kayıpları beklenen sonuçları sağlarken, damlama kaybının ardından yapılan pişirme kaybının

sonuçlarına bakıldığında sonuçların benzer çıkmasının bu metodun güvenilirliğinin ve kullanılabilirliğinin düşük olduğunu göstermektedir.

Khan ve ark. (2021) Dokahekzanoik (DHA)'ce zengin mikroalg ile besledikleri etlik piliçlerde önce damlama kaybı ardından aynı örnek üzerinden pişirme kayıplarını ölçmüşler ve kontrol grubunda 65.28 bulurken 1. diyet grubunda 59.97; 2. diyet grubunda ise 59.25 bularak aralarında fark olmadığını belirtmişlerdir. Fraz ve ark. (2023) ise yaptıkları bir çalışmada yemlerine keten tohumu ve organik krom ilave ettikleri etlik piliç etlerinin kalite özelliklerini incelemişler ve önce damlama kaybı ardından aynı örnek üzerinde pişirme kaybı yapmışlar, sonuçlar kontrol grubunda 45. gün 61.24 ve 50. günde 103.00; 1. diyet 45. gün 59.57; 50.günde 96.55; 2. diyet 45. gün 55.38 ve 50. gün 96.18 olarak tespit etmişler ve 1. ve 2. diyetin 50. gününde pişirme kayıplarının arttığını belirtmişler ve bunun da sebebinin artan oksidatif stresten kaynaklanabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bizim değerlerimiz ise etlik piliç kontrol gruplarında 20.94 iken PSE etlik piliçlerde 22.18 olarak tespit edilmiştir. Bu farklılıkların sebebinin her iki çalışmada da verilen yöntem ve sonuç (%) ilişkisinin tutarlı olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Lee ve ark. (2008) ise uzun dönem şoklu beklettikleri etlik piliç etlerinde pişirme kaybı testi yapmışlar ve 0. gün 21.4 bulurken 2 ay 25.0; 4. ay 33.0; 6. ay 34.9 ve 8. ay 35.6 olarak tespit etmişlerdir. Bizim de bulgularımız normal etlik piliçlerde 26.62 iken PSE etlik piliçlerde 28.50 olup çalışma ile uyumludur.

Gratta ve ark. (2023) ışık kısıtlaması yaptıkları etlik piliçlerin et kalite kriterlerini araştırmışlar ve haşlama metodu ile pişirme kaybı yaptıkları etlik piliçlerde sonuçları 26.4 ile 29.9 aralığında bulduklarını belirtmişlerdir. Bizim de bulgularımız normal etlik piliçlerde 24.34 iken PSE etlik piliçlerde 27.15 olup bu çalışma ile uyumludur.

Pişirme kaybı gibi sıcaklık kullanılan su tutma kapasitesi yöntemlerinde çok farklı metotlar olup halen daha tam olarak hangi metodun tüketicinin pişirme ve yeme gibi durumlarını simüle edebileceği tartışmalıdır. Bu sebeple daha fazla araştırmaya ve veriye ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

Diğer yandan bu üç metodun birbiri ile karşılaştırılmaları ANOVA varyans analizi ile gerçekleştirilmiş olup istatistik sonuçları Tablo 4.4'te ve karşılaştırılmaları yine Tablo 4.2'de yer almaktadır. Etlik piliç normal ve PSE etlerde fırın ve su banyosu pişirme kaybında daha yüksek değerler elde edilirken

beklenen bir sonuç olarak sızıntı sonrası pişirme kaybında daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Ancak sızıntı ve pişirme kaybının beraber yapılması durumunda standart sapmanın daha yüksek çıkması bu yöntemin sonuçlarının veri dağılımlarını daha geniş olduğunu göstermektedir. Etlik piliç normal ve PSE etlerinde ayrı ayrı yapılan karşılaştırmalarda her ikisinde de fırında ve su banyosunda yapılan pişirme kayıplarında istatistiksel olarak benzer ($p>0.05$) sonuçlar elde edilirken sızıntı kaybı sonrası yapılan pişirme testinin sonuçlarını daha düşük olduğu ($p<0.05$) görülebilmektedir.

Tablo 4.3. Normal ve PSE etlik piliç etlerinde pişirme kaybı değerlerinin karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)

Su tutma kapasitesi metotları	t değeri	df (serbestlik derecesi)	Anlamlılık değeri (p)
Sızıntı sonrası pişirme kaybı	-1.087	6	0.319
Fırında pişirme kaybı	-4.249	6	0.005
Su banyosunda pişirme kaybı	-7.949	6	0.000

Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

Tablo 4.4. Normal ve PSE etlik piliç etlerinde farklı pişirme kaybı metotlarının karşılaştırılması (ANOVA varyans analizi)

Örnek	df (serbestlik derecesi)	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık değeri (p)
EP N	3	27.563	14.226	0.000
EP PSE	3	33.396	25.444	0.000

Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

Aynı analizler hindi PSE ve normal etlere uygulanmış ve örneklerin pişirme kaybına ait verileri ve istatistiki karşılaştırmaları Tablo 4.5.'te sunulmuştur. Etlik piliç örneklerinde elde edilen verilere beklenen ve benzer bir sonuç olarak sızıntı sonrası pişirme kaybı değerleri daha düşük buna karşın direk fırında veya su banyosunda uygulanan ısı işlem sonrası pişirme kayıpları daha yüksek belirlenmiştir. Ayrıca etlik piliç etlerinde olduğu üzere su banyosunda poşet içinde yapılan pişirme kaybı daha düşük olduğu görülebilmektedir.

Gál ve ark. (2022) yaptıkları bir çalışmada pişirme metotlarını kıyaslamışlar ve hindi göğüs etlerinde % 20.10 ve 22.10 olarak tespit etmişlerdir. Danowska-Oziewicz ve ark. (2009) Fırında ve vakumda pişirme kayıplarını karşılaştırdıkları

çalışmada hindi eti pişirme kayıplarını sırasıyla % 23.7; 26.4 ve 21.8 olarak tespit etmişlerdir. Bulgular bizim çalışmamız ile uyumludur.

Tablo 4.5. Hindi etlerine ait pişirme kaybı değerleri

Örnek	Sızıntı sonrası pişirme kaybı (%)	Fırında pişirme kaybı (%)	Su banyosunda pişirme kaybı (%)
Hindi N	22.40±0.9 ^{aA}	25.00±0.22 ^{aB}	23.84±0.23 ^{aB}
Hindi PSE	23.72±1.2 ^{aA}	26.34±0.51 ^{bB}	27.25±0.92 ^{bB}

ab Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $P \leq 0,05$ 'te önemli ölçüde farklılık gösterir. AB Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $P \leq 0,05$ 'te önemli ölçüde farklılık göstermektedir. N, normal; PSE, soluk, yumuşak, sulu

Hindi normal ve PSE örneklerinin karşılaştırılmaları bağımsız t- testi ile yapılmış ve Tablo 4.6'da verilmiştir. Fırında ve su banyosunda yapılan pişirme kayıplarında normal ve PSE etlerde fark bulunurken ($p < 0.05$), sızıntı işlemi sonrası yapılan pişirme kaybında Normal ve PSE etlerde fark belirlenmemiştir ($p > 0.05$). Her ne kadar PSE karakteri gösteren hindi eti örneklerinde pişirme kaybı değeri yüksek olsa da önceden uygulanan sızıntı işlemi et içerisinde serbest ve hücreler arasında yer alan suyun büyük bir kısmının uzaklaşmasında etkili olmuş ve pişirme işlemleri arasında önemli bir fark belirlenmemiştir.

Tablo 4.6. Normal ve PSE hindi etlerinde pişirme kaybı değerlerinin karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)

Su tutma kapasitesi metotları	t değeri	df (serbestlik derecesi)	Anlamlılık değeri (p)
Sızıntı sonrası pişirme kaybı	-1.754	6	0.130
Fırında pişirme kaybı	-4.849	6	0.003
Su banyosunda pişirme kaybı	-7.207	6	0.000

Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

Hindi etlerine uygulanan üç farklı pişirme kaybı metodunun karşılaştırılmaları ise ANOVA varyans analizi ile gerçekleştirilmiş ve varyans analizi sonuçları Tablo 4.7'de özetlenmiştir. Hem normal hem de PSE karakter gösteren hindi etlerinde pişirme kayıpları arasında anlamlı fark ($p < 0.05$) belirlendiği gözlenmiştir. Yapılan gruplar arası karşılaştırılmalarda etlik piliç etlerinde olduğu gibi fırın ve su banyosunda ısı işlemler uygulamaları arasında fark

görülmezken ($p>0.05$), sızıntı kaybı sonrası uygulanan pişirme testi sonuçları diğer iki metottan anlamlı şekilde farklı ($p<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Bu fark sızıntı kaybı esnasında serbest suyun yeterinde uzaklaştığından kaynakladığı düşünülmektedir.

Tablo 4.7. Normal ve PSE hindi etlerinde farklı pişirme kaybı metotlarının karşılaştırılması (ANOVA varyans analizi)

Örnek	df (serbestlik derecesi)	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık değeri (p)
Hindi N	3	5.167	11.273	0.001
Hindi PSE	3	10.229	9.264	0.002

N, normal; PSE, soluk, yumuşak, sulu

4.2 Kuvvet uygulamayan (Sızıntı kaybı) su tutma kapasitesi metotları

Etlik piliç ve hindi eti örneklerinin sızıntı kayıplarının belirlenmesinde poşet içinde askıda (Fraz vd., 2023) ve ızgara tepsi (Bowker & Zhuang, 2013) bulunan bir kap içerisine yerleştirilerek 24 saat $+4^{\circ}\text{C}$ de bekletilip ağırlık kaybından sızıntı kaybının hesaplanması yöntemleri kullanılmıştır. Her iki yöntemde de gravimetrik metot uygulanmış ve birinde örnekler kendi halinde bırakılırken diğerinde askıya alınmıştır. Etlik piliç ve hindi etlerinde su tutma kapasitelerine ait veriler ve bu verilerin yorumlanmasında kullanılan istatistiksel değerlendirmeler aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Tablo 4.8. Etlik piliç etlerine ait sızıntı kaybı değerleri

Örnek	Poşette askıda sızıntı kaybı	Kapta sızıntı kaybı
EP N	1.34 ± 0.23^{aA}	0.72 ± 0.14^{aB}
EP PSE	1.90 ± 0.19^{bA}	1.59 ± 0.15^{bB}

ab Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $P \leq 0,05$ 'te önemli ölçüde farklılık gösterir. AB Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $P \leq 0,05$ 'te önemli ölçüde farklılık göstermektedir. N, normal; PSE, soluk, yumuşak, sulu

Khan ve ark. (2021) Dokahekzanoik (DHA)'ce zengin mikroalg ile besledikleri etlik piliçlerde damlama kayıplarını ölçmüşler ve bu değeri kontrol gruplarında 302.63; 1. diyetle 282.90 ve 2. diyetle 261,80 tespit etmişler ve özellikle 2. diyetle damlama kaybının daha da azaldığını belirtmişlerdir. Fraz ve ark. (2023) ise yaptıkları bir çalışmada yemlerine keten tohumu ve organik krom ilave ettikleri

etlik piliç etlerinin kalite özelliklerini incelemişler ve önce damlama kaybı ardından aynı örnek üzerinde pişirme kaybı yapmışlar, sonuçları ise kontrol gruplarında 45. günde 331.3 ve 50. günde 451.2; 1. diyetle 45.gün 285.1 ve 50. günde 410.4; 2. diyetle ise 45. gün 281 ve 50. gün 407 olarak tespit etmişler ve 1. diyet ve 2. diyet ile beslenen gruplarda damlama kaybının azaldığını belirtmişlerdir. Bu farklılığın sebebi bizim verdiğimiz değerler su kaybının %'sini verirken diğer araştırmacıların göğüs eti kaybını vermelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bizim değerlerimiz ise etlik piliç kontrol gruplarında 1.34 iken PSE etlik piliçlerde 1.90 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.8'de etlik piliç etlerinin sızıntı kaybına ait verileri ve istatistiki karşılaştırmaları yer almaktadır. Normal ve PSE karakter gösteren etlik piliç etlerinin ve analiz metotlarının karşılaştırmalarında bağımsız t-testi uygulanmış olup sonuçlar Tablo 4.9 ve 4.10'da sunulmuştur.

Tablo 4.9'dan anlaşılacağı üzere poşette askıda tutulan ve kapta bekletilen her iki metotta da normal ve PSE etler arasındaki fark anlamlı ($p < 0.05$) bulunmuştur. Beklenen bir sonuç olarak PSE karakterli etlerin sızıntı kaybı değerleri normal etlere göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4.9. Normal ve PSE etlik piliç etlerinde sızıntı kaybı değerlerinin karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)

Su tutma kapasitesi metotları	t değeri	df (serbestlik derecesi)	Anlamlılık değeri (p)
Poşette askıda sızıntı kaybı	-3.756	6	0.009
Kapta sızıntı kaybı	-8.584	6	0.000

Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

Diğer yandan Tablo 4.10'da belirtildiği üzere uygulanan iki farklı kuvvet uygulanmadan yapılan sızıntı kaybı metotları arasında da fark olduğu ($p < 0.05$) belirlenmiştir. Askıda tutulan örneklerin sızıntı kayıplarının daha yüksek buna karşın kapta bekletilen örneklerin sızıntı kaybının daha düşük olduğu görülmektedir.

Hindi etlerinde poşette askıda ve kapta bekletilen örneklerin sızıntı kaybı değerleri Tablo 4.11'de görülmektedir. Normal ve PSE karakter gösteren etlik piliç

etlerinin ve analiz metotlarının karşılaştırılmalarında bağımsız t-testi uygulanmış olup istatistik değerlendirmeleri Tablo 4.12 ve 4.13’de sunulmuştur.

Tablo 4.10. Normal ve PSE etlik piliç etlerinde farklı sızıntı kaybı metotlarının karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)

Örnek	t	df	p
EP N	4.536	6	0.004
EP PSE	2.622	6	0.040

N, normal; PSE, soluk, yumuşak, sulu Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

Tablo 4.11. Hindi etlerine ait sızıntı kaybı değerleri

Örnek	Poşette askıda sızıntı kaybı	Kapta sızıntı kaybı
Hindi N	0.91±0.21 ^{aA}	0.55±0.08 ^{aB}
Hindi PSE	1.53±0.1 ^{bA}	0.77±0.19 ^{aB}

ab Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $P \leq 0,05$ 'te önemli ölçüde farklılık gösterir. AB Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $P \leq 0,05$ 'te önemli ölçüde farklılık göstermektedir. N, normal; PSE, soluk, yumuşak, sulu

McKee & Sams (1997) mevsimsel sıcak stresinin rigor üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada damlama kaybını kontrol grubu hindi göğüs etlerinde % 0.06 bulurken ısı stresine maruz kalan PSE’li hindi göğüs etlerinde 0.44 olarak tespit etmişler ve aralarında fark olduğunu bildirmişlerdir. Owens ve ark (2000) ticari bir kesimhanede hindi etinin karakterizasyonu üzerine yaptıkları araştırmada normal hindi etlerinde damlama kaybını % 0.72 bulurken PSE’li hindi etlerinde bu değeri 2.52 olarak tespit etmişlerdir. Çelen ve ark. (2016) normal ve PSE hindi göğüs etlerinin kimyasal özelliklerini kıyaslamışlar ve damlama kaybını 1. gün sonunda normallerde yüzde 1.05 bulurken PSE olanlarda ise 1.94 olarak bulmuşlardır. Bulgularımız literatürde verilen bulgular ile uyumludur.

Normal ve PSE karakter gösteren hindi etlerinin sızıntı kaybı değerlerine dayalı karşılaştırılmasında poşette askıda bekleyen metotta PSE karakterli etlerin sızıntı kaybı değerlerinin normal etlerden daha yüksek olduğu ($p < 0.05$) görülürken kapta bekletilen hindi örneklerinde normal ve PSE örnekleri arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Diğer yandan iki sızıntı kaybı metodunun karşılaştırılmaları değerlendirildiğinde hem normal hem de PSE karakteri gösteren hindi eti

örneklerinde iki metot arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Poşette askıya alınan örneklerin sızıntı kaybı değerlerinin diğer kapta bekletilen örneklerle kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sızıntı kayıplarına genel olarak bakıldığında ise etlik piliç örneklerine göre hindi örneklerinin daha düşük değerlere sahip olduğu söylenebilir. Bu durum hindi göğüs etlerinin yapılarının sıklığından kaynaklanmaktadır.

Tablo 4.12. Normal ve PSE hindi etlerinde sızıntı kaybı değerlerinin karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)

	t değeri	df (serbestlik derecesi)	Anlamlılık değeri (p)
Poşette askıda sızıntı kaybı	-5.268	6	0.002
Kapta sızıntı kaybı	-2.191	6	0.071

Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

Tablo 4.13. Normal ve PSE hindi etlerinde farklı sızıntı kaybı metotlarının karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)

	t değeri	df (serbestlik derecesi)	Anlamlılık değeri (p)
Hindi N	3.234	6	0.018
Hindi PSE	7.224	6	0.000

N, normal; PSE, soluk, yumuşak, sulu

Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

4.3 Kuvvet uygulanarak belirlenen (sıkıştırma/baskılama) su tutma kapasitesi metotları

Kuvvet uygulanarak yapılan su tutma kapasitesi yöntemleri pres yöntemi veya sıkıştırma ile suyun uzaklaştırılması, yüksek hızda santrifüj ile yine su salınımını sağlanması, filtre kağıdına sızan su miktarının ağırlık esasına belirleme ve diğer kılcal emme yöntemleri olarak gerçekleştirilmektedir (Szmańko vd., 2021).

Örnekler üzerine ağırlık koyma ve süre sonunda tartma yöntemi en yaygın yöntemlerden biri olup çok çeşitli modifikasyonları mevcuttur. Çalışmada bu ana yöntemlerden et örnekleri milimetrik kâğıda yerleştirilerek sıkıştırma ile uzaklaşan su miktarı alan hesabı ile belirlenmiş ve flexi sıkıştırma yöntemi olarak ifade edilmiştir (Choi vd., 2016). Diğer metotlar olarak Aristides ve ark. (2018)'lerinin önerdiği yöntemin ile Vieira ve ark. (2021)'lerinin yöntemi modifiye edilerek

örnekler whatman, kaba filtre ve kahve filtresi kağıtları arasına yerleştirilip 5, 10, 30 ve 60 dk süre ile baskılama (5 ve 10 kg) uygulanarak sızıntı kayıpları belirlenmiştir. Kahve filtre kâğıdı kullanılmasının sebebi ise her yerde bulunabilen, whatman 1 ve kaba filtre kağıdına nispeten daha ucuz olmasındandır. Son olarak da tekstür analiz cihazı ile önerilen metot (Petracci vd., 2012) kullanılarak su tutma kapasitesi belirlenmiştir.

Etlik piliç ve hindi etlerinin 5 kg'lık ağırlık ile whatman, kaba filtre ve kahve filtre kağıtlarında farklı sürelerde sıkıştırılmaları sonucunda belirlenen su tutma kapasitesi sonuçları Tablo 4.14'te bir araya getirilmiştir. Farklı sürelerde uygulanan baskının su tutma kapasitelerindeki farklılıklarını gösteren ANOVA varyans analizi ise Tablo 4.15'te verilmiştir.

Her iki tablodan da anlaşılabacağı üzere süre arttıkça su tutma kapasitelerinde oluşturduğu artış anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Etlik piliç normal örneklerinde whatman filtre kâğıdı ile kaba filtre kâğıdı benzer özellik göstermiş ilk 5 dakika daha düşük STK gösterirken 15 ve 30 dakika baskılama benzer özellik gösterirken 60 dakika baskılama sonucunda değerin daha da arttığı görülmüştür. Kahve filtresinde ise ilk 5 ve 15 dakika benzer özellik gösterirken 30 ve 60 dakikalık baskılarda ise benzer özellik göstermiştir.

PSE karakterli etlik piliç etlerinde kahve filtresi ve whatman filtre kağıtları benzer özellik göstermiştir. Her iki yöntemde de 5 dakika daha düşük STK gösterirken 15 ve 30 dakikalık baskılama ile benzer özellik ve 60 dakikada artış belirlenmiştir. Buna karşın kaba filtre kağıdında 5 ve 15 dakikalık baskılar arasında fark bulunmazken, 30 ve 60 dk baskılamada da fark bulunmamıştır. 30 dakikadan itibaren STK de farklılık oluşmaktadır.

Petracci ve ark. (2012) sodyum bikarbonat ile marine ettikleri etlik piliç etlerinin kalite kriterlerini araştırmışlar ve 1cm³ örneği iki Whatman 1 kâğıdı arasına yerleştirerek TA-TX HD cihazında 400 N kuvvetle 15 saniye sıkıştırmış ve sonuçları ilk ağırlık son ağırlık prensibine göre vermişlerdir. Verileri kontrol grubunda % 15.2 diğer marine malzemelerinde ise 9.3 ile 16.5 arasında bulduklarını belirtmişlerdir. Tong ve ark. (2014) serbest gezen etlik piliç etlerinin et kalitesi üzerine yaptıkları bir çalışmada kaba filtre kâğıdı arasına yerleştirdikleri 1 g ürün üzerine 35 kg yerleştirmişler ve 5 dakika beklemişlerdir. STK'yı ilk gün %71.74 bulurken 7. gün 69.16, 14. gün 68.23 ve 21. gün 67.19 olarak tespit etmişlerdir. Aristides ve ark. (2018) fermente *Saccharomyces cerevisiae* ürünü ilaveli yemle

besledikleri etlik piliç etlerinin et kalitelerini incelemişlerdir. Bu amaçla filtre kâğıdı arasına konan 2 gram numune üzerine 10 kg yerleştirilmiş ve 5 dakika bekletilmiştir. Sonuçları kontrol gruplarında %71.45; 250 g/ton katılanlarda 69.81; 500 g/ton katılanlarda 69.91 ve son olarak 1500 g/ton katılan grupta 68.90 olarak tespit etmiş ve aralarında fark tespit edilmediğini belirtmişlerdir.

Tablo 4.14. Etlik piliç ve hindi etlerine farklı sürelerde 5 kg baskı uygulaması metodu ile ölçülen su tutma kapasitesi değerleri

	Baskı süresi	Su tutma kapasitesi (%) (kahve filtresi)	Su tutma kapasitesi (%) (whatman filtre kâğıdı)	Su tutma kapasitesi (%) (kaba filtre kâğıdı)
EP N	60 dk	42.79±0.56 ^a	46.77±0.80 ^a	46.50±0.60 ^a
	30 dk	42.78±0.98 ^a	41.33±0.76 ^b	41.37±1.30 ^b
	15 dk	38.46±0.62 ^b	40.83±0.76 ^b	40.98±0.99 ^b
	5 dk	34.58±0.54 ^b	35.08±0.61 ^c	38.45±1.27 ^c
EP PSE	60 dk	45.33±0.67 ^a	50.97±0.96 ^a	48.82±1.13 ^a
	30 dk	42.71±0.72 ^b	43.95±0.50 ^b	45.79±0.88 ^a
	15 dk	42.76±1.19 ^b	43.85±0.67 ^b	41.38±1.43 ^b
	5 dk	39.09±0.91 ^c	39.40±1.05 ^c	41.24±0.92 ^b
Hindi N	60 dk	41.45±1.11 ^a	42.62±0.89 ^a	41.4±0.67 ^a
	30 dk	41.41±0.59 ^a	40.34±1.69 ^{ab}	41.19±0.83 ^a
	15 dk	41.07±0.44 ^a	40.86±1.88 ^{ab}	40.16±0.77 ^a
	5 dk	34.16±1.05 ^b	37.33±4.49 ^b	36.60±1.30 ^b
Hindi PSE	60 dk	45.99±0.37 ^a	43.75±0.75 ^a	41.78±0.78 ^a
	30 dk	39.10±1.14 ^b	39.05±0.96 ^b	37.91±0.61 ^b
	15 dk	33.58±0.87 ^c	34.37±0.64 ^c	36.27±1.17 ^c
	5 dk	30.59±1.12 ^d	33.90±1.33 ^c	32.27±1.31 ^d

ab Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $P \leq 0,05$ 'te önemli ölçüde farklılık gösterir. N, normal; PSE, soluk, yumuşak, sulu

Vieira ve ark. (2021) E vitamini ile besledikleri etlik piliç göğüs etlerinde STK ölçmüşler bu amaçla 2 gram örnek üzerine 10 kg ağırlık koyarak 5 dakika bekletmişlerdir. 30 mg/kg E vitamini ilaveli grupta STK'ları % 69.98; 90 mg/kg olan grupta 68.94; 150 mg/kg olan grupta 70.68; 210 mg/kg olan grupta 69.76 ve 270 mg/kg olan grupta 68.84 olarak tespit etmişler ve aralarında fark olmadığını belirtmişlerdir. İncili ve ark. (2023) ev yapımı fermente turşu suyunun marinad malzemesi olarak kullanıldığı sığır bifteklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini inceledikleri çalışmada filtre kâğıdı arasına yerleştirdikleri 2 gram örnek üzerine 10 kg yerleştirmişler ve 5 dakika beklemişlerdir. Sonuçta en düşük pişirme kaybını %31.5 ile kontrol grubunda tespit ederken en yüksek pişirme kaybını %10'luk turşu suyu marine malzemesi olan grupta % 42.5 olduğunu belirtmişlerdir. Bulgularımız genel olarak İncili ve ark (2023)'nın bulguları ile uyumludur. Farklılıkların sebebi genel olarak ölçülen örneğin birebir aynı büyüklük ve/veya ağırlıkta olmadığından ya da aynı cihazı kullanmamaktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Normal karakter gösteren hindi etlerine bakıldığında ise tüm filtrelerde ilk 5 dakikalık baskının diğerlerinden farklı olduğu belirlenmiştir. Uygulanan 15, 30 ve 60 dk'lık baskı benzer özellik göstermiştir. Hindi PSE karakterli etlerde ise uygulanan tüm baskı süreleri birbirinden farklı özellik göstermiştir ($p<0.05$).

Etlik piliç ve hindi etlerinin 10 kg'lık ağırlık ile whatman, kaba filtre ve kahve filtre kağıtlarında farklı sürelerde sıkıştırılmaları sonucunda belirlenen su tutma kapasitesi sonuçları Tablo 4.16'te verilmiştir. Farklı sürelerde uygulanan baskının su tutma kapasitelerindeki farklılıklarını gösteren ANOVA varyans analizi ise Tablo 4.17'te sunulmuştur.

Her iki tablodan da anlaşılabacağı üzere baskı miktarı 5 kg uygulanmasına benzer olarak 10 kg'lık baskılamada da süre arttıkça su tutma kapasitelerinde oluşturduğu artış anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Etlik piliç örneklerinde kahve filtresinde farklı sürelerde devamlı bir sızıntı oluşurken, whatman filtre kağıdında 5 dk ile 60 dk'nın bile benzer özellik gösterdiği gözlenmiştir ($p<0.05$).

Etlik piliç normal örneklerinde whatman filtre kâğıdı ile kaba filtre kâğıdı benzer özellik göstermiş ilk 5 dakika daha düşük STK gösterirken 15 ve 0 dakika baskılama benzer özellik gösterirken 60 dakika baskılama sonucunda değerin daha da arttığı görülmüştür. Kahve filtresinde ise ilk 5 ve 15 dakika benzer özellik gösterirken 30 ve 60 dakikalık baskılarda ise benzer özellik göstermiştir. Kaba filtre kağıdında ise 5 dk dan sonra sızıntının yavaşladığı söylenebilmektedir.

Tablo 4.15. Etlik piliç ve hindi etlerinde farklı filtrelerle yapılan (5 kg baskı) su tutma kapasitesinin baskı sürelerine (5, 15, 30 ve 60 dk) göre karşılaştırılmaları (ANOVA varyans analizi)

		df (serbestlik derecesi)	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık değeri (p)
EP N	Kahve Filtresi	3	124.763	257.887	0.000
	Whatman Filtre Kâğıdı	3	182.408	335.231	0.000
	Kaba Filtre Kâğıdı	3	91.000	78.581	0.000
EP PSE	Kahve Filtresi	3	52.667	65.712	0.000
	Whatman Filtre Kâğıdı	3	182.688	269.604	0.000
	Kaba Filtre Kâğıdı	3	108.206	87.809	0.000
Hindi N	Kahve Filtresi	3	102.468	142.840	0.000
	Whatman Filtre Kâğıdı	3	38.684	5.663	0.004
	Kaba Filtre Kâğıdı	3	39.643	46.306	0.000
Hindi PSE	Kahve Filtresi	3	366.937	425.470	0.000
	Whatman Filtre Kâğıdı	3	170.483	186.422	0.000
	Kaba Filtre Kâğıdı	3	124.091	121.722	0.000

Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

Etlik piliç PSE örneklerde ise kahve filtre ve whatman kağıtlarında benzer olarak ilk 5 dk hızlı bir sızıntı kaybı oluşmuş ve 15 dk dan itibaren yavaşladığı gözlemlenmektedir ($p<0.05$). Hindi normal etleri etlik piliç normal etlerine benzer olarak etki göstermiş whatman filtre kağıdında sadece 60 dk gibi uzun bir süre sonunda farklı sonuç elde edilmiştir. Kaba filtre kağıdında ise süre arttıkça sızıntı kaybı hemen hemen lineer şekilde artmaktadır ($p<0.05$). Ancak örnekler PSE karakter göstermeye başlayınca kahve filtre kâğıdı kullanılan örneklerde süre arttıkça sızıntı kaybının arttığı gözlemlenirken, whatman filtre kağıdında 5 dk sonrası bir durgunluk ve 30. dakikadan sonra tekrar artış belirlenmiştir. Kaba filtre kâğıdı ilk 15 dakika değişim göstermezken 30. Dakikada ölçümden sonra sızıntı kaybında artış belirlenmiştir.

Tablo 4.16. Etlik piliç ve hindi etlerine farklı sürelerde 10 kg baskı uygulaması metodu ile ölçülen su tutma kapasitesi değerleri

	Baskı süresi	Su tutma kapasitesi (%) (kahve filtresi)	Su tutma kapasitesi (%) (whatman filtre kâğıdı)	Su tutma kapasitesi (%) (kaba filtre kâğıdı)
EP N	60 dk	44.40±0.96 ^a	41.17±0.85 ^a	45.98±1.31 ^a
	30 dk	42.27±1.09 ^b	40.95±1.31 ^a	41.26±1.35 ^b
	15 dk	39.95±1.71 ^c	40.92±0.74 ^a	39.87±0.74 ^b
	5 dk	36.42±1.13 ^d	40.37±1.38 ^a	35.71±0.53 ^c
EP PSE	60 dk	45.07±0.38 ^a	46.34±0.75 ^a	48.56±0.81 ^a
	30 dk	43.69±0.54 ^b	46.33±0.95 ^a	48.4±0.62 ^a
	15 dk	43.18±0.67 ^b	40.10±1.17 ^b	42.3±0.71 ^b
	5 dk	40.99±1.17 ^c	40.00±0.78 ^b	39.75±0.54 ^c
Hindi N	60 dk	41.12±1.24 ^a	40.12±1.61 ^a	39.74±0.86 ^a
	30 dk	38.40±2.38 ^b	38.95±0.85 ^b	37.38±0.74 ^b
	15 dk	34.22±1.95 ^c	38.91±0.86 ^b	35.65±0.77 ^c
	5 dk	29.66±0.58 ^d	34.99±0.68 ^b	32.49±1.53 ^d
Hindi PSE	60 dk	43.87±1.54 ^a	44.59±1.26 ^a	45.02±0.77 ^a
	30 dk	37.45±0.88 ^b	43.05±1.25 ^b	42.93±0.92 ^b
	15 dk	34.58±0.70 ^c	42.75±0.31 ^b	36.51±0.74 ^c
	5 dk	31.65±0.35 ^d	36.06±0.89 ^c	36.35±0.71 ^c

*a, b: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05); A, B: Aynı sütunda büyüme boyunca farklılıkları göstermekte ve farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05)

Kerr ve ark. (2000) yaptıkları bir çalışmada marine etlik piliç etlerinin dinamik mekanik analizini yapmışlar su tutma kapasitesi için Instron Universal Testing cihazı kullanarak 2.1 cm şeklinde kestikleri küp şeklindeki örnekleri Whatman 1 kâğıdı arasına koymuşlar ve 400 N /15 saniye olacak şekilde teste tabi tutmuşlardır. %85 oranında deformasyon sağladıklarını öne sürdükleri yöntem sonunda son ağırlık-ilk ağırlık oran formülasyonu ile sonuçları belirlemişlerdir. Sonuçta kontrol grubunda %40.29 STK bulunurken, diğer örneklerde 32.09 ile

40.11 arası değerler bulmuşlardır. Yusop ve ark. (2010) marinasyon zamanı ve pH'nın etlik piliç etlerinin tadım üzerindeki özelliklerini inceledikleri çalışmalarında 2 cm³ boyutunda kestikleri göğüs etlerini Whatman 1 kağıdının arasına koyarak TA.TX2 cihazında 90 mm/min olacak şekilde preslemişler ve sonuçları ilk ağırlık son ağırlık prensibine göre vermişlerdir. Buna göre sonuçları % 8.22 ile 8.82 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Tablo 4.17. Etlik piliç ve hindi etlerinde farklı filtrelerle yapılan (10 kg baskı) su tutma kapasitesinin baskı sürelerine (5,15,30 ve 60 dk) göre karşılaştırılmaları (ANOVA varyans analizi)

		df	Mean Square	F	Sig.
EP N	Kahve Filtresi	3	93.213	59.112	0.000
	Whatman Filtre Kâğıdı	3	0.939	0.769	0.521
	Kaba Filtre Kâğıdı	3	143.499	131.856	0.000
EP PSE	Kahve Filtresi	3	22.981	40.583	0.000
	Whatman Filtre Kâğıdı	3	105.498	122.682	0.000
	Kaba Filtre Kâğıdı	3	156.982	342.917	0.000
Hindi N	Kahve Filtresi	3	200.761	70.579	0.000
	Whatman Filtre Kâğıdı	3	40.188	35.464	0.000
	Kaba Filtre Kâğıdı	3	74.457	70.610	0.000
Hindi PSE	Kahve Filtresi	3	218.238	232.351	0.000
	Whatman Filtre Kâğıdı	3	114.738	113.420	0.000
	Kaba Filtre Kâğıdı	3	157.821	253.889	0.000

Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

Bizim bulgularımızda incelendiğinde süre veya yöntemle bağlı olarak minimum % 29.66 ile maksimum 50.97 arasında değişmekte olup Kerr ve ark. (2000) ile uyumludur. Sıkıştırma metodunda da örnek ağırlıkları, cihaz farklılıkları ve baskı şiddet ve miktarı değişkenlik gösterdiğinden sonuçlar farklılık gösterebilmektedir.

Tablo 4.18. Etlik piliç ve hindi etlerine farklı filtre kağıtlarıyla farklı sürelerde 5 kg baskı uygulaması metodu ile ölçülen su tutma kapasitesi değerleri

		Kahve Filtresi	Whatman Filtre Kâğıdı	Kaba Filtre Kâğıdı	Tekstür Analizi
5 kg 60 dk	EP N	42.79±0.56 ^A	45.91±2.04 ^B	46.50±0.60 ^B	36.05±4.27 ^C
	EP PSE	45.33±0.67 ^A	50.47±1.99 ^{AB}	48.82±1.13 ^B	39.75±7.20 ^C
	Hindi N	41.45±1.11 ^A	42.18±1.51 ^A	41.40±0.67 ^A	25.10±2.00 ^B
	Hindi PSE	45.99±0.37 ^A	43.82±0.88 ^B	41.78±0.78 ^C	37.07±3.02 ^D
5 kg 30 dk	EP N	42.78±0.98 ^A	41.33±0.76 ^A	41.37±1.30 ^A	36.05±4.27 ^B
	EP PSE	42.71±0.72 ^{AB}	43.95±0.50 ^B	45.79±0.88 ^B	39.75±7.20 ^A
	Hindi N	41.41±0.59 ^A	40.34±1.69 ^A	41.19±0.83 ^A	25.10±2.00 ^B
	Hindi PSE	39.10±1.14 ^A	39.05±0.96 ^A	37.91±0.61 ^A	37.07±3.02 ^A
5 kg 15 dk	EP N	38.46±0.62 ^{AB}	40.83±0.76 ^A	40.98±0.99 ^A	36.05±4.27 ^B
	EP PSE	42.76±1.19 ^A	43.85±0.67 ^A	41.38±1.43 ^A	39.75±7.20 ^A
	Hindi N	33.58±0.87 ^A	34.37±0.64 ^{AB}	36.27±1.17 ^{BC}	25.10±2.00 ^D
	Hindi PSE	41.07±0.44 ^A	40.86±1.88 ^A	40.16±0.77 ^A	37.07±3.02 ^C
5 kg 5 dk	EP N	34.58±0.54 ^A	35.08±0.61 ^A	38.45±1.27 ^B	36.05±4.27 ^{AB}
	EP PSE	39.09±0.91 ^A	39.40±1.05 ^A	41.24±0.92 ^A	39.75±7.20 ^A
	Hindi N	30.59±1.12 ^A	33.90±1.33 ^B	32.27±1.31 ^{AB}	25.10±2.00 ^D
	Hindi PSE	34.16±1.05 ^A	37.33±4.49 ^A	36.60±1.30 ^A	37.07±3.02 ^C

AB Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $P \leq 0,05$ 'te önemli ölçüde farklılık göstermektedir. N, normal; PSE, soluk, yumuşak, sulu

Sıkıştırma işleminde uygulanan her bir ağırlık ve sürede filtre kağıtları ve buna ilaveten tekstür analiz cihazı ile belirlenen su tutma kapasiteleri değerleri ve karşılaştırmaları Tablo 4.18 ve Tablo 4.19’da verilmiştir. Tekstür analiz cihazında farklı süreler uygulanmadığı için her bir örnek türü için elde edilen veriler tüm parametreler içi karşılaştırma olarak kullanılmıştır. Uygulanan metotlar değerlendirildiğinde genel olarak tekstür analiz cihazı ile elde edilen sonuçlar daha düşük sonuçlar göstermiştir. Bu farklılık tekstür analizinde uygulanan sürenin daha kısa olmasından kaynaklanabilir. Diğer yandan kaba filtre kâğıdı diğer kâğıt filtre

yöntemlerine göre etlik piliç ürünlerinde daha yüksek değerler gösterirken hindi etlerinde diğer filtre kağıtlarına göre daha düşük sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 4.19. Etlik piliç ve hindi etlerinde yapılan su tutma kapasitesinin kullanılan filtre kağıtlarına göre karşılaştırılmaları (ANOVA varyans analizi)

		df (serbestlik derecesi)	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık değeri (p)
5 kg 60 dk	EP N	3	114.084	30.962	0.000
	EP PSE	3	118.515	14.570	0.000
	Hindi N	3	315.309	190.380	0.000
	Hindi PSE	3	76.381	48.366	0.000
5 kg 30 dk	EP N	3	41.727	12.943	0.000
	EP PSE	3	34.951	5.048	0.007
	Hindi N	3	290.029	177.366	0.000
	Hindi PSE	3	5.418	2.849	0.059
5 kg 15 dk	EP N	3	29.287	10.283	0.000
	EP PSE	3	17.914	2.354	0.097
	Hindi N	3	279.405	158.180	0.000
	Hindi PSE	3	16.392	8.718	0.000
5 kg 5 dk	EP N	3	23.685	8.044	0.001
	EP PSE	3	7.229	0.993	0.413
	Hindi N	3	151.380	21.068	0.000
	Hindi PSE	3	41.114	16.330	0.000

*a, b: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05); A, B: Aynı sütunda büyüme boyunca farklılıkları göstermekte ve farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05)

Sıkıştırma işleminde uygulanan her bir ağırlık ve sürede filtre kağıtları ve buna ilaveten tekstür analiz cihazı ile belirlenen su tutma kapasiteleri değerleri ve karşılaştırmaları Tablo 4.20 ve Tablo 4.21 da verilmiştir Tablolarda görüleceği üzere uygulanan basınç süresi düşük olunca tekstür analiz cihazı ile belirlenen

yöntemden elde edilen verilere yakın sonuçlar belirlenmişken basınç süresi arttıkça benzerlik ortadan kalkmaktadır.

Tablo 4.20. Etlik piliç ve hindi etlerine farklı filtre kağıtlarıyla farklı sürelerde 10 kg baskı uygulaması metodu ile ölçülen su tutma kapasitesi değerleri

		Kahve Filtresi	Whatman Filtre Kağıdı	Kaba Filtre Kağıdı	Tekstür Analizi
10 kg 60 dk	EP N	44.40±0.96 ^A	41.17±0.92 ^B	45.98±1.31 ^A	36.05±4.27 ^C
	EP PSE	45.07±0.38 ^A	46.38±0.79 ^A	48.56±0.81 ^A	39.75±7.20 ^B
	Hindi N	41.12±1.24 ^A	40.25±1.69 ^A	39.74±0.86 ^A	25.10±2.00 ^B
	Hindi PSE	43.87±1.54 ^A	44.48±1.33 ^A	45.02±0.77 ^A	37.07±3.02 ^B
10 kg 30 dk	EP N	42.27±1.09 ^A	40.95±1.31 ^A	41.26±1.35 ^A	36.05±4.27 ^B
	EP PSE	43.69±0.54 ^{AB}	46.33±0.95 ^{BC}	48.40±0.62 ^C	39.75±7.20 ^A
	Hindi N	38.40±2.38 ^A	38.95±0.85 ^A	37.38±0.74 ^A	25.10±2.00 ^B
	Hindi PSE	37.45±0.88 ^A	43.05±1.25 ^B	42.93±0.92 ^B	37.07±3.02 ^A
10 kg 15 dk	EP N	39.95±1.71 ^A	40.92±0.74 ^A	39.87±0.74 ^A	36.05±4.27 ^B
	EP PSE	43.18±0.67 ^A	40.10±1.17 ^A	42.30±0.71 ^A	39.75±7.20 ^A
	Hindi N	34.22±1.95 ^A	38.91±0.86 ^B	35.65±0.77 ^A	25.10±2.00 ^C
	Hindi PSE	34.58±0.70 ^A	42.75±0.31 ^B	36.51±0.74 ^C	37.07±3.02 ^C
10 kg 5 dk	EP N	37.70±3.99 ^{AB}	40.37±1.38 ^A	35.71±0.53 ^B	36.05±4.27 ^B
	EP PSE	41.99±3.21 ^A	40.00±0.78 ^A	39.75±0.54 ^A	39.75±7.20 ^A
	Hindi N	31.10±4.37 ^A	34.99±0.68 ^A	32.49±1.53 ^A	25.10±2.00 ^B
	Hindi PSE	33.10±4.38 ^A	36.06±0.89 ^A	36.35±0.71 ^A	37.07±3.02 ^A

AB Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar $P \leq 0,05$ 'te önemli ölçüde farklılık göstermektedir. N, normal; PSE, soluk, yumuşak, sulu

Kahve filtresi ve kaba filtre kağıdı karşılaştırıldığında, düşük sürelerde kahve filtre kağıdı daha yüksek su tutma kapasitesi değerleri gösterirken süre kısa tutulduğunda kaba filtre kağıdı daha yüksek değerler elde edilmiştir. Hem 5 kg hem de 10 kg'lık baskı uygulaması sonucunda tekstür analiz cihazı ile yapılan değerlere yakın değerler elde edilmiş farklılık tespit edilmemiştir. Genel olarak

değerlendirildiğinde hemen hemen tüm filtre kağıtları ile yapılan denemelerde kısa süreli (5 dk) tüm örneklerde birbirine çok yakın ve/veya farklılık göstermeyen değerler elde edilmiştir. Bu durum tekstür analiz cihazının bulunmadığı durumlarda 5 dk'lık baskı uygulanmasının daha ekonomik bir yöntem olarak karşımıza çıkarmaktadır.

Tablo 4.21. Etlik piliç ve hindi etlerinde yapılan su tutma kapasitesinin kullanılan filtre kağıtlarına göre karşılaştırılmaları (ANOVA varyans analizi)

		df (serbestlik derecesi)	Kareler Ortalaması	F	Anlamlılık değeri (p)
10 kg 60 dk	EP N	3	100.678	29.579	0.000
	EP PSE	3	71.197	9.938	0.000
	Hindi N	3	267.795	136.332	0.000
	Hindi PSE	3	63.793	25.022	0.000
10 kg 30 dk	EP N	3	36.376	9.952	0.000
	EP PSE	3	76.560	11.040	0.000
	Hindi N	3	200.864	79.325	0.000
	Hindi PSE	3	73.514	35.559	0.000
10 kg 15 dk	EP N	3	21.943	6.350	0.003
	EP PSE	3	18.551	2.594	0.076
	Hindi N	3	173.271	86.487	0.000
	Hindi PSE	3	98.187	66.816	0.000
10 kg 5 dk	EP N	3	33.140	4.199	0.015
	EP PSE	3	9.629	0.986	0.416
	Hindi N	3	89.660	12.134	0.000
	Hindi PSE	3	23.081	3.036	0.048

Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

Kullanılan farklı ağırlıkların elde edilen su tutma kapasitesi değerlerine ayrı ayrı veya ortak etkisinin belirlenmesi için faktöriyel desen General Linear Model Univariate analiz uygulanmış ve sonuçlar aşağıdaki tablolarda sunulmuştur.

Tablo 4.22. Kahve filtresi metodunda uygulanan farklı ağırlık ve sürenin etkisini belirlendiği faktöriyel desen sonuçları (General Linear Model Univariate)

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Anlamlılık Değeri (p)
Düzeltilmiş Model	5123.441 ^a	31	165.272	150.385	<0.001
Kesişme	398629.655	1	398629.655	362722.515	<0.001
Ağırlık	1577.354	7	225.336	205.039	<0.001
Süre	2873.999	3	958	871.707	<0.001
Ağırlık*Süre	672.088	21	32.004	29.121	<0.001
Hata	246.175	224	1.099		
Toplam	403999.271	256			
Düzeltilmiş Toplam	5369.616	255			

a. R Squared = .954 (Adjusted R Squared = .948)

Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

Tablo 4.23. Whatman filtre kâğıdı metodunda uygulanan farklı ağırlık ve sürenin etkisini belirlendiği faktöriyel desen sonuçları (General Linear Model Univariate)

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Anlamlılık Değeri (p)
Düzeltilmiş Model	3668.082 ^a	31	118.325	71.752	<0.001
Kesişme	429018.450	1	429018.450	260153.665	<0.001
Ağırlık	1161.203	7	165.886	100.592	<0.001
Süre	1818.739	3	606.246	367.623	<0.001
Ağırlık*Süre	688.141	21	32.769	19.871	<0.001
Hata	369.398	224	1.649		
Toplam	433055.930	256			
Düzenlenen Toplam	4037.480	255			

a. R Squared = .909 (Adjusted R Squared = .896)

Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

Tablo 4.24. Kaba filtre kâğıdı metodunda uygulanan farklı ağırlık ve sürenin etkisini belirlendiği faktöriyel desen sonuçları (General Linear Model Univariate)

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Anlamlılık Değeri (p)
Düzeltilmiş Model	4740.418 ^a	31	152.917	163.371	<0.001
Kesişme	422486.188	1	422486.188	451370.284	<0.001
Ağırlık	2053.325	7	293.332	313.386	<0.001
Süre	2376.403	3	792.134	846.290	<0.001
Ağırlık*Süre	310.690	21	14.795	15.806	<0.001
Hata	209.666	224	0.936		
Toplam	427436.272	256			
Düzenlenen Toplam	4950.084	255			

a. R Squared = .958 (Adjusted R Squared = .952)

Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

Çeşitli baskı yöntemlerinin kıyaslanmalarında Whatman 1 kağıdının çok sıkı dokulu olup suyu emme noktasında diğer kağıtlar olan kaba filtre kağıdı ve kahve filtresi kağıdına göre daha az su emme potansiyeli gözlenmiştir. Ayrıca bazı kaynaklarda numune et yerine başlangıç bitiş ağırlığı olarak filtre kağıtları seçilmiş olsa da bu yöntemin suyu az emen Whatman 1 kağıdının kullanıldığı durumlarda sorunlu olabileceği gözlenmiştir.

4.4 Kuvvet uygulanarak belirlenen (santrifüj) su tutma kapasitesi metotları

Santrifüjleme metodu ile hem merkez kaç kuvveti etkisiyle yoğunluğu daha düşük olan suyun salınımı veya örneğin tuzlu suda bekletilerek ne kadar su tuttuğuna yönelik değişimleri belirlemek amaçlı uygulan su tutma kapasitesi belirleme yöntemleridir. Her iki metotta ağırlık kaybı prensibiyle hesaplama yapılmaktadır (Aksun Tümerkan, 2022).

Tablolarda görüleceği üzere santrifüj yönteminin uygulandığı iki metotta da Etlik piliç normal ve PSE karakter gösteren örneklerde fark bulunmamıştır. Aynı örneklerde diğer metotlarda fark bulunurken bu yöntemlerde farkın belirlenememesi bu metotların uygulanması esnasında çok fazla laboratuvar pratik hatalarının olabileceğini göstermektedir.

Tablo 4.25. Etlik piliç etlerine ait santrifüj metodu ile elde edilen su tutma kapasitesi değerleri

	Kaba filtre kâğıdı + Santrifüj (%)	Tuzlu su + Santrifüj (ml)
EP N	4.79±1.39 ^a	14.56±1.12 ^a
EP PSE	4.58±1.33 ^a	13.22±2.77 ^a

*a, b: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05)

Tablo 4.26. Normal ve PSE etlik piliç etlerinde su tutma kapasitesi (santrifüj yöntemi) değerlerinin karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)

Santrifüj Metotları	t değeri	df (serbestlik derecesi)	Anlamlılık değeri (p)
Kaba filtre kâğıdı + Santrifüj	0.214	6	0.837
Tuzlu su + Santrifüj	0.961	6	0.374

Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

Aynı santrifüj metotlarının hindi etlerine uygulanması sonucunda elde edilen veriler ve karşılaştırmaları Tablo 2.27 ve 2.28’de sunulmuştur. Tablo değerlerinden anlaşılacağı üzere hem etlik piliç hem de hindi etlerinde iki metot arasında değerler birbirinden oldukça farklıdır. Buradaki temel hedefin birinde ağırlık kaybı diğerinde dışarı verdiği veya absorpladığı su miktarı olduğundan metotların birbiri ile karşılaştırmaları da güvenilir sonuç vermeyecektir.

Tablo 4.27. Hindi etlerine ait santrifüj metodu ile elde edilen su tutma kapasitesi değerleri

	Kaba filtre kâğıdı + Santrifüj (%)	Tuzlu su + Santrifüj (ml)
Hindi N	5.27±0.41 ^a	14.31±0.55 ^a
Hindi PSE	5.04±0.27 ^a	15.63±0.48 ^b

*a, b: Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar önemlidir (P<0.05)

Bu nedenle etlik piliç etlerinde olduğu gibi PSE ve normal karakter gösteren etlerin metotlar açısından karşılaştırmaları gerçekleştirilmiş ve sonuçta kaba filtre kâğıdı kullanılarak ağırlık kaybına dayalı metotta bir fark belirlenmezken tuzlu su

ile santrifüj yönteminde gruplar arası fark belirlenmiştir. PSE karakterli etlerin dışarı saldığı belirlenmiştir. Buna karşın hindi normal etlerin ise su absorpladığı söylenebilir. Ancak literatürde PSE etlerin su tutma kapasitelerinin daha yüksek olduğuna dair birçok çalışma yer almaktadır. Bu noktadan anlaşılaacağı üzere tuzlu su ve santrifüj metodunda laboratuvar pratik hata oranı daha yüksek olduğü görülebilmektedir.

Unal ve ark. (2022) sitrik asit, limon ve greyfurt ile marine ettikleri etlik piliç etlerinin tekstürel ve kalite kriterlerini incelemişler, su tutma kapasitesi olarak tüp içine yaklaşık 2 gram örnek ve filtre kağıdı koyarak 2000 rpm’de 10 dakika santrifüjlemişlerdir. Sonuçta STK’ları kontrol grubunda % 20.15; ve diğer gruplarda minimum 22.5344 ile maksimum 24.50 olarak tespit etmişlerdir. Aksun Tümerkan (2022) tütülenmiş balık etinden polisiklik aromatik hidrokarbon ve element analizi yaptığı çalışmada STK’yı tüp içinde filtre metodu ile yapmış ve 2 gram örneğı taratarak filtre kâğıdı ile tüp içinde 3000 rpm de 20 0C de 10 dakika santrifüj etmiştir. Sonuçları ilk tartım son tartım yöntemi ile analiz etmiş ve sonuçları % olarak minimum 81.45 ile maksimum 93.42 arasında tespit etmiştir. Belore ve ark. (2023) yaptıkları bir çalışmada su tutma kapasitesi ölçümü için tüp santrifüj yöntemini kullanmışlar ve bu amaçla 10 gram kıyma haline getirdikleri örnekleri tüp içine yerleştirerek 9000 x g de 40C de 25 dakika santrifüjleyerek süpernatant ölçümü ile STK’yı belirlemişlerdir. Sonuçları ise kontrol grubunda %17.07; diğer iki grupta ise sırasıyla 29.67 ile 31.20 olarak tespit etmişlerdir. Bizim sonuçlarımızda çok değişkenlik göstermiş olup diğer sonuçlar ile tutarlılık göstermemektedir. Bunun sebebi laboratuvar pratiğı ve/veya yönetmelerin tam olarak standardize edilmemiş olması olabilir.

Tablo 4.28. Normal ve PSE hindi etlerinde sızıntı kaybı değerlerinin karşılaştırılması (Bağımsız t-testi)

Santrifüj Metotları	t değeri	df (serbestlik derecesi)	Anlamlılık değeri (p)
Kaba filtre kâğıdı + Santrifüj	0.953	6	0.377
Tuzlu su + Santrifüj	-3.584	6	0.012

Df: degree of freedom (serbestlik derecesi)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada PSE’li ve normal etlik piliç ile hindi göğüs etlerinin su tutma kapasitesi metotları sürdürülebilirlik ve tutarlılık yönlerinden karşılaştırılmıştır.

Çalışma sonunda santrifüj tüp yöntemlerinin çok tutarlı sonuçlar vermediği tespit edilmiştir. Aynı şekilde damlama kaybı analizlerinin de STK analizi için çok verimli olmadığı tespit edilmiştir. Özellikle fırında pişirme kaybı, tekstür analizi ve ağırlık koyarak bekletme şeklindeki analiz sonuçlarının tutarlı ve sürdürülebilir olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Özellikle filtre kahve kâğıdı ve ağırlık koyarak yapılan analizlerin tekstür cihazı ile yapılan analizlere benzer çıkması bu analizin etlik piliç ve hindi göğüs etinde her yerde özellikle cihaz ve kimyasal bulunmasının daha zor olduğu Afrika gibi ülkelerde kolaylıkla kullanılabileceğini göstermiştir.

6. KAYNAKLAR

(Bu tez çalışmasında APA atıf sistemi kullanılmıştır.)

Aberle, E. D. (2001). *Principles of meat science*. Kendall Hunt.

Aberle, E. D., Stadelman, W. J., Zachariah, G. L., & Haugh, C. G. (1971). Impedance of Turkey Muscle: Relation to Post Mortem Metabolites and Tenderness. *Poultry Science*, 50(3), 743-746. <https://doi.org/10.3382/ps.0500743>

Aksun Tümerkan, E. T. (2022). Investigations of the Polycyclic Aromatic Hydrocarbon and Elemental Profile of Smoked Fish. *Molecules*, 27(20), 7015. <https://doi.org/10.3390/molecules27207015>

Alvarado, C. Z., & Sams, A. R. (2004). *Turkey Carcass Chilling and Protein Denaturation in the Development of Pale, Soft, and Exudative Meat*.

Anantaputra, A. G. A. (2023). The effect of lime leaf extract (*Citrus aurantifolia*) through drinking water on the chemical and physical quality of broiler meat. *Environmental and Materials*, 1(2), 65-73. <https://doi.org/10.61511/eam.v1i2.2023.147>

Anonymous. (2000). “‘Official methods of analysis’” (16th Edition). *Association of Official Analytical Chemists (AOAC)*. Washington, DC.

Apple, J. K., & Yancey, J. W. S. (2013). Water-holding capacity of meat. İçinde *The science of meat quality* (ss. 119-145). Wiley Online Library.

Aristides, L. G. A., Venancio, E. J., Alfieri, A. A., Otonel, R. A. A., Frank, W. J., & Oba, A. (2018). Carcass characteristics and meat quality of broilers fed with different levels of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product. *Poultry Science*, 97(9), 3337-3342. <https://doi.org/10.3382/ps/pey174>

Baeza, E. (2004). Measuring Quality Parameters. İçinde G. C. Mead (Ed.), *Poultry Meat Processing and Quality* (ss. 304-331). Woodhead Publishing Limited.

Barbut, S. (1997a). Occurrence of pale soft exudative meat in mature turkey hens. *British Poultry Science*, 38(1), 74-77. <https://doi.org/10.1080/00071669708417943>

Barbut, S. (1997b). Problem of pale soft exudative meat in broiler chickens. *British Poultry Science*, 38(4), 355-358. <https://doi.org/10.1080/00071669708418002>

Barbut, S. (2001). *Poultry Products Processing*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420031744>

Barbut, S. (2024). Measuring water holding capacity in poultry meat. *Poultry Science*, 103(5), 103577. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103577>

Barbut, S., Sosnicki, A. A., Lonergan, S. M., Knapp, T., Ciobanu, D. C., Gatcliffe, L. J., Huff-Lonergan, E., & Wilson, E. W. (2008a). Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science*, 79(1), 46-63. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.031>

Barbut, S., Sosnicki, A. A., Lonergan, S. M., Knapp, T., Ciobanu, D. C., Gatcliffe, L. J., Huff-Lonergan, E., & Wilson, E. W. (2008b). Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science*, 79(1), 46-63. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.031>

- Barbut, Shai. (2015). Evaluating Water/Fat Binding And Colour . İçinde *Tha Science of Poultry and Meat Processing* (C. 17, ss. 1-19). Library and Archives Canada Cataloguing in Publication.
- Belitz, H.-D., & Grosch, W. (1999). Meat. İçinde *Food Chemistry* (ss. 527-580). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-07281-3_13
- Belore, B. M., Maheswarappa, N. B., Kulkarni, V. V., Banerjee, R., Hazarika, P., Dasoju, S., Mishra, B. P., & Govindaiah, P. M. (2023). Biomarker discovery and authentication of cold-slaughtered chicken through classical analytical procedures and mass spectrometry based proteomic approaches. *British Poultry Science*, 64(5), 605-613. <https://doi.org/10.1080/00071668.2023.2239168>
- Bendall, J. R., & Swatland, H. J. (1988). A review of the relationships of pH with physical aspects of pork quality. *Meat Science*, 24(2), 85-126. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(88\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0309-1740(88)90052-6)
- Bertram, H. C., Purslow, P. P., & Andersen, H. J. (2002). Relationship between Meat Structure, Water Mobility, and Distribution: A Low-Field Nuclear Magnetic Resonance Study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(4), 824-829. <https://doi.org/10.1021/jf010738f>
- Bowker, B. (2017). Developments in Our Understanding of Water-Holding Capacity. İçinde *Poultry Quality Evaluation* (ss. 77-113). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100763-1.00004-0>
- Bowker, B. C., Swartz, D. R., Grant, A. L., & Gerrard, D. E. (2005). Myosin heavy chain isoform composition influences the susceptibility of actin-activated S1 ATPase and myofibrillar ATPase to pH inactivation. *Meat Science*, 71(2), 342-350. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.014>
- Bowker, B. C., & Zhuang, H. (2013). Relationship between muscle exudate protein composition and broiler breast meat quality. *Poultry Science*, 92(5), 1385-1392. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02806>
- Bowker, B., & Zhuang, H. (2014). Postmortem changes in the water-holding capacity of broiler breast meat. *Poultry Science*, 93(Suppl 1.), 88.
- Bowker, B., & Zhuang, H. (2015). Relationship between water-holding capacity and protein denaturation in broiler breast meat1. *Poultry Science*, 94(7), 1657-1664. <https://doi.org/10.3382/ps/pev120>
- Campo, M. D. M., Mur, L., Guerrero, A., Barahona, M., Resconi, V. C., Magalhaes, D. R., Lisbinski, E., Boito, B., Oliveira, I. M. De, & Olleta, L. (2020). Differentiating Breast Myopathies through Color and Texture Analyses in Broiler. *Foods*, 9(6), 1-12. <https://doi.org/10.3390/foods9060824>
- Channon, H. A., Payne, A. M., & Warner, R. D. (2000). Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality. *Meat Science*, 56(3), 291-299. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00056-5](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00056-5)
- Choi, J. H., Choi, Y. S., Kim, H. W., Song, D. H., & Kim, C. J. (2016). Effects of postmortem temperature on the physicochemical characteristics of prerigor Pekin duck breast muscles. *Poultry Science*, 95(3), 645-650. <https://doi.org/10.3382/ps/pev263>

- Çelen, M. F., Söğüt, B., Zorba, Ö., Demirulus, H., & Tekeli, A. (2016). Comparison of normal and PSE turkey breast meat for chemical composition, pH, color, myoglobin, and drip loss. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48(8), 441-444.
- Danowska-Oziewicz, M., Karpińska-Tymoszczyk, M., Borowski, J., Białobrzewski, I., & Zapotoczny, P. (2009). The Effect of Cooking in a Steam-convection Oven and Storage in Vacuum on the Quality of Turkey Meat. *Food Science and Technology International*, 15(4), 345-356. <https://doi.org/10.1177/1082013209346580>
- del Olmo, A., Calzada, J., Gaya, P., & Nuñez, M. (2013). Proteolysis, Texture, and Sensory Characteristics of Serrano Hams from Duroc and Large White Pigs during Dry-Curing. *Journal of Food Science*, 78(3). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12058>
- Devine, C., Wells, R., Lowe, T., & Waller, J. (2014). Pre-rigor temperature and the relationship between lamb tenderisation, free water production, bound water and dry matter. *Meat Science*, 96(1), 321-326. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.024>
- Dransfield, E., & Sosnicki, A. A. (1999). Relationship Between Muscle Growth and Poultry Meat Quality. *Poultry Science*, 78, 743-746. <https://academic.oup.com/ps/article-abstract/78/5/743/1558832/Relationship-between-muscle-growth-and-poultry>
- Duclos, M. J., Berri, C., & Le Bihan-Duval, E. (2007). *Muscle Growth and Meat Quality*.
- Fennema, O. R. (1985). Water and ice . İçinde *Food Chemistry* (ss. 17-94). Marcel Dekker Inc.
- Fennema, O. R. (1996). Water and ice. İçinde *Food Science and Technology-New York-Marcel Dekker* (ss. 17-94).
- Fraz, A., Parker, N. B., Löhr, C. V., & Cherian, G. (2023). Evaluating the impact of organic chromium with flax seed in broiler diets: effects on production performance, breast muscle pathology, and meat quality aspects. *Poultry Science*, 102(2). <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.102331>
- Gál, R., Kameník, J., Salek, R. N., Polásek, Z., Macharáčková, B., Valenta, T., Haruštiaková, D., & Vinter, Š. (2022). Research Note: Impact of applied thermal treatment on textural, and sensory properties and cooking loss of selected chicken and turkey cuts as affected by cooking technique. *Poultry Science*, 101(7), 101923. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101923>
- Gratta, F., Bošković Cabrol, M., Xiccato, G., Birolo, M., Bordignon, F., & Trocino, A. (2023). Effect of light restriction on productive results and behavior of broiler chickens. *Poultry Science*, 102(12), 103084. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.103084>
- Hamm, R. (1961). Biochemistry of meat hydration. İçinde *Advances in food research* (C. 10, ss. 355-463). Elsevier.
- Hamm, R. (1986). Functional Properties of the Myofibrillar System and Their Measurements . İçinde *Muscle as Food* (ss. 135-199). Academic Press.
- Heffron, J. J. A., & Hegarty, P. V. J. (1974). Evidence for a relationship between atp hydrolysis and changes in extracellular space and fibre diameter during rigor development in skeletal muscle. *Comp. Biochem* , 49A, 43-55.
- Honikel, K. O. (2004). Water-holding Capacity of Meat . İçinde *Muscle Development Livestock Animals* (ss. 389-400). CABI.

- Honikel, K. O. (2009). Moisture and Water-Holding Capacity. İçinde *Handbook of Muscle Food Analysis* (ss. 315-334). CRC Press. Taylor and Francis Group.
- Honikel, K. O., Kim, C. J., Hamm, R., & Roncales, P. (1986). Sarcomere shortening of prerigor muscles and its influence on drip loss. *Meat Science*, 16(4), 267-282. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(86\)90038-0](https://doi.org/10.1016/0309-1740(86)90038-0)
- Huff Lonergan, E., Zhang, W., & Lonergan, S. M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle — Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, 86(1), 184-195. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.004>
- Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71(1), 194-204. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.022>
- Hughes, J. M., Oiseth, S. K., Purslow, P. P., & Warner, R. D. (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science*, 98(3), 520-532. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.022>
- İncili, C. A., Karatepe, P., Akgöl, M., Tekin, A., İncili, G. K., & Hayaloğlu, A. A. (2023). Evaluation of homemade fermented pickle juice as a marinade: Effects on the microstructure, microbiological, physicochemical, textural properties, and sensory attributes of beef strip loin steaks. *Meat Science*, 205, 109305. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109305>
- Irving, T. C., Swatland, H. J., & Millman, B. M. (1990). Effect of pH on Myofilament Spacing in Pork Measured by X-ray Diffraction. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 23(1), 79-81. [https://doi.org/10.1016/S0315-5463\(90\)70205-2](https://doi.org/10.1016/S0315-5463(90)70205-2)
- Joo, S. T., Kauffman, R. G., Kim, B. C., & Park, G. B. (1999). The relationship of sarcoplasmic and myofibrillar protein solubility to colour and water-holding capacity in porcine longissimus muscle. *Meat Science*, 52(3), 291-297. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00005-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00005-4)
- Kaufmann, R. G. (2012). Meat Composition. İçinde *Handbook Of Meat and Meat Processing* (ss. 45-61). CRC.
- Kerr, W. L., Li, R., & Toledo, R. T. (2000). Dynamic Mechanical Analysis of Marinated Chicken Breast Meat. *Journal of Texture Studies*, 31, 421-436.
- Khan, I. A., Parker, N. B., Löhr, C. V., & Cherian, G. (2021). Docosahexaenoic acid (22:6 n-3)-rich microalgae along with methionine supplementation in broiler chickens: effects on production performance, breast muscle quality attributes, lipid profile, and incidence of white striping and myopathy. *Poultry Science*, 100(2), 865-874. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.069>
- Kırkpınar, F., & Atan, H. (2022). Kanatlı Hayvanların Beslenmesinde Sürdürülebilirlik Stratejileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 59(4), 731-742. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.1096687>
- Kinsella, J. E., Whitehead, D. M., Brady, J., & Bringe, N. A. (1989). Milk Proteins: Possible Relationships of Structure and Function. İçinde *Developments in Milk Proteins*. Elsevier.
- Kuntz, I. D., & Kauzmann, W. (1974). Hydration of proteins and polypeptides. *Advances in protein chemistry*, 28, 239-345.

- Lee, H. L., Santé-Lhoutellier, V., Vigouroux, S., Briand, Y., & Briand, M. (2008). Role of Calpains in Postmortem Proteolysis in Chicken Muscle. *Poultry Science*, 87(10), 2126-2132. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00296>
- Lee, Y. S., Owens, C. M., & Meullenet, J. F. (2008). The Meullenet-Owens Razor Shear (MORS) For Predicting Poultry Meat Tenderness : Its Applications And Optimization. *Journal Of Texture Studies*, 39, 655-672.
- Lee, Y. S., Saha, A., Xiong, R., Owens, C. M., & Meullenet, J. F. (2008). Changes in Broiler Breast Fillet Tenderness, Water-Holding Capacity, and Color Attributes during Long-Term Frozen Storage. *Journal of Food Science*, 73(4). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00734.x>
- Liu, J., Arner, A., Puolanne, E., & Ertbjerg, P. (2016). On the water-holding of myofibrils: Effect of sarcoplasmic protein denaturation. *Meat Science*, 119, 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.020>
- Mccurdy, R. D., Barbut, S., & Quinton, M. (1996). Seasonal effect on pale soft exudative (PSE) occurrence in young turkey breast meat. *Içinde Food Research International* (C. 29).
- McKee, S. R., & Sams, A. R. (1997). The effect of seasonal heat stress on rigor development and the incidence of pale, exudative turkey meat. *Poultry Science*, 76(11), 1616-1620. <https://doi.org/10.1093/ps/76.11.1616>
- McKee, S. R., & Sams, A. R. (1998). Rigor mortis development at elevated temperatures induces pale exudative turkey meat characteristics. *Poultry Science*, 77(1), 169-174.
- Melody, J. L., Lonergan, S. M., Rowe, L. J., Huiatt, T. W., Mayes, M. S., & Huff-Lonergan, E. (2004). Early postmortem biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles 1. *Içinde J. Anim. Sci* (C. 82). <http://www.journalofanimalscience.org/content/82/4/1195>
- Millman, B. M., Wakabayashi, K., & Racey, T. J. (1983). Lateral forces in the filament lattice of vertebrate striated muscle in the rigor state. *Biophysical journal*, 41(3), 259-267.
- Molette, C., Re'mignon, H. R., & Babileécole, R. (2003). Maintaining muscles at a high post-mortem temperature induces PSE-like meat in turkey. *Meat Science*, 63, 525-532. www.elsevier.com/locate/meatsci
- Monin, G., & Laborde, D. (1985). Water holding capacity of pig muscle proteins: Interaction between the myofibrillar proteins and sarcoplasmic compounds. *Sciences des aliments*, 5, 341-345.
- Offer, G. (1991). Modelling of the formation of pale, soft and exudative meat: Effects of chilling regime and rate and extent of glycolysis. *Meat Science*, 30(2), 157-184. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(91\)90005-B](https://doi.org/10.1016/0309-1740(91)90005-B)
- Offer, G., & Knight, P. (1988). The structural basis of water-holding in meat. Part I: General principles and water uptake in meat processing. *Developments in meat science*, 4.
- Owens, C. M., Hirschler, E. M., Mckee, S. R., Martinez-Dawson, R., & Sams, A. R. (2000). The Characterization and Incidence of Pale, Soft, Exudative Turkey Meat in a Commercial Plant 1. *Poultry Science*, 79, 553-558.

- Pang, B., Yu, X., Bowker, B., Zhang, J., Yang, Y., & Zhuang, H. (2021). Effect of meat temperature on moisture loss, water properties, and protein profiles of broiler pectoralis major with the woody breast condition. *Poultry Science*, 100(2), 1283-1290. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.034>
- Pearce, K. L., Rosenvold, K., Andersen, H. J., & Hopkins, D. L. (2011). Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes - A review. *Meat Science*, 89(2), 111-124. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.007>
- Petracci, M., Bianchi, M., & Cavani, C. (2009). The European perspective on pale, soft, exudative conditions in poultry. *Poultry Science*, 88(7), 1518-1523. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00508>
- Petracci, M., Laghi, L., Rocculi, P., Rimini, S., Panarese, V., Cremonini, M. A., & Cavani, C. (2012). The use of sodium bicarbonate for marination of broiler breast meat. *Poultry Science*, 91(2), 526-534. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01753>
- Pospiech, Edward., & Montowska, M. (2011). Technologies to improve water-holding capacity of meat . *Control of Meat Control*, 61-80.
- Puolanne, E., & Halonen, M. (2010a). Theoretical aspects of water-holding in meat. *Meat Science*, 86(1), 151-165. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.038>
- Rathgeber, B. M., Pato, M. D., Boles, J. A., & Shand, P. J. (1999). Rapid post-mortem glycolysis and delay chilling of turkey carcasses cause alterations to protein extractability and degradation of breast muscle proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(7), 2529-2536. <https://doi.org/10.1021/jf981272c>
- Sante-Lhoutellier, V., Bielicki, G., Renerre, M., & Lacourt, A. (1991). *Post mortem evolution in the Pectoralis superficialis muscle from two turkey breeds: Relationship between pH and colour changes*.
- Schilling, M. W., Marriott, N. G., Acton, J. C., Anderson-Cook, C., Alvarado, C. Z., & Wang, H. (2004). Utilization of response surface modeling to evaluate the effects of non-meat adjuncts and combinations of PSE and RFN pork on water holding capacity and cooked color in the production of boneless cured pork. *Meat Science*, 66(2), 371-381. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00123-2](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00123-2)
- Shakeri, M., Cottrell, J. J., Wilkinson, S., Le, H. H., Suleria, H. A. R., Warner, R. D., & Dunshea, F. R. (2020). A Dietary Sugarcane-Derived Polyphenol Mix Reduces the Negative Effects of Cyclic Heat Exposure on Growth Performance, Blood Gas Status, and Meat Quality in Broiler Chickens. *Animals*, 10(7), 1158. <https://doi.org/10.3390/ani10071158>
- Stoeva, S., Byrne, C. E., Mullen, A. M., Troy, D. J., & Voelter, W. (2000). Isolation and identification of proteolytic fragments from TCA soluble extracts of bovine M. longissimus dorsi. *Food Chemistry*, 69(4), 365-370. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00054-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00054-6)
- Straadt, I. K., Rasmussen, M., Andersen, H. J., & Bertram, H. C. (2007). Aging-induced changes in microstructure and water distribution in fresh and cooked pork in relation to water-holding capacity and cooking loss – A combined confocal laser scanning microscopy (CLSM) and low-field nuclear magnetic resonance relaxation study. *Meat Science*, 75(4), 687-695. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.09.019>

- Strasburg, G. M., & Chiang, W. (2003). Genetic basis for Pale, Soft and Exudative turkey meat. *Reciprocal Meat Conference*, 56, 17-22.
- Szmańko, T., Lesiów, T., & Górecka, J. (2021). The water-holding capacity of meat: A reference analytical method. *Food Chemistry*, 357, 129727. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129727>
- Tong, H. B., Wang, Q., Lu, J., Zou, J. M., Chang, L. L., & Fu, S. Y. (2014). Effect of free-range days on a local chicken breed: Growth performance, carcass yield, meat quality, and lymphoid organ index. *Poultry Science*, 93(8), 1883-1889. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03470>
- Unal, K., Alagöz, E., Çelik, İ., & Sariçoban, C. (2022). Marination with citric acid, lemon, and grapefruit affects the sensory, textural, and microstructure characteristics of poultry meat. *British Poultry Science*, 63(1), 31-38. <https://doi.org/10.1080/00071668.2021.1963674>
- Van Laack, R. L. J. M., & Lane, J. L. (2000). Denaturation of myofibrillar proteins from chickens as affected by pH, temperature, and adenosine triphosphate concentration. *Poultry Science*, 79(1), 105-109. <https://doi.org/10.1093/ps/79.1.105>
- Vanderstoep, J., & Richards, J. F. (1974). Post-Mortem Glycolytic and Physical Changes in Turkey Breast Muscle. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 7(2), 120-124. [https://doi.org/10.1016/S0315-5463\(74\)73876-7](https://doi.org/10.1016/S0315-5463(74)73876-7)
- Vieira, V., Marx, F. O., Bassi, L. S., Santos, M. C., Oba, A., de Oliveira, S. G., & Maiorka, A. (2021). Effect of age and different doses of dietary vitamin E on breast meat qualitative characteristics of finishing broilers. *Animal Nutrition*, 7(1), 163-167. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.08.004>
- Wang, K., & Ramirez-Mitchell, R. (1983). A network of transverse and longitudinal intermediate filaments is associated with sarcomeres of adult vertebrate skeletal muscle. *The Journal of cell biology*, 96(2), 562-570. <https://doi.org/10.1083/jcb.96.2.562>
- Warner, R. (2014). Measurement of Meat Quality I Measurements of Water-holding Capacity and Color: Objective and Subjective. İçinde *Encyclopedia of Meat Sciences* (ss. 164-171). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00210-5>
- Warner, R. D. (2023). The eating quality of meat: IV—Water holding capacity and juiciness. İçinde *Lawrie's Meat Science* (ss. 457-508). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85408-5.00008-X>
- Warner, R. D. (2024). Chemical and physical characteristics of meat—water-holding capacity. İçinde *Encyclopedia of Meat Sciences* (ss. 405-418). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85125-1.00164-2>
- Warner, R. D., Dunshea, F. R., Gutzke, D., Lau, J., & Kearney, G. (2014). Factors influencing the incidence of high rigor temperature in beef carcasses in Australia. *Animal Production Science*, 54(4), 363. <https://doi.org/10.1071/AN13455>
- Watson, R., Gee, A., Polkinghorne, R., & Porter, M. (2008). Consumer assessment of eating quality—development of protocols for Meat Standards Australia (MSA) testing. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1360-1367.
- Wicks, J. C., Bodmer, J. S., Yen, C. N., Zumbaugh, M. D., Matarneh, S. K., Scheffler, T. L., Silva, S. L., Shi, H., & Gerrard, D. E. (2022). Postmortem muscle metabolism and meat

- quality. İçinde *New Aspects of Meat Quality* (ss. 67-93). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85879-3.00006-4>
- Wilkins, L. J., Brown, S. N., Phillips, A. J., & Warriss, P. D. (2000). Variation in the colour of broiler breast fillets in the UK. *British Poultry Science*, 41(3), 308-312. <https://doi.org/10.1080/713654935>
- Winger, R. J., & Hagyard, C. J. (1994). Juiciness—its importance and some contributing factors. İçinde *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products* (ss. 94-124). Springer.
- Woelfel, R. L., Owens, C. M., Hirschler, E. M., Martinez-Dawson, R., & Sams, A. R. (2002). The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. *Poultry Science*, 81(4), 579-584. <https://doi.org/10.1093/ps/81.4.579>
- Young, J. F., Karlsson, A. H., & Henckel, P. (2004). Water-Holding Capacity in Chicken Breast Muscle is Enhanced by Pyruvate and Reduced by Creatine Supplements. *Poultry Science*, 83(3), 400-405. <https://doi.org/10.1093/ps/83.3.400>
- Yusop, S. M., O'Sullivan, M. G., Kerry, J. F., & Kerry, J. P. (2010). Effect of marinating time and low pH on marinade performance and sensory acceptability of poultry meat. *Meat Science*, 85(4), 657-663. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.03.020>
- Zhuang, H., & Savage, E. M. (2012). Postmortem aging and freezing and thawing storage enhance ability of early deboned chicken pectoralis major muscle to hold added salt water. *Poultry Science*, 91(5), 1203-1209. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01819>