



**YAĞI AZALTILMIŞ TAVUK
KÖFTELERİNDE CHİA UNU
VE κ-KARRAGENAN KULLANIMININ
FİZİKOKİMYASAL, TEKSTÜREL VE
DUYUSAL ÖZELLİKLERE ETKİLERİ**

Ali Murat KESEMEN

**Yüksek Lisans Tezi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKKÖSE
2018**

Her hakkı saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAĞI AZALTILMIŞ TAVUK KÖFTELERİNDE CHİA UNU VE
κ-KARRAGENAN KULLANIMININ FİZİKOKİMYASAL,
TEKSTÜREL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERE ETKİLERİ

Ali Murat KESEMEN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ERZURUM
2018

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

YAĞI AZALTILMIŞ TAVUK KÖFTELERİNDE CHİA UNU VE KARRAGENAN KULLANIMININ FİZİKOKİMYASAL, TEKSTÜREL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERE ETKİLERİ

Dr. Öğretim Üyesi Ahmet AKKÖSE danışmanlığında, Ali Murat KESEMEN tarafından hazırlanan bu çalışma 12/10/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak ~~oybirliği/oy çokluğu~~ (3./0.) ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Güzin KABAN

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKKÖSE

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Aybike KAMILOĞLU

İmza:

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 18/10/2018 tarih ve 41/44 nolu kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAĞI AZALTILMIŞ TAVUK KÖFTELERİNDE CHIA UNU VE κ -KARRAGENAN KULLANIMININ FİZİKOKİMYASAL, TEKSTÜREL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERE ETKİLERİ

Ali Murat KESEMEN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKKÖSE

Araştırmada, yağı azaltılmış tavuk köftelerinde chia unu ve κ -karragenan kullanımının bazı fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşsal özellikler üzerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla farklı formülasyonlara sahip tavuk köfteleri üretilmiş ve üretim aşamalarında (köfte hamuru, çözündürme sonrası, pişirme sonrası) alınan örnekler, pH, nem, a_w , TBARS ve renk (L^* , a^* , b^*) değerleri analiz edilmiştir. Ayrıca köftelerde pişirme verimi, nem tutma ve büzülme değerleri hesaplanmış, pişirme sonrasında ise duyuşsal analiz ile Tekstür Profil Analizi yapılmıştır. Yağı azaltılmış tavuk köftelerinde chia unu ve κ -karragenan kullanımının pH, nem, TBARS, renk (L^* , a^* , b^*), pişirme verimi, nem tutma ve büzülme değerleri ile duyuşsal özelliklerden tat-koku, tekstür ve genel kabul edilebilirlik üzerinde çok önemli seviyede etkili olduğu görülmüştür ($P<0,01$). Enstrümantal olarak belirlenen sertlik, kohesivlik, elastikiyet ve çignenebilirlik değerleri chia unu ve κ -karragenan kullanımından çok önemli seviyede etkilenirken ($P<0,01$), yapışkanlık değeri önemli seviyede etkilenmiştir ($P<0,05$). Üretim aşaması ile muamele \times üretim aşaması interaksyonu ise pH, nem, a_w , TBARS ve renk (L^* , a^* , b^*) değerleri üzerinde çok önemli seviyede etkili olmuştur ($P<0,01$). Elde edilen bulgulardan yağı azaltılmış tavuk köftelerinde chia unu ve κ -karragenan kullanımının mümkün olduğu kanaatine varılmıştır.

2018, 67 sayfa

Anahtar Kelimeler: tavuk köftesi, chia, κ -karragenan, TPA, sertlik

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECTS OF CHIA FLOUR AND κ -CARRAGEENAN USAGE ON PHYSICOCHEMICAL, TEXTURAL AND SENSORY PROPERTIES OF REDUCED FAT CHICKEN PATTIES

Ali Murat KESEMEN

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ahmet AKKÖSE

In this study, effects of chia flour and κ -carrageenan usage on physicochemical, textural and sensory properties of reduced fat chicken patties was investigated. For this aim, chicken patties with different formulations were produced and samples taken at the production stages (dough, after thawing, after cooking) were analyzed for pH, moisture, a_w , TBARS and color values (L^* , a^* , b^*). Also, cooking yield, moisture retention and shrinkage values of the patties were calculated, and after cooking sensory analysis and Texture Profile Analysis were conducted. It was detected that the use of chia flour and κ -carrageenan in reduced fat chicken patties was very significant on pH, moisture, TBARS, color (L^* , a^* , b^*), cooking yield, moisture retention and shrinkage values as well as taste-odor, texture and general acceptability of sensory properties ($P < 0.01$). While instrumentally determined hardness, cohesiveness, springiness and chewiness values were very significantly affected by the use of chia flour and κ -carrageenan ($P < 0.01$), adhesiveness value was significantly affected ($P < 0.05$). Production stage and treatment \times production stage interaction had a very significant effect on pH, moisture, a_w , TBARS and color (L^* , a^* , b^*) values ($P < 0.01$). It was concluded that the use of chia flour and κ -carrageenan is possible in reduced fat chicken patties.

2018, 67 pages

Keywords: chicken patty, chia, κ -carrageenan, TPA, hardness

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, yönlendirmeleri ile bilimsel gelişimime katkıda bulunan danışman Hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKKÖSE'ye teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince bilgi ve katkılarıyla desteklerini her zaman hissettiğim Sayın Prof. Dr. Mükerrerem KAYA ve Prof.Dr. Güzin KABAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Denemenin yürütülmesi, verilerin toplanması ve analizlerin yapılmasında emeği geçen başta Abdulrahman Alı Nagı MASHRAH olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma, hayatım boyunca yanımda olup benden desteğini ve sevgisini hiç esirgemeyen sevgili annem Belgin KESEMEN'e, babam Bülent KESEMEN'e, ablam Av. Hülya KESEMEN'e ve erkek kardeşim Yusuf Can KESEMEN'e en derin duygularla çok teşekkür ederim.

Ali Murat KESEMEN

Ekim, 2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL ve METOT	8
3.1. Materyal.....	8
3.2. Metot	8
3.2.1. Köfte üretimi ve örneklerin alınması.....	8
3.2.2. Fiziksel ve kimyasal analizler	9
3.2.2.a. pH değerinin belirlenmesi	9
3.2.2.b. Nem değerinin belirlenmesi	9
3.2.2.c. Su aktivitesi (a_w) değerinin belirlenmesi	9
3.2.2.d. TBARS (Tiyobarbutirik asit reaktif substans) değerinin belirlenmesi.....	10
3.2.2.e. Renk analizi	10
3.2.2.f. Pişirme verimi	11
3.2.2.g. Nem tutma	11
3.2.2.h. Büzülme.....	11
3.2.3. Duyusal analiz	12
3.2.4. Tekstür profil analizi	12
3.2.5. İstatistikî analiz.....	13
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	14
4.1. Fiziksel ve Kimyasal Analizlere Ait Sonuçlar	14
4.1.1. pH.....	14
4.1.2. Nem içeriği.....	18
4.1.3. Su aktivitesi (a_w).....	22

4.1.4. TBARS	26
4.1.5. Renk.....	30
4.1.6. Pişirme verimi	38
4.1.7. Nem tutma	41
4.1.8. Büzülme değeri.....	43
4.2. Duyusal Analiz Sonuçları.....	45
4.3. Tekstür Profil Analizi Sonuçları.....	48
4.3.1. Sertlik	48
4.3.2. Yapışkanlık.....	50
4.3.3. Kohesivlik	52
4.3.4. Elastikiyet.....	54
4.3.5. Sakızımsılık	56
4.3.6. Çiğnenebilirlik.....	58
4.3.7. Esneklik	60
5. SONUÇ	62
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	68

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	Santigrat derece
μmol	Mikromol
cm	Santimetre
g	Gram
κ	Kappa
kg	Kilogram
M	Molarite
mJ	Milijoule
ml	Mililitre
mm	Milimetre
N	Newton
nm	Nanometre
s	Saniye

Kısaltmalar

a_w	Su aktivitesi
PUFA	Çoklu doymamış yağ asitleri (Polyunsaturated fatty acids)
SD	Serbestlik derecesi
SFA	Doymuş yağ asitleri (Saturated fatty acids)
TBARS	Tiyobarbütirik asit reaktif maddeler

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Tavuk köftelerinin pH değeri üzerine muamele × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi.....	17
Şekil 4.2. Tavuk köftelerinin % nem içerikleri üzerine muamele × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi	22
Şekil 4.3. Tavuk köftelerinin a_w değeri üzerine muamele × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi.....	26
Şekil 4.4. Tavuk köftelerinin TBARS değerleri üzerine muamele × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi	30
Şekil 4.5. Tavuk köftelerinin L^* değeri üzerine muamele × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi.....	37
Şekil 4.6. Tavuk köftelerinin a^* değeri üzerine muamele × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi.....	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Köfte hamurunda kullanılan sığır et yağı, chia unu, κ -karragenan ve galeta unu oranları	8
Çizelge 3.2. Duyusal değerlendirme panelist formu.....	12
Çizelge 4.1. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen pH değerleri	14
Çizelge 4.2. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	15
Çizelge 4.3. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	16
Çizelge 4.4. Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	17
Çizelge 4.5. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen % nem değerleri	18
Çizelge 4.6. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen % nem değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	19
Çizelge 4.7. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinin % nem içeriklerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	20
Çizelge 4.8. Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen % nem içeriklerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	21
Çizelge 4.9. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen a_w değerleri	23
Çizelge 4.10. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen a_w değerlerine ait varyans analiz sonuçları	24

Çizelge 4.11. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen a_w değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	24
Çizelge 4.12. Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen a_w değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	25
Çizelge 4.13 Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen TBARS değerleri	27
Çizelge 4.14. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	28
Çizelge 4.15. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	29
Çizelge 4.16. Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	29
Çizelge 4.17. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen L^* , a^* ve b^* değerleri.....	31
Çizelge 4.18. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen L^* değerine ait varyans analiz sonuçları.....	34
Çizelge 4.19. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen a^* değerine ait varyans analiz sonuçları	34
Çizelge 4.20. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen b^* değerine ait varyans analiz sonuçları	34
Çizelge 4.21. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen L , a^* ve b^* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	35
Çizelge 4.22. Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen L^* , a^* ve b^* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	36

Çizelge 4.23. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen pişirme verimi değerleri	39
Çizelge 4.24. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen pişirme verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	39
Çizelge 4.25. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen pişirme verimi değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	40
Çizelge 4.26. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen nem tutma değerleri.....	41
Çizelge 4.27. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen pişirme verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	42
Çizelge 4.28. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen nem tutma değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	42
Çizelge 4.29. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen büzülme değerleri	43
Çizelge 4.30. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen büzülme değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	44
Çizelge 4.31. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen büzülme değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	44
Çizelge 4.32. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen duyuşal özelliklere ait değerler.....	45
Çizelge 4.33. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen duyuşal analiz değerlerine ait varyans analiz sonuçları	46
Çizelge 4.34. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen duyuşal analiz değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	47
Çizelge 4.35. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sertlik değerleri	48
Çizelge 4.36. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları	49

Çizelge 4.37. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sertlik değerlerine ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	50
Çizelge 4.38. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen yapışkanlık değerleri	51
Çizelge 4.39. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen yapışkanlık değerlerine ait varyans analiz sonuçları	51
Çizelge 4.40. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen yapışkanlık değerlerine ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	52
Çizelge 4.41. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen kohesivlik değerleri	53
Çizelge 4.42. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen kohesivlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	53
Çizelge 4.43. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen kohesivlik değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	54
Çizelge 4.44. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen elastikiyet değerleri	55
Çizelge 4.45. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen elastikiyet değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	55
Çizelge 4.46. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen elastikiyet değerlerine ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	56
Çizelge 4.47. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sakızimsılık değerlerine ait değerler.....	57
Çizelge 4.48. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sakızimsılık değerlerine ait varyans analiz sonuçları	57
Çizelge 4.49. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sakızimsılık değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	58

Çizelge 4.50. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen çiğnenebilirlik değerleri	58
Çizelge 4.51. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen çiğnenebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları	59
Çizelge 4.52. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen çiğnenebilirlik değerlerine ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	60
Çizelge 4.53. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen esneklik değerleri	60
Çizelge 4.54. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen esneklik değerlerine ait varyans analiz sonuçları	61
Çizelge 4.55. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen esneklik değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları	61

1. GİRİŞ

Tavuk eti ürünleri, fiyatının uygun olması, herhangi bir dinsel/kültürel kısıtlamanın olmayışı ve beğenilen lezzeti nedeniyle yaygın olarak üretilmekte ve beğenilerek tüketilmektedir (Ferreira *et al.* 2017). Bu ürünlerden birisi olan tavuk köftesi esasen kıyma haline getirilmiş tavuk eti ile hayvansal yağın farklı baharat ve katkı maddeleri ilave edilerek yoğrulması ve ardından elde edilen köfte hamurunun belirli porsiyonlarda şekillendirilmesiyle elde edilen bir üründür. Bununla birlikte diğer birçok ileri işlenmiş et ürününde olduğu gibi tavuk köftesi de yüksek oranda hayvansal yağ içermekte ve bu durum sağlık açısından bazı riskleri de beraberinde getirmektedir. Nitekim yüksek düzeyde doymuş yağ asidi ve kolesterol içeren hayvansal yağ alımının obezite, hipertansiyon, kardiyovasküler hastalıklar ve koroner kalp hastalığına yol açtığı bildirilmekte ve tüketicilerin hayvansal yağ alımını azaltmaları tavsiye edilmektedir (Choi *et al.* 2016; Ding *et al.* 2018). Böylece yağı azaltılmış et ürünlerine olan ilgi de günden güne artmaktadır. Diğer yandan, yağ önemli bir enerji kaynağıdır ve yağda çözünen vitaminlerin de taşıyıcısıdır. Ayrıca et ürünlerindeki hayvansal yağlar, duyuşal ve yapısal özellikler üzerinde de oldukça etkilidir. Bu nedenle, et ürünlerindeki hayvansal yağları bu yararlı etkileri koruyacak düzeyde en aza indirmek önemlidir (Ulu 2006; Choi *et al.* 2016).

Son yıllarda, fonksiyonel gıdalar için yapılan araştırmalar gıda şirketleri tarafından geniş çapta takip edilmektedir. Tüketiciler sadece beslenme ihtiyacını karşılamak için değil, aynı zamanda beslenme ile ilgili hastalıkları önlemek ve fiziksel/zihinsel sağlığı iyileştirmek için de gerekli besinleri sağlayan gıdalar talep etmektedirler. Böylece beslenme ve sağlık arasında yakın bir ilişki kurulmuş ve içeriği daha sağlıklı olduğu düşünülen fonksiyonel gıdalar teknolojik olarak geliştirilmeye başlanmıştır (Niva 2007). Bu kapsamda, çeşitli gıdaların üretiminde chia tohumunun kullanımı daha sağlıklı gıdaların geliştirilmesi için önemli bir potansiyel sunmaktadır (Pintado *et al.* 2016; Ullah *et al.* 2016).

Labiatae ailesine ait yazlık ve tek yıllık otsu bir bitki olan chia (*S. hispanica* L.), 2009 yılında Avrupa Gıda Güvenliği Kurumu tarafından yeni gıda olarak sınıflandırılmıştır (Munoz *et al.* 2013; Ullah *et al.* 2016). Son yıllarda ise bileşimi nedeniyle fonksiyonel bir gıda olarak kabul edilen chia tohumu, yeniden formüle edilmiş et ürünleri için önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Chia tohumu %25-41 oranında karbonhidrat, %20-22 oranında protein, %30-35 oranında yağ ve %4-6 oranında kül içermektedir (European Union (EU), 2013). Ayrıca, %18-41 arasında değişen oldukça yüksek bir diyet lifi içeriği de söz konusudur (Reyes- Caudillo *et al.* 2008; EU 2013). Diğer yandan chia tohumu gluten içermemekte ve antioksidan özellik gösteren biyolojik olarak aktif bileşenlere sahiptir (Munoz *et al.* 2013).

Chia tohumu doymamış yağ asitlerini yüksek oranda içermektedir. Doğal bir omega-3 yağ asidi kaynağı olan chia, esansiyel yağ asitlerinden α -linolenik asit bakımından oldukça zengindir (Munoz *et al.* 2013; Yurt ve Gezer 2018). Ayrıca chia tohumunun diğer bir önemli özelliği de yüksek orandaki diyet lifi içeriğidir (Ullah *et al.* 2016). Lif tüketimi sindirim sisteminin işleyişini iyileştirmekte ve aynı zamanda kolon kanseri ve kabızlığın önlenmesine de katkıda bulunmaktadır. Et ürünlerinde kullanılan diyet lifinin sağlık üzerine olan bu yararlı etkilerinin yanı sıra, ürünün fonksiyonel ve teknolojik özellikleri üzerinde de etkileri söz konusudur. Diyet lifi et ürünlerinde su tutma, jelleşme ve yapı oluşturma gibi çeşitli teknolojik özelliklere sahiptir ve aynı zamanda yağ ikame maddesi olarak da kullanılabilir (Choi *et al.* 2015; Barros *et al.* 2018; Yadav *et al.* 2018).

Hidrokolloidler uzun zincirli polimerler olup su içinde dağılarak veya yayılarak kıvamlaştırıcı etki gösterirler. Bu sınıf ingredientler genellikle tekstür oluşturma kabiliyetleri için kullanılmaktadır (Lee 2000; Fiszman and Salvador 2003). Bu polimerlerden biri olan karragenan, yenilebilir kırmızı yosunlardan elde edilen doğal bir karbonhidrattır. Karragenanın kappa (κ), iota (ι) ve lambda (λ) olmak üzere üç farklı çeşidi vardır ve bunların özelliklerini etkileyen temel fark, tekrar eden galaktoz birimlerindeki ester sülfat gruplarının sayısı ve konumudur (Hsu and Chung 2001). Bununla birlikte κ -karragenan, gıda sanayinde en fazla kullanılan karragenan

çeşididir (Salman 2010). Karragenan, et ürünlerinde tekstürü geliştirmek ve pişirme kayıplarını önlemek için kullanılabilir. Ayrıca yağ seviyesi azaltılmış et ürünlerinde yağın bazı özelliklerinin yerine geçmesi amacıyla da karragenan kullanımı söz konusudur (Sharma and Hissaria 2005; Yasin *et al.* 2016).

Tüketicilerin beslenme ve sağlık konularına olan ilgisi, gıda endüstrisinin diğer dallarında olduğu gibi tavuk eti endüstrisini de fonksiyonel ürünlerin üretimine doğru yöneltmiştir. Bu amaçla mevcut bu çalışmada belirli oranlarda yağı azaltılmış tavuk köftesinde chia unu ve κ -karragenan kullanımının bazı fizikokimyasal, tekstürel ve duyu özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Hsu and Chung (2001) tarafından yapılan bir araştırmada farklı oranlarda κ -karragenan, tuz, fosfat ve yağ kullanımının düşük yağlı emülsifiye köftelerin (Kung-wan) bazı kalite özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Köftelere κ -karragenan ilavesinin, pişirme verimi, sertlik, yapışkanlık, çiğnenebilirlik, sakızimsılık ve viskozite değerlerini önemli ölçüde etkilediği rapor edilmiştir. Ayrıca %2 oranında κ -karragenan ilavesiyle hazırlanan köftelerin daha kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir.

Ulu (2006), yağı azaltılmış köftelere karragenan veya guar gam ilavesinin pişirme karakteristikleri ile tekstürel özellikler üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırmada köftelerin yağ oranının %25'ten %10'a düşürülmesinin pişirme verimini artırdığı ve düşük yağlı köftelere artan oranlarda karragenan ilavesinin pişirme sonrası guar gam kullanımına göre tekstürel özellikler üzerinde daha etkili olduğu bildirilmiştir.

Yağı azaltılmış köftelere farklı oranlarda yulaf unu ve karragenan ilavesinin bazı kalite özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği bir araştırmada, yulaf unu ve karragenan ilavesinin köftelerde daha yüksek nem tutma ve pişirme verimi sağladığı tespit edilmiş, köfte formülasyonuna ilave edilen karragenan seviyesi arttıkça sertlik değerinin azaldığı, yapışkanlık değerinin ise arttığı bildirilmiştir. Araştırmada, fizikokimyasal ve duyuşal özellikler açısından köftelere %8,0 oranında yulaf unu ile %0,5 oranında karragenan ilavesinin daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır (Modi *et al.* 2009).

Choi *et al.* (2015) tavuk köftesine *Algelica keiskei Koidz* bitkisinden elde edilen diyet lifi ilavesinin kimyasal bileşim, pişirme karakteristikleri ve duyuşal özellikler üzerine etkilerini incelemiştir. Diyet lifli ilave edilen tavuk köftelerinin kontrol numunesine göre daha yüksek nem, kül ve sarılık değerine sahip olduğu, diğer yandan kontrol örneklerinde daha yüksek enerji değeri, pişirme kaybı, boyutsal küçülme, parlaklık, kırmızılık, sertlik, kohesivlik, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik

değerlerinin elde edildiği bildirilmiştir. Duyusal açıdan %1 ve %2 diyet lifi içeren tavuk köftelerinin genel kabul edilebilirliğinin daha yüksek olduğu, tüm değerlendirmeler dikkate alındığında ise tavuk köftelerine %2 oranında diyet lifi ilavesinin kalite özelliklerini geliştirdiği rapor edilmiştir.

Choi *et al.* (2016) tarafından yapılan bir araştırmada yağı azaltılmış tavuk köftelerinde domuz yağı yerine filizlenmiş buğday lifi kullanımının bileşim, enerji değeri, pH, renk, pişirme kaybı, kesme kuvveti ve duyusal özellikler üzerine etkileri incelenmiştir. Filizlenmiş buğday lifi kullanılarak hazırlanan yağı azaltılmış tavuk köftelerinin nem miktarı, kül içeriği ve sarılık değerlerinin kontrol grubundan daha yüksek, yağ içeriği, kalori miktarı ve pH değerini ise daha düşük olduğu gözlenmiştir. Yağı azaltılmış tavuk köftelerinde kullanılan yağ ve lif miktarı artıkaç pişirme kaybı ve boyutsal küçülme değerlerinin azaldığı, bununla birlikte kontrol numunesinin daha yüksek renk ve duyusal özellik değerlerine sahip olduğu rapor edilmiştir. Araştırmada yağı azaltılmış tavuk köftelerinde %15 yağ ile %2 lif kullanımının kalite özelliklerini geliştireceği sonucuna varılmıştır.

Pintado *et al.* (2016) tarafından yapılan bir araştırmada chia unu ve zeytinyağı kullanılarak üretilen düşük yağlı frankfurterlerin besin değeri ile teknolojik ve duyusal özellikleri incelenmiştir. Chia ilavesinin örneklerin diyet lifi ve mineral madde içeriğinin yanı sıra α -linolenik asit miktarını artırdığı, ayrıca chia ve zeytinyağı ilave edilmiş örneklerde daha düşük enerji değerinin belirlendiği bildirilmiştir. Araştırmada düşük yağlı frankfurter üretiminde beslenme ve sağlık açısından chia unu kullanımının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Balık etinden üretilen burgerlere chia unu ilavesinin bazı kalite özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği bir araştırmada, chia unu ilave edilen burgerlerde daha yüksek pişirme verimi ile nem ve yağ tutma değerlerinin elde edildiği, ayrıca n-3 yağ asidi içeriğinde artış olduğu rapor edilmiştir. Araştırma sonunda daha sağlıklı balık eti ürünlerinin elde edilmesinde chia unu kullanımının mümkün olduğu kanaatine varılmıştır (Riernersman *et al.* 2016).

Santillan-Alvarez *et al.* (2017) tarafından sazan balığı etine chia unu ilavesinin fizikokimyasal ve duyuşal özellikler üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, chia unu ilavesiyle hazırlanan sazan balığı etinin kontrol grubuna göre daha yüksek besin değeri (daha yüksek lif ve protein içeriği) ve daha iyi pişirme özellikleri (daha yüksek pişirme verimi ve nem tutma) gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca chia unu ilavesinin örneklerin a* ve b* değerini artırdığı, L* değerini ise düşürdüğü tespit edilmiştir. Örneklerin sertlik değeri chia unu ilavesiyle artış göstermiş, bununla birlikte duyuşal açıdan %4 veya %8 chia unu ile hazırlanan örnekler için kontrol grubuna benzer sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir.

Heck *et al.* (2017) tarafından yapılan bir çalışmada burger üretiminde hayvansal yağ yerine chia veya keten tohumu yağı kullanımının bazı kalite özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Burgerlerin sertlik değerleri ile pişirme kaybı ve yağ tutma gibi önemli teknolojik özelliklerinin chia veya keten tohumu yağı ilavesiyle değışmediği, bununla birlikte bu örneklerde sağlık açısından daha uygun PUFA/SFA ve n-6/n-3 oranlarının tespit edildiği bildirilmiştir. Araştırmada chia yağı kullanılan burgerlerde diğer gruplara kıyasla daha yüksek lipit oksidasyonu ve daha düşük duyuşal puanların elde edildiği de rapor edilmiştir.

Ding *et al.* (2018) tarafından yapılan bir çalışmada chia tohumunun bileşimi ve jambon benzeri et ürünlerindeki kullanım imkanları araştırılmıştır. Chia tohumunun yüksek miktarda α -linolenik asit ve polisakkaritler ile esansiyel amino asitler, mineraller ve polifenoller içerdiği tespit edilmiştir. Araştırmada jambon benzeri et ürünlerine chia unu ve karragenan ilavesinin üretim verimini artırdığı ve emülsifikasyona yardımcı olduğu belirlenmiş, bununla birlikte duyuşal manada genel kabul edilebilirlik açısından %1 chia ile %0,5 karragenan kullanımının daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca sağlıklı ve kaliteli ürünlerin geliştirilmesinde chia tohumunun kullanılabilereği ifade edilmiştir.

Tavuk nugget üretiminde sağlık açısından daha uygun bir ürün elde etmek için tavuk derisi yerine chia ununun kullanıldığı bir çalışmada, chia unu kullanımının çoklu

doymamış yağ asidi miktarını (α -linolenik asit dahil) ve diyet lifi içeriğini artırdığı, bununla birlikte nem içeriği ve su aktivitesi ile doymuş ve tekli doymamış yağ asidi miktarını ise azalttığı tespit edilmiştir. Protein, yağ ve kül içeriği ile pişirme veriminin chia unu ilavesinden etkilenmediği, diğer yandan %10 chia unu içeren tavuk nuggetların duyuşal açıdan panelistler tarafından kabul edilebilir bulunduğu bildirilmiştir (Barros *et al.* 2018).



3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Araştırmada materyal olarak kullanılan tavuk göğüs eti Beypiliç firmasından, sığır et yağı, sarımsak, soğan, yumurta ve baharat ise Erzurum piyasasından temin edilmiştir. Askorbik asit (Sigma-Aldrich), κ-karragenan (İncom A.Ş. Mersin) ve chia unu (Ayışığı Organik İstanbul) üretimde kullanılan diğer materyallerdir.

3.2. Metot

3.2.1. Köfte üretimi ve örneklerin alınması

Araştırmada beş farklı grup köfte üretimi gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubu köfte hamuru %70 tavuk göğüs eti, %12 sığır et yağı, %6 soğan, %0,3 sarımsak, %1,4 tuz, %0,2 kırmızı toz acı biber, %0,65 kırmızı toz tatlı biber, %0,3 askorbik asit , %0,05 kekik, %0,2 karabiber, %0,4 kimyon, %2,5 yumurta ve %6 galeta unu kullanılarak hazırlanmıştır. Diğer gruplarda ise sığır et yağı ve galeta unu oranı azaltılarak yerine chia unu ve κ-karragenan Çizelge 3.1’de verilen oranlarda kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Köfte hamurunda kullanılan sığır et yağı, chia unu, κ-karragenan ve galeta unu oranları

Grup	Sığır et yağı (%)	Chia unu (%)	κ-karragenan (%)	Galeta unu (%)
A1 (Kontrol)	12	0	0	6
A2	10	2	0	6
A3	10	2	1	5
A4	8	4	0	6
A5	8	4	1	5

Hazırlanan köfte hamurları iyice yoğrularak homojen hale getirilmiştir. Daha sonra hazır bir kalıp (7cm çap ve 1 cm kalınlık) yardımıyla şekil verilen köfteler buzdolabında bir gece dinlendirilmiş, ardından -18°C 'de dondurulmuştur. Dondurulmuş köfteler $+4^{\circ}\text{C}$ 'de 18 saat süreyle çözündürüldükten sonra her bir yüzeyi 4 dakika olacak şekilde toplamda 8 dakika süreyle 200°C 'de pişirilmiştir. Pişirme işlemi, bir ısıtıcı plaka üzerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekleme işlemi üretim prosesi boyunca farklı kademelerde (köfte hamurunda, çözündürme sonrasında ve pişirme sonrasında) gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte Tekstür Profil Analizi (TPA) ve duyu analizi sadece pişirme sonrasında yapılmıştır.

3.2.2. Fiziksel ve kimyasal analizler

3.2.2.a. pH değerinin belirlenmesi

Örneklerin pH değerlerinin belirlenmesinde tampon çözeltilerle (pH 4 ve 7 tampon) kalibre edilmiş bir pH-metre cihazı (Crison Instruments, S.A.) kullanılmıştır. Saplamalı ölçüm probu kullanılarak örneklerin pH değerleri ölçülmüştür.

3.2.2.b. Nem değerinin belirlenmesi

Yaklaşık 10g örnek, kurutulmuş ve darası alınmış alüminyum kurutma kaplarına tartılmış ve $100-102^{\circ}\text{C}$ 'deki kurutma dolabında sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Meydana gelen ağırlık kaybından örneklerdeki nem miktarı % olarak hesaplanmıştır (AOAC 2005).

3.2.2.c. Su aktivitesi (a_w) değerinin belirlenmesi

Örneklerin a_w değerlerinin belirlenmesinde su aktivitesi cihazı (Novasina, TH-500 a_w Sprint) kullanılmıştır. Cihaz kullanılmadan önce 6 farklı tuz çözeltisi ile 25°C 'de

kalibre edilmiştir. Ölçüm için örnekler özel plastik kaplara konularak cihazın ölçme kabineye yerleştirilmiş ve 25°C’de a_w değerleri belirlenmiştir.

3.2.2.d. TBARS (Tiyobarbutirik asit reaktif substans) değerinin belirlenmesi

TBARS tayini Lemon (1975) tarafından verilen yöntem esas alınarak gerçekleştirilmiş ve TBARS değerleri $\mu\text{mol MDA/kg}$ örnek olarak verilmiştir. Analizin yapılmasında önce 2g örnek tartılmış, ardından üzerine 12 ml TCA çözeltisi (%7,5 TCA, %0,1 EDTA ve %0,1 propil gallat (3ml etanolde çözündürülmüş)) ilave edilerek Ultra-Turrax (IKA T 25, Germany) ile 15-20s homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenizat Whatman 1 filtre kâğıdından süzölmüş ve süzöntüden deney tüplerine 3 ml alınarak üzerine 3ml 0,02 M TBA çözeltisi ilave edilmiştir. Deney tüpleri önce 40 dakika kaynayan su banyosunda bekletilmiş, ardından çıkarılarak soğuk su banyosunda oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur. Bu işlemde sonra spektrofotometrede (Thermo Electron Comporation, Aquamate, England) 532 nm’de köre karşı absorbans okunmuştur. Elde edilen absorbans değerinden ve TEP (1,1,3,3, tetraethoxypropane) standardı kullanılarak belirlenen standart küreden faydalanılarak TBA değeri aşağıdaki formöl esas alınarak hesaplanmıştır.

$$TBARS\ Değeri(\mu\text{molMDA/kg}) = \frac{\left(\frac{\text{Absorbans}}{\text{Standart}(0,05)} \times 2\right) \times 6,8}{\text{Örnek Ağırlığı (g)}}$$

3.2.2.e. Renk analizi

Örneklerin renk yoğunlukları, üç boyutlu renk ölçümünü esas alan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (Commision Internationale de I’e Clairage) tarafından verilen kriterlere göre belirlenmiştir. Üretim aşamaları boyunca alınan örneklerin dış yüzeylerinde Minolta (CR-200, Minolta Co, Osaka, Japan) kolorimetre cihazı kullanılarak renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) tespit edilmiştir. Buna göre; L^* : $L^*=0$, siyah,

$L^*=100$, beyaz; a^* : $+a^*$ =kırmızı, $-a^*$ =yeşil ve b^* : $+b^*$ =sarı, $-b^*$ =mavi renk yoğunluklarını göstermektedir.

3.2.2.f. Pişirme verimi

Köfteler pişirme işlemi öncesi ve sonrasında tartılmış, ardından aşağıda verilen formüle göre pişirme verimi hesaplanmıştır (Murphy *et al.* 1975).

$$Pişirme\ verimi(\%) = \frac{Pişirme\ sonrası\ köfte\ ağırlığı\ (g)}{Pişirme\ öncesi\ köfte\ ağırlığı\ (g)} \times 100$$

3.2.2.g. Nem tutma

Köfte örneklerinin nem tutma değerleri aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenmiştir (AOAC 2007).

$$Nem\ Tutma\ (\%) = \frac{pişmiş\ ağırlık \times pişmiş\ köftedeki\ nem(\%)}{pişmemiş\ ağırlık \times pişmemiş\ köftedeki\ nem(\%)} \times 100$$

3.2.2.h. Büzülme

Pişirme öncesi ve sonrasında ölçülen köfte boyutları (kalınlık ve çap) kullanılarak büzülme değeri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (El-Magoli *et al.* 1996).

$$Büzülme\ (\%) = \frac{(pişmemiş\ kalınlık - pişmiş\ kalınlık) + (pişmemiş\ çap - pişmiş\ çap)}{(pişmemiş\ kalınlık + pişmemiş\ çap)}$$

3.2.3. Duyusal analiz

Köftelerin duyusal analizleri duyusal puanlama testi (1-5) kullanılarak 10 panelist tarafından gerçekleştirilmiştir. Köfte örnekleri panelistlere 10 örnek içeren iki grup halinde sunulmuştur. Duyusal analizlere ait panel formu Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Duyusal değerlendirme panelist formu

Duyusal Değerlendirme Formu					
Örnek No:					
	<u>Çok iyi</u>	<u>İyi</u>	<u>Orta</u>	<u>Kötü</u>	<u>Çok kötü</u>
Görünüş	5	4	3	2	1
Renk	<u>Çok iyi</u>	<u>İyi</u>	<u>Orta</u>	<u>Kötü</u>	<u>Çok kötü</u>
	5	4	3	2	1
Tat ve koku	<u>Çok iyi</u>	<u>İyi</u>	<u>Orta</u>	<u>Kötü</u>	<u>Çok kötü</u>
	5	4	3	2	1
Tekstür	<u>Çok iyi</u>	<u>İyi</u>	<u>Orta</u>	<u>Kötü</u>	<u>Çok kötü</u>
	5	4	3	2	1
Genel kabul edilebilirlik	5	4	3	2	1
Belirtmek istediğiniz hususları yazınız:					

3.2.4. Tekstür profil analizi

Tavuk köftelerinin tekstür profil analizi, tekstür analiz cihazı (CT3, Brookfield Engineering Laboratories, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Köftelerden çıkarılan silindirik boyutlu (20mm çap ve 10mm yükseklik) örnekler 50 mm’lik silindirik prob kullanılarak iki sıkıştırma çevrimi ile oda sıcaklığında TPA analizine

tabi tutulmuştur. İşlem şartları; ön test hızı 1 mm/s, test hızı ve test sonrası hızı 2 mm/s, birinci ve ikinci sıkıştırma arası 5s ve sıkıştırma oranı %50 olacak şekilde ayarlanmıştır. Böylece tavuk köftesi örnekleri için elde edilen kuvvet-zaman eğrilerinden tekstürel parametreler olan: sertlik (hardness), yapışkanlık (adhesiveness), kohesivlik (cohesiveness), elastikiyet (springeness), çiğnenebilirlik (chewiness), sakızimsılık (gumminess) ve esneklik (resilience) değerleri hesaplanmıştır (Bourne 1978).

3.2.5. İstatistiki analiz

Araştırma şansa bağlı tam bloklar deneme planına göre kurulmuş ve yürütülmüştür. Analizler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar IBM SPSS Statistics 20 paket program kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiki açıdan önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Fiziksel ve Kimyasal Analizlere Ait Sonuçlar

4.1.1. pH

Et kalitesi üzerinde belirleyici bir faktör olan pH değeri, renk ve su tutma kapasitesi gibi fiziksel özellikleri etkilemesinin yanı sıra mikrobiyolojik açıdan da önemli bir parametredir. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen pH değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Köfte hamurunda 5,36-5,48 arasında bulunan pH değerinin, çözündürme sonrasında 5,37-5,50, pişirme sonrasında ise 5,62-5,79 değerleri arasında değiştiği gözlenmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen pH değerleri

Muamele	Blok	Üretim Aşamaları		
		Köfte Hamuru	Çözündürme Sonrası	Pişirme Sonrası
A1	1	5,46	5,41	5,74
		5,48	5,43	5,74
		5,46	5,42	5,73
	2	5,36	5,39	5,79
		5,36	5,42	5,78
		5,37	5,37	5,79
A2	1	5,43	5,43	5,70
		5,44	5,41	5,69
		5,44	5,40	5,69
	2	5,37	5,38	5,76
		5,37	5,42	5,75
		5,37	5,38	5,75
A3	1	5,46	5,50	5,71
		5,46	5,48	5,68
		5,47	5,48	5,68
	2	5,40	5,41	5,78
		5,41	5,43	5,78

Çizelge 4.1. (devam)

		5,40	5,43	5,78
A4	1	5,43	5,39	5,63
		5,43	5,40	5,63
		5,42	5,40	5,62
	2	5,40	5,39	5,75
		5,39	5,39	5,75
		5,39	5,37	5,74
A5	1	5,46	5,47	5,67
		5,46	5,49	5,68
		5,46	5,49	5,66
	2	5,40	5,40	5,75
		5,39	5,40	5,76
		5,40	5,41	5,75

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Buna göre, muamele, üretim aşaması ve muamele × üretim aşaması etkisi pH değeri üzerinde çok önemli seviyede etki göstermiştir ($P < 0,01$).

Çizelge 4.2. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele (M)	4	0,006	55,011**
Üretim Aşaması (ÜA)	2	0,929	8992,785**
Blok	1	0,002	15,527**
M×ÜA	8	0,002	22,14**
Hata	60	0	
Total	90	—	

** $P < 0,01$

Çizelge 4.3’de farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. Buna göre tüm gruplar için belirlenen ortalama değerler istatistiki manada birbirinden farklılık göstermiş ve en düşük ortalama pH değeri A4 grubunda elde

edilmişken en yüksek değer A3 grubunda belirlenmiştir ($P<0,05$). Bu araştırmada yağı azaltılmış tavuk köftelerinde chia unu kullanımının kontrol grubuna göre pH değerini düşürdüğünü, κ -karragenan ilavesinin ise pH değerini artırıcı yönde etki gösterdiğini söyleyebilmek mümkündür. Nitekim Choi *et al.* (2016) yağı azaltılmış tavuk köftelerine farklı oranlarda diyet lifi ilavesinin, Guedes-Oliveira *et al.* (2016) ise kaju lifi ilavesinin pH değerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Tavuk köftesi üzerine yapılan diğer bazı araştırmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Choi *et al.* 2015; Kılınççeker and Kurt 2018). Diğer yandan Modi *et al.* (2009) tarafından yapılan bir araştırmada ise koyun etinden üretilen köftelere farklı oranlarda κ -karragenan ilavesinin pH değeri üzerinde etkili olmadığı bildirilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	pH
A1	5,53±0,17 ^c
A2	5,51±0,16 ^b
A3	5,54±0,15 ^d
A4	5,50±0,14 ^a
A5	5,53±0,14 ^c

^{a-d}.Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$)

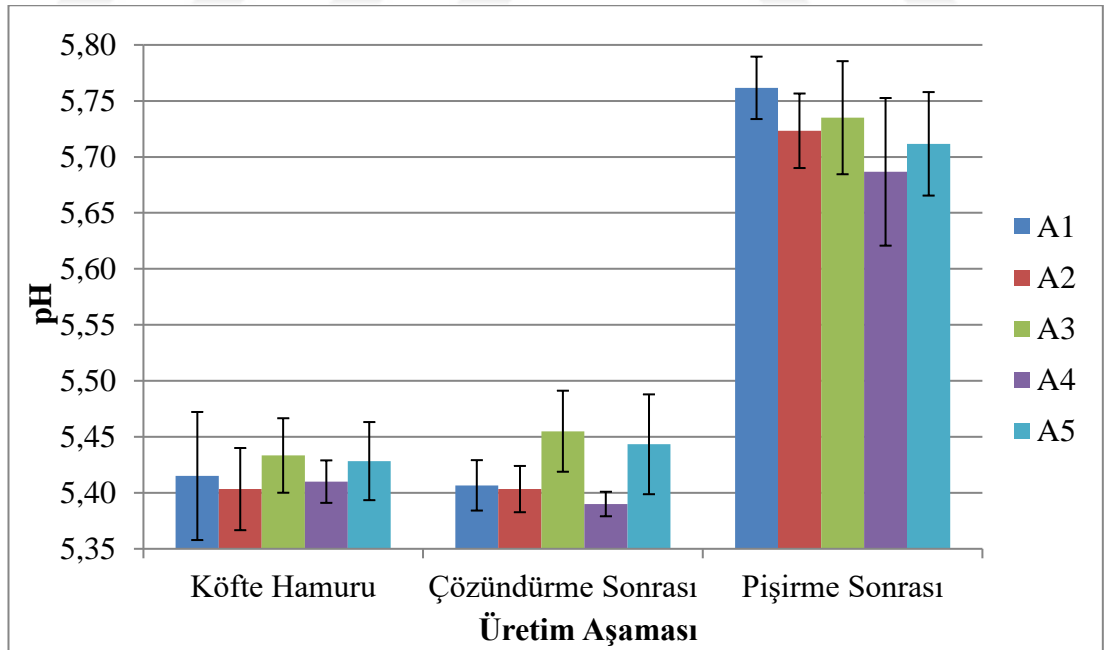
Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Köfte hamurunda ve çözüldürme sonrasında belirlenen ortalama pH değerleri istatistiki açıdan farklılık göstermezken ($P>0,05$), pişirme sonrasında daha yüksek bir ortalama pH değeri tespit edilmiştir ($P<0,05$). pH değerindeki artışın pişirme işlemi esnasında meydana gelen protein denatürasyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Choi *et al.* (2015) diyet lifi ilave edilerek üretilen tavuk köftelerinde pişirme sonrasında daha yüksek pH değerlerinin elde edildiğini bildirmişlerdir. Benzer bir diğer sonuç Modi *et al.* (2009) tarafından κ -karragenan ilave edilmiş koyun eti köftelerinde de belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Üretim Aşaması	pH
Köfte hamuru	5,42±0,04 ^a
Çözündürme sonrası	5,42±0,04 ^a
Piştirme sonrası	5,72±0,05 ^b

^{a-b}:Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Tavuk köftelerinin pH değeri üzerine muamele × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere köfte hamurunda ve çözündürme sonrasında A3 ve A5 gruplarında daha yüksek pH değerleri elde edilmişken, piştirme sonrasında en yüksek pH değeri A1 (kontrol) grubu için belirlenmiştir. Bu durumun κ -karragenan ilave edilen grupların daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olmasından ve kontrol grubunun diğer gruplara göre daha yüksek oranda yağ içermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.1. Tavuk köftelerinin pH değeri üzerine muamele × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi

4.1.2. Nem içeriği

Et ve et ürünlerinin fonksiyonel ve tekstürel özelliklerini etkileyen en önemli parametrelerden birisi de nem içeriğidir. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen % nem değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere köfte hamurunda %62,04-63,62 arasında bulunan nem değerinin çözündürme sonrasında %62,05-63,47, pişirme sonrasında ise %58,10-60,36 değerleri arasında değiştüği belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen % nem değerleri

Muamele	Blok	Üretim Aşamaları		
		Köfte Hamuru	Çözündürme Sonrası	Pişirme Sonrası
A1	1	63,43	63,18	58,23
		63,46	62,91	58,38
		63,15	62,97	58,54
	2	62,04	62,20	59,70
		62,18	62,65	58,10
		62,18	62,99	58,51
A2	1	63,18	63,32	58,67
		63,39	62,99	58,91
		63,44	63,30	58,52
	2	63,20	62,28	59,24
		62,74	62,52	58,13
		62,31	62,24	58,24
A3	1	63,28	63,21	59,04
		63,62	63,34	58,92
		63,34	63,47	58,94
	2	62,90	62,57	60,30
		62,97	62,49	59,40

Çizelge 4.5. (devam)

		62,94	62,41	60,36
A4	1	62,75	62,94	58,60
		63,11	62,99	58,98
		62,91	62,94	59,32
	2	63,01	62,43	59,00
		62,55	62,80	59,58
		62,94	62,61	59,80
A5	1	63,21	63,05	59,24
		62,87	62,85	58,88
		63,04	62,87	59,10
	2	62,64	62,05	59,54
		62,30	62,43	60,42
		62,41	62,51	59,80

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen % nem değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre, muamele, üretim aşaması ve muamele × üretim aşaması etkileşimini % nem değerleri üzerinde çok önemli seviyede etki göstermiştir ($P < 0,01$).

Çizelge 4.6. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen % nem değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele (M)	4	0,599	6,505**
Üretim Aşaması (ÜA)	2	142,286	1544,406**
Blok	1	1,149	12,474**
M×ÜA	8	0,463	5,024**
Hata	60	0,092	-
Total	90	-	-

** $P < 0,01$

Çizelge 4.7’de farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinin % nem değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. En yüksek ortalama nem içeriği A3 grubunda elde edilmişken en düşük ortalama değer A1 (kontrol) grubu için belirlenmiştir. Bu durumun kontrol numunesindeki yüksek yağ içeriğinden ve diğer gruptaki chia unu ve κ -karragenan ilavesi ile daha düşük yağ içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ding *et al.* (2018) tarafından yapılan bir araştırmada yüksek yağlı jambonda daha düşük nem içeriği değerlerinin tespit edildiği, bununla birlikte chia unu ve κ -karragenan kullanılarak üretilen yağsız örneklerde ise daha yüksek nem içeriği değerlerinin belirlendiği bildirilmiştir. Choi *et al.* (2016) ise yağı azaltılmış tavuk köftelerinde daha yüksek nem içeriği değerleri belirlemişlerdir. Nitekim konu ile ilgili yapılan diğer bazı araştırmalarda da yağ ve nem içeriği arasında ters bir orantının olduğu bildirilmektedir (Ulu 2006; Pintado *et al.* 2016; 2018). Benzer şekilde Modi *et al.* (2009) koyun etinden üretilen köftelerde κ -karragenan kullanımının, Heck *et al.* (2017) ise sığır etinden üretilen burgerlerde domuz yağı yerine chia yağı kullanımının nem içeriğinde artışa sebebiyet verdiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.7. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinin % nem içeriklerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	Nem (%)
A1	61,38±2,10 ^a
A2	61,48±2,13 ^{ab}
A3	61,86±1,79 ^c
A4	61,63±1,78 ^b
A5	61,62±1,60 ^b

^{a-c}:Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen % nem içeriklerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Köfte hamurunda ve çözüldürme sonrasında ortalama % nem değerleri istatistiki açıdan farklılık göstermezken (P>0,05), pişirme sonrasında daha düşük bir ortalama değer elde edilmiştir (P<0,05). Bu durumun pişirme işlemi esnasındaki nem

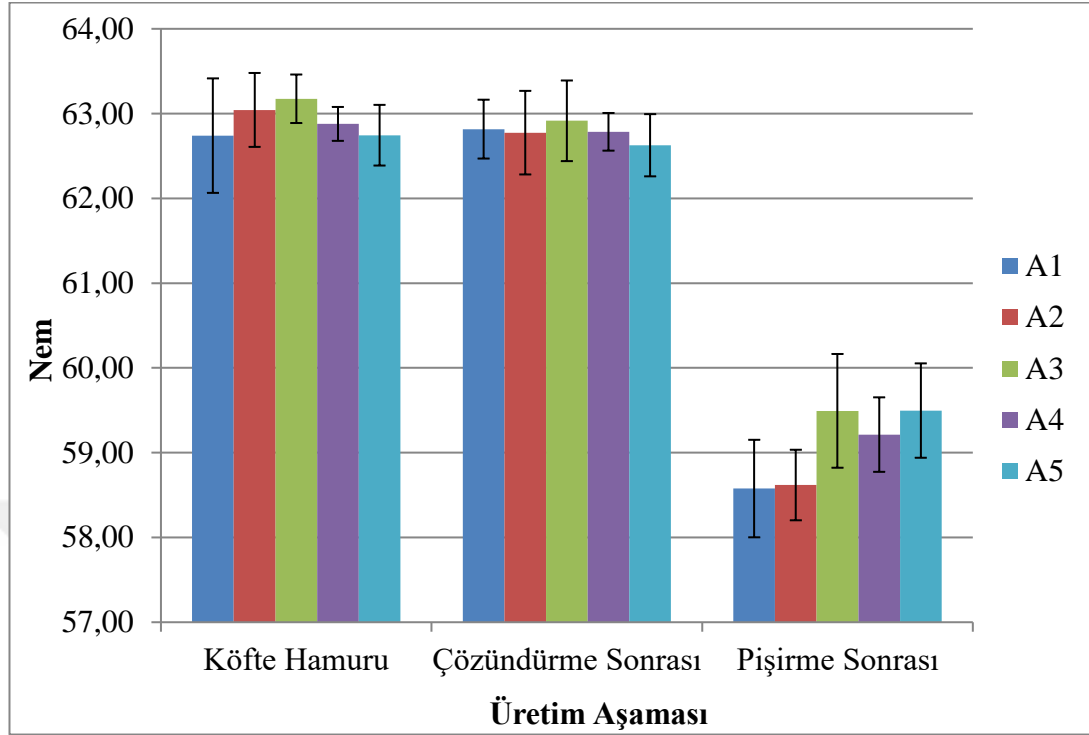
kaybından kaynaklandığını söyleyebilmek mümkündür. Nitekim konu ile ilgili yapılan diğer pek çok araştırmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ulu (2006) karragenan ilave edilmiş düşük yağlı köftelerde, Singh *et al.* (2014) yağı azaltılmış tavuk köftelerinde, Turp (2016) farklı teknikler kullanılarak pişirilen düşük yağlı İnegöl köftelerde ve Heck *et al.* (2017) ise chia yağı kullanılarak üretilen düşük yağlı burgerlerde pişirme işlemi sonrasında nem içeriğinin azaldığını rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.8. Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen % nem içeriklerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Üretim Aşaması	Nem
Köfte Hamuru	62,92±0,43 ^b
Çözünme sonrası	62,78±0,38 ^b
Pişirme sonrası	59,08±0,65 ^a

^{a-b}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Tavuk köftelerinin % nem içerikleri üzerine muamele × üretim aşaması interaksyonunun etkisi Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Özellikle pişirme işleminden sonra chia unu ve κ-karragenan içeren A3 ve A5 gruplarında diğer gruplara göre daha yüksek nem içeriği değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Yine sadece chia unu içeren A2 ve A4 grupları için de A1 (kontrol) grubuna göre daha yüksek nem içeriği değerleri belirlenmiştir. Burada chia ununun yanı sıra κ-karragenanın su tutma kabiliyetinin de önemli seviyede etkili olduğunu söyleyebilmek mümkündür. Benzer bir sonuç Yasin *et al.* (2016) tarafından κ-karragenan ilave edilmiş tavuk köfteleri için de bildirilmiştir.



Şekil 4.2. Tavuk köftelerinin % nem içerikleri üzerine muamele × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi

4.1.3. Su aktivitesi (a_w)

Çizelge 4.9’da verilen farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen a_w değerlerine göre köfte hamurunda 0,951-0,956 arasında bulunan a_w değerinin çözündürme sonrasında 0,950-0,956, pişirme sonrasında ise 0,944-0,951 değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.9. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen a_w değerleri

Muamele	Blok	Üretim Aşamaları		
		Köfte Hamuru	Çözündürme Sonrası	Piştirme Sonrası
A1	1	0,954	0,954	0,946
		0,954	0,954	0,948
		0,954	0,956	0,947
	2	0,952	0,952	0,944
		0,952	0,951	0,948
		0,956	0,952	0,945
A2	1	0,954	0,952	0,946
		0,952	0,952	0,951
		0,952	0,956	0,948
	2	0,953	0,951	0,947
		0,951	0,951	0,947
		0,953	0,952	0,945
A3	1	0,952	0,953	0,947
		0,954	0,953	0,949
		0,954	0,952	0,948
	2	0,953	0,951	0,949
		0,952	0,951	0,949
		0,952	0,951	0,948
A4	1	0,954	0,952	0,948
		0,952	0,952	0,945
		0,952	0,950	0,947
	2	0,953	0,952	0,949
		0,953	0,951	0,949
		0,952	0,951	0,947
A5	1	0,953	0,951	0,948
		0,952	0,952	0,948
		0,953	0,951	0,947
	2	0,952	0,951	0,949
		0,954	0,951	0,949
		0,954	0,951	0,948

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen a_w değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10'da gösterilmiştir. Bu

sonuçlara göre üretim aşaması ve muamele \times üretim aşaması interaksyonu a_w değerleri üzerinde çok önemli seviyede etkili olmuşken ($P<0,01$), muamele faktörü önemli seviyede bir etki göstermemiştir ($P>0,05$).

Çizelge 4.10. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen a_w değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele (M)	4	9,056E-007	0,657
Üretim Aşaması (ÜA)	2	0,000	180,540**
Blok	1	6,944E-006	5,040*
M \times ÜA	8	4,022E-006	2,919**
Hata	60	1,378E-006	-
Total	90	-	-

$P<0,01$ ** , $P<0,05$ *

Çizelge 4.11’de farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen a_w değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. Buna göre tavuk köftelerinin hazırlanmasında kullanılan farklı formülasyonların ortalama a_w değerleri üzerinde önemli seviyede bir etkisi söz konusu değildir ($P>0,05$). Barros *et al.* (2018) tarafından yapılan bir araştırmada tavuk nugget üretiminde %10’a kadar bileşime ilave edilen chia ununun a_w değeri üzerinde önemli seviyede bir etki göstermediği, ancak %15 veya daha fazla oranda chia unu kullanımının ortalama a_w değerini düşürdüğü bildirilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen a_w değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	a_w
A1	0,951 \pm 0,004 ^a
A2	0,951 \pm 0,003 ^a
A3	0,951 \pm 0,002 ^a
A4	0,951 \pm 0,002 ^a
A5	0,951 \pm 0,002 ^a

^a: Harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki açıdan birbiriyle aynı çıkmıştır. ($P>0,05$).

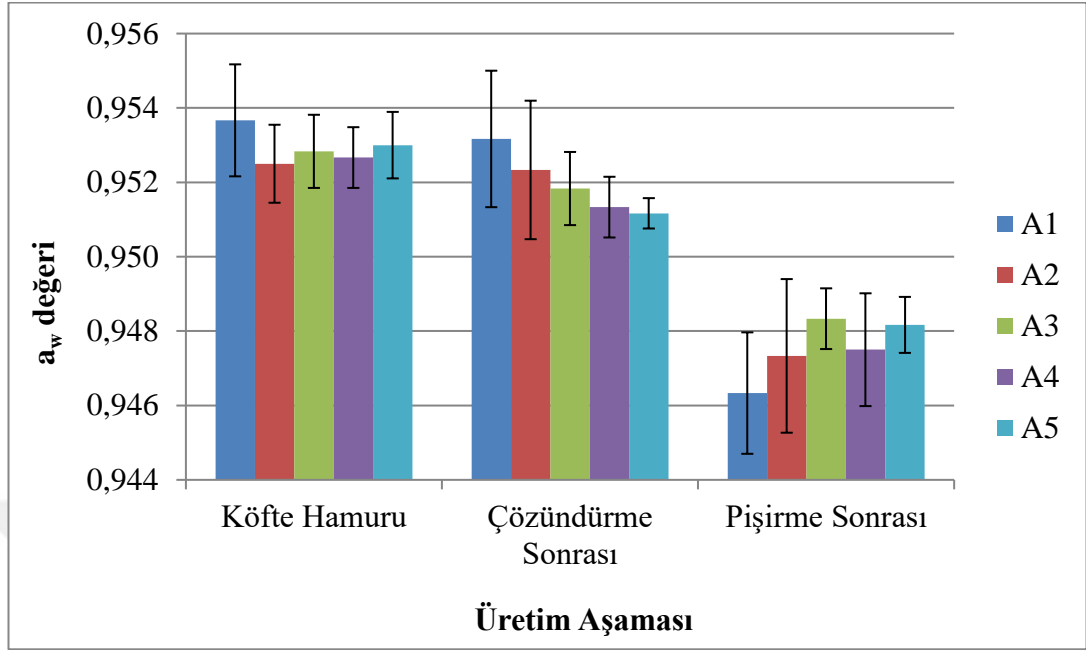
Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen a_w değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.12’de gösterilmiştir. Buna göre farklı üretim aşamalarında belirlenen ortalama değerler istatistiki manada birbirinden farklılık göstermiş ve en yüksek ortalama a_w değeri köfte hamurunda tespit edilmişken en düşük değer pişirme sonrasında belirlenmiştir. Böyle bir durumun pişirme işlemi neticesinde meydana gelen nem içeriğindeki azalmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan benzer bir çalışmada chia yağı kullanılarak üretilen burgerlerde pişirme öncesinde 0,99 olarak belirlenen ortalama a_w değerinin pişirme işlemi sonunda 0,97’ye kadar düştüğü tespit edilmiştir (Heck *et al.* 2017).

Çizelge 4.12. Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen a_w değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Üretim Aşaması	a_w
Köfte Hamuru	0,953±0,001 ^c
Çözündürme Sonrası	0,952±0,001 ^b
Pişirme sonrası	0,948±0,002 ^a

^{a-c}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Tavuk köftelerinin a_w değeri üzerine muamele × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Köfte hamurunda ve çözündürme sonrasında en yüksek a_w değerleri kontrol numunesi (A1) için elde edilmişken, pişirme sonrasında chia unu veya chia unu ile κ -karragenan içeren tüm grupların kontrole göre daha yüksek a_w değerine sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte pişirme sonrasında en yüksek a_w değerleri chia unu ile κ -karragenan içeren A3 ve A5 gruplarında tespit edilmiştir. Bu durumun oluşmasında pişirme sonucu kontrol numunesinde meydana gelen yüksek orandaki nem kaybının ve diğer grupların bileşiminde yer alan chia unu veya κ -karragenandan kaynaklanan su tutma kabiliyetinin etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.3. Tavuk köftelerinin a_w değeri üzerine muamele \times üretim aşaması interaksiyonunun etkisi

4.1.4. TBARS

Et ürünlerinin üretiminde ve depolanmasında kaliteyi etkileyen en önemli faktörlerden birisi de lipit oksidasyonudur. Bu reaksiyonun sekonder ürünleri olan tiyobarbitirik asit reaktif maddelerin (TBARS) belirlenmesi, et ve et ürünlerinde lipit oksidasyonunun bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen TBARS değerleri ($\mu\text{molMDA/kg}$) Çizelge 4.13’de verilmiştir. Köfte hamurunda 11,68-22,67 $\mu\text{molMDA/kg}$ arasında olan TBARS değerinin, çözündürme sonrasında 19,96-34,23 $\mu\text{molMDA/kg}$, pişirme sonrasında ise 22,78-36,58 $\mu\text{molMDA/kg}$ değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen TBARS değerleri ($\mu\text{molMDA/kg}$)

Muamele	Blok	Üretim Aşamaları		
		Köfte Hamuru	Çözündürme Sonrası	Piştirme Sonrası
A1	1	11,68	19,96	22,78
		12,33	21,63	26,53
		14,14	21,49	25,58
	2	16,82	19,96	22,78
		17,69	21,63	26,53
		17,96	21,49	25,58
A2	1	20,10	26,40	30,38
		20,57	29,19	29,07
		17,87	29,48	31,12
	2	22,67	26,40	30,38
		19,56	29,19	29,07
		21,38	29,48	31,12
A3	1	16,00	22,29	31,56
		18,09	27,20	26,66
		18,49	23,48	25,05
	2	17,96	22,29	31,56
		17,68	27,20	26,66
		18,31	23,48	25,05
A4	1	20,87	31,40	34,63
		21,97	34,23	36,36
		24,00	34,13	36,58
	2	20,50	31,40	34,63
		20,81	34,23	36,36
		24,16	34,13	36,58
A5	1	17,91	27,47	27,87
		17,73	27,33	26,93
		17,64	26,27	26,93
	2	23,56	27,47	27,87
		22,49	27,33	26,93
		22,10	26,27	26,93

Çizelge 4.14'de farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları gösterilmiştir.

Buna göre, muamele, üretim aşaması ve muamele × üretim aşaması interaksyonu TBARS değeri üzerinde çok önemli seviyede etki göstermiştir ($P<0,01$).

Çizelge 4.14. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele (M)	4	248,358	95,667**
Üretim Aşaması (ÜA)	2	835,136	321,692**
Blok	1	13,042	5,024*
M×ÜA	8	12,404	4,778**
Hata	60	2,596	
Total	90		

$P<0,01$ ** , $P<0,05$ *

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları ise Çizelge 4.15’de verilmiştir. Buna göre tüm gruplar için belirlenen ortalama değerler istatistiki manada birbirinden farklılık göstermiş ve en düşük ortalama değer kontrol grubunda (A1) tespit edilmişken en yüksek ortalama değer A4 grubu için belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre tavuk köftelerine chia unu ilavesinin TBARS değerlerinde artışa neden olduğunu, diğer yandan κ -karragenan ilavesinin ise TBARS değerini düşürdüğünü söyleyebilmek mümkündür. Pintado *et al.* (2016) tarafından yapılan bir araştırmada chia unu ilave edilmiş frankfurterlerde daha yüksek TBARS değerlerinin belirlendiği ve bu durumun chia tohumunun içerdiği çoklu doymamış yağ asitlerinden kaynaklanabileceği bildirilmiştir. Benzer şekilde Heck *et al.* (2017) chia yağı kullanılarak üretilen burgerlerde daha yüksek TBARS değerleri belirlemişler ve chia yağındaki çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin bu durumun oluşmasında etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Nitekim chia tohumunun çoklu doymamış yağ asitlerini, özellikle de omega-3 yağ asitlerini yüksek oranda içerdiği bildirilmektedir (Munoz *et al.* 2013; Yurt ve Gezer 2018). Mevcut bu araştırmada yağı azaltılmış tavuk köftelerinde chia unu kullanımının çoklu doymamış yağ asidi miktarını artırdığı ve bu nedenle de chia unu içeren köftelerde daha yüksek TBARS değerlerinin elde edildiği düşünülmektedir. Diğer yandan chia unu ile birlikte κ -karragenan kullanılan

gruplarda (A3 ve A5) sadece chia unu kullanılanlara göre daha düşük TBARS değerleri belirlendiği görülmektedir. Bu durumun κ -karragenanın ürünün yapısını stabilize edici etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim Ding *et al.* (2018) tarafından yapılan bir araştırmada da karragenan kullanılarak üretilen jambonda kontrol numunesine göre daha düşük TBARS değerlerinin elde edildiği bildirilmiştir.

Çizelge 4.15. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	TBARS ($\mu\text{molMDA/kg}$)
A1	20,36 \pm 4,55 ^a
A2	26,30 \pm 4,58 ^d
A3	23,28 \pm 4,77 ^b
A4	30,39 \pm 6,30 ^e
A5	24,84 \pm 3,69 ^c

^{a-e}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

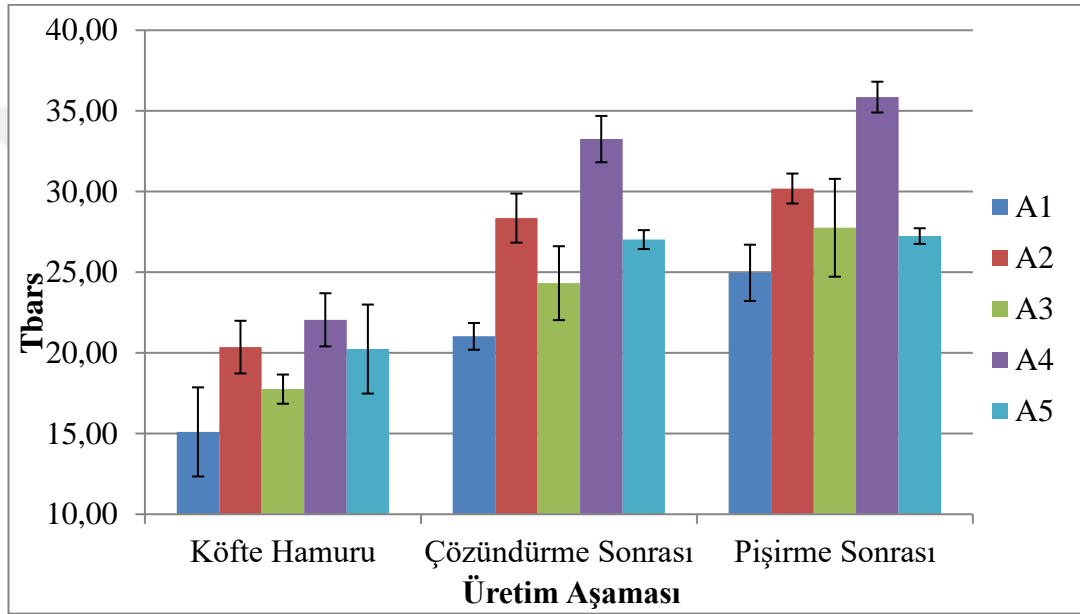
Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.16'da gösterilmiştir. Buna göre üretim aşamaları boyunca belirlenen ortalama değerler istatistiki manada birbirinden farklılık göstermiştir (P<0,05). Tavuk köftelerinde belirlenen ortalama TBARS değerleri üretim aşamaları boyunca artış göstermiş ve en yüksek ortalama değer pişirme sonrasında tespit edilmiştir. Benzer şekilde Heck *et al.* (2017) chia yağı kullanılarak üretilen burgerlerde pişirme neticesinde daha yüksek TBARS değerleri elde edildiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.16. Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen TBARS değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Üretim Aşaması	TBARS ($\mu\text{molMDA/kg}$)
Köfte Hamuru	19,10 \pm 3,13 ^a
Çözünme sonrası	26,80 \pm 4,37 ^b
Pişirme sonrası	29,20 \pm 4,09 ^c

^{a-c}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Tavuk köftelerinin TBARS değerleri üzerine muamele \times üretim aşaması interaksyonunun etkisi Şekil 4.4’de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere tüm üretim aşamaları boyunca en düşük TBARS değerleri kontrol (A1) grubu için belirlenmişken en yüksek değerler sadece chia unu içeren A2 ve A4 grupları için tespit edilmiştir. Bununla birlikte κ -karragenan kullanımının (A3 ve A5) tüm üretim aşamalarında daha düşük TBARS değerlerine sebep olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. Tavuk köftelerinin TBARS değerleri üzerine muamele \times üretim aşaması interaksyonunun etkisi

4.1.5. Renk

Et ve et ürünlerinin tüketici tarafından tercih edilmesinde öne çıkan en önemli özelliklerden biri de renktir. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen L^* , a^* ve b^* değerleri çizelge 4.17’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi köfte hamurunda 50,23-55,69 arasında bulunan L^* değeri, çözündürme sonrasında 47,73-55,17, pişirme sonrasında ise 46,31-51,64 değerleri arasında değişmektedir. Diğer yandan kırmızı renk yoğunluğunu ifade eden a^* değerinin köfte hamurunda 6,19-7,23, çözündürme sonrasında 5,52-8,62, pişirme sonrasında ise 5,79-10,82 değerleri arasında değiştiği, sarı renk yoğunluğu hakkında

bilgi veren b^* değerinin ise köfte hamurunda 21,18-30,37, çözündürme sonrasında 22,16-29,98 ve pişirme sonrasında 23,25-31,91 değerleri arasında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.17. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen L^* , a^* ve b^* değerleri

Muamele	Blok	Renk	Üretim Aşamaları		
			Köfte Hamuru	Çözündürme Sonrası	Pişirme Sonrası
A1	1	L^*	54,68	52,14	50,18
			55,38	51,99	51,43
			55,24	51,93	51,26
		a^*	7,98	8,47	10,75
			8,26	8,36	10,68
			8,37	7,69	10,22
		b^*	29,26	28,51	30,55
			29,88	28,55	31,16
			30,18	27,87	30,49
	2	L^*	55,30	55,10	50,83
			54,76	55,17	51,39
			55,69	54,92	51,64
		a^*	8,30	8,54	10,25
			8,22	8,62	10,82
			8,52	8,35	9,73
		b^*	30,08	29,98	30,68
			29,62	29,55	31,91
			30,37	29,60	29,90
A2	1	L^*	52,57	51,22	46,31
			53,20	51,78	49,61
			53,16	51,19	48,75
		a^*	7,01	6,90	10,78
			6,74	6,48	8,72
			6,77	6,28	9,17
		b^*	25,71	25,17	27,86
			26,03	25,08	27,83
			25,88	24,58	27,46

Çizelge 4.17. (devam)

A2	2	L*	52,91	52,69	48,34
			53,32	53,25	48,81
			51,67	53,73	48,72
		a*	6,93	7,14	9,79
			7,23	6,96	9,17
			6,98	7,02	9,86
		b*	26,15	25,69	29,60
			26,65	25,86	27,08
			25,82	26,27	27,98
A3	1	L*	53,49	52,54	49,42
			53,88	52,16	49,26
			54,21	51,75	50,25
		a*	7,13	6,86	8,49
			6,48	6,51	8,33
			6,71	6,40	7,92
		b*	26,19	25,17	26,25
			26,16	25,25	26,85
			26,59	25,09	27,15
	2	L*	52,90	54,28	50,30
			53,12	53,72	49,00
			52,68	54,52	49,62
		a*	7,15	6,63	9,20
			6,94	7,30	8,09
			6,92	7,45	6,93
b*	26,00	25,42	29,10		
	26,47	25,55	27,91		
	26,21	26,16	25,53		
A4	1	L*	51,44	48,11	48,95
			51,92	47,97	49,67
			52,27	47,73	47,72
		a*	6,29	6,01	6,92
			6,20	5,96	6,98
			6,36	5,52	6,68
		b*	23,55	22,37	24,07
			23,77	22,46	24,45
			24,45	22,16	23,75

Çizelge 4.17. (devam)

A4	2	L*	50,71	51,64	49,40
			50,23	49,69	47,87
			50,63	50,93	48,61
		a*	6,68	6,21	5,79
			6,70	6,12	7,20
			6,60	5,93	6,82
		b*	24,58	23,53	23,25
			24,18	22,87	24,73
			24,14	22,55	25,20
A5	1	L*	51,31	49,99	48,30
			51,42	49,70	47,12
			51,10	49,40	48,90
		a*	6,19	5,97	7,12
			6,45	5,71	8,19
			6,56	5,73	6,88
		b*	23,81	23,23	24,76
			24,21	22,83	24,82
			24,40	22,49	24,35
	2	L*	50,39	50,96	48,24
			50,94	50,31	47,86
			50,91	50,38	49,02
		a*	7,17	6,25	7,09
			7,06	6,29	6,96
			6,72	6,14	7,40
b*	21,18	23,46	26,49		
	24,84	23,29	26,30		
	24,64	22,47	27,28		

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinin üretim aşamaları boyunca belirlenen L*, a* ve b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları sırasıyla Çizelge 4.18, 4.19 ve 4.20'de gösterilmiştir. Buna göre muamele, üretim aşaması ve muamele × üretim aşaması interaksiyonu L* ve a* değerleri üzerinde çok önemli seviyede etki göstermiştir (P<0,01). b* değeri üzerinde ise muamele ve üretim aşamasının çok önemli seviyede (P<0,01) etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.18. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen L* değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele (M)	4	41,19	114,68**
Üretim Aşaması (ÜA)	2	96,54	268,79**
Blok	1	7	19,49**
M×ÜA	8	2,87	7,99**
Hata	60	0,36	-
Total	90	-	-

P<0,01**

Çizelge 4.19. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen a* değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele (M)	4	19,36	112,15**
Üretim Aşaması (ÜA)	2	23,23	134,56**
Blok	1	0,71	4,11
M×ÜA	8	1,74	10,09**
Hata	60	0,17	-
Total	90	-	-

P<0,01**

Çizelge 4.20. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde üretim aşamaları boyunca belirlenen b* değerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele (M)	4	109,21	227,87**
Üretim Aşaması (ÜA)	2	31,8	66,34**
Blok	1	6,11	12,74**
M×ÜA	8	0,93	1,94
Hata	60	0,48	-
Total	90	-	-

P<0,01**

Çizelge 4.21’de farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen L*, a* ve b* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre renk parametreleri için gruplar arasında önemli farklılıkların ortaya çıktığı görülmektedir (P<0,05). En yüksek ortalama değerler kontrol (A1)

grubunda belirlenirken, en düşük ortalama L* ve a* değerleri A4 ve A5 gruplarında, en düşük ortalama b* değeri ise A4 grubunda tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre yağı azaltılmış tavuk köftelerine chia unu ilavesinin genel itibariyle L*, a* ve b* değerlerini düşürdüğünü söyleyebilmek mümkündür. Nitekim Pintado *et al.* (2016) tarafından yapılan bir araştırmada yağı azaltılmış frankfurterlere chia unu ilavesinin L* ve a* değerlerini düşürdüğü bildirilmiştir. Araştırmacılar bu durumun chia ununun nispeten koyu renginden kaynaklandığını ileri sürmüşlerdir. Barros *et al.* (2018) ise tavuk nugget üzerine yaptıkları bir araştırmada chia unu kullanımının L* ve b* değerlerini düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Aynı araştırmada tavuk nuggetlara %5 oranında chia unu ilavesinin a* değeri üzerinde etkili olmadığı, bununla birlikte kullanım oranının %10'a çıkarılmasının a* değerini artırdığı bildirilmiştir. Santillan-Alvarez *et al.* (2017) ise sazan balığı etine düşük oranlarda chia tohumu ilavesinin L*, a* ve b* değerlerini düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Yapılan bir diğer araştırmada ise tavuk köftelerinde yağ oranının %20'den %10'a düşürülmesinin L* ve a* değerlerini düşürdüğü rapor edilmiştir (Choi *et al.* 2016).

Çizelge 4.21. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen L*, a* ve b* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Üretim Aşaması	L*	a*	b*
A1	53,28±1,97 ^d	9,01±1,06 ^d	29,90±0,97 ^d
A2	51,18±2,21 ^b	7,77±1,39 ^c	26,48±1,26 ^c
A3	52,06±1,92 ^c	7,30±0,79 ^b	26,28±1,01 ^c
A4	49,75±1,54 ^a	6,39±0,46 ^a	23,67±0,90 ^a
A5	49,79±1,30 ^a	6,66±0,64 ^a	24,16±1,53 ^b

^{a-d}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen L*, a* ve b* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.22'de gösterilmiştir. Buna göre üretim aşamaları için belirlenen ortalama değerler istatistiki açıdan birbirinden farklılık göstermiştir (P<0,05). Üretim aşamaları boyunca L* değerinin azaldığı, a* ve b* değerlerinin ise çözündürme sonrasında azaldığı, pişirme sonrasında ise arttığı görülmüştür. Bu durumun oluşmasında pişirme işlemi

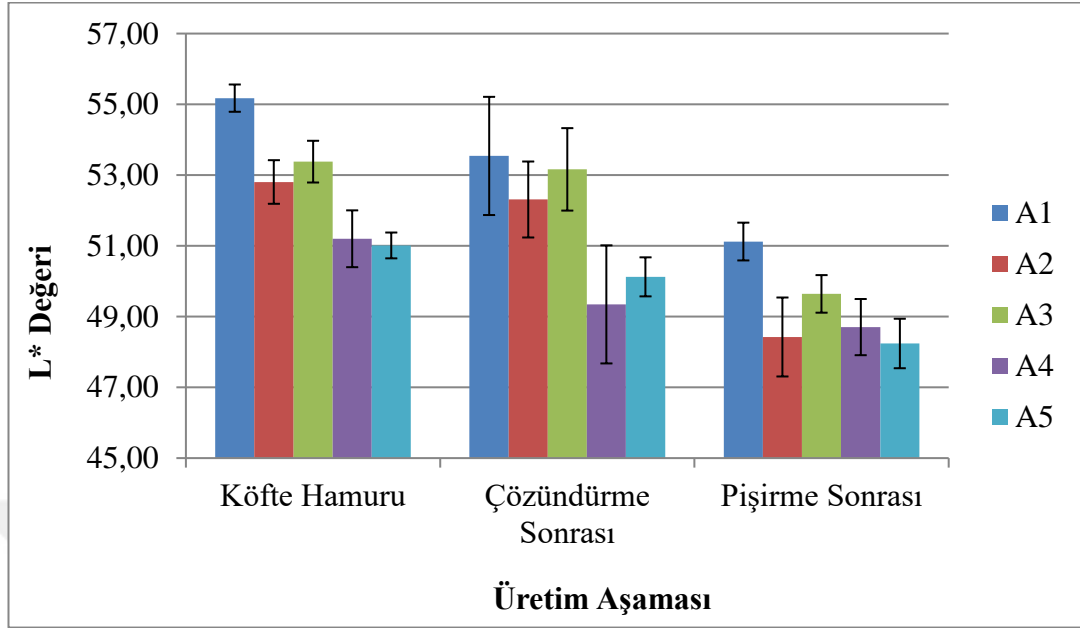
neticesinde proteinlerde meydana gelen termal denatürasyonun ve köftelerde meydana gelen nem ve yağ kaybının etkili olduğu düşünülmektedir. Modi *et al.* (2009) tarafından yapılan bir araştırmada κ -karragenan ve yulaf unu ilave edilmiş et köfteleri için pişirme işlemi neticesinde L*, a* ve b* değerlerinin genel itibariyle azaldığı bildirilmiştir. Diğer yandan Heck *et al.* (2017) chia yağı kullanılan burgerlerde pişirme işlemi sonucu a* değerinin azaldığını, L* ve b* değerlerinin ise değişmediğini rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.22. Üretim aşamaları boyunca tavuk köftelerinde belirlenen L*, a* ve b* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Üretim Aşaması	L*	a*	b*
Köfte hamuru	52,71±1,64 ^c	7,05±0,68 ^b	26,03±2,29 ^b
Çözünme sonrası	51,70±2,08 ^b	6,79±0,93 ^a	25,10±2,38 ^a
Pişirme sonrası	49,23±1,29 ^a	8,43±1,51 ^c	27,16±2,42 ^c

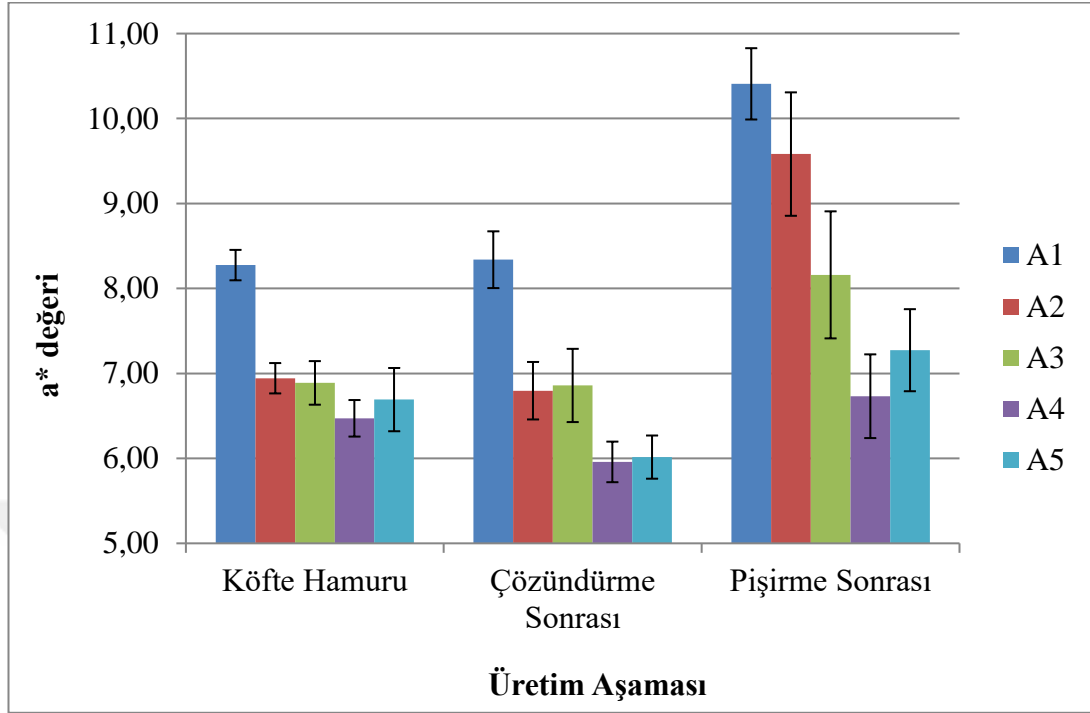
^{a-c}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Tavuk köftelerinin L* değeri üzerine muamele × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere tüm üretim aşamalarında en yüksek L* değerleri kontrol grubu (A1) için belirlenmişken, en düşük değerler %4 chia unu içeren A4 ve A5 gruplarında tespit edilmiştir. Diğer yandan tüm aşamalarda %2 oranında chia unu ile birlikte %1 oranında κ -karragenan kullanımının (A3), L* değerini artırıcı yönde etki gösterdiğini söyleyebilmek mümkündür. Ayrıca pişirme işlemi sonunda kontrole en yakın L* değerleri de A3 grubunda elde edilmiştir. Bununla birlikte A2 grubu için L* değerinin pişirme işlemi neticesinde diğerlerine göre daha yüksek oranda azaldığı da görülmektedir.



Şekil 4.5. Tavuk köftelerinin L* değeri üzerine muamele × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi

Tavuk köftelerinin a* değeri üzerine muamele × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Tüm aşamalarda en yüksek a* değerlerinin kontrol grubu (A1) için belirlendiği görülmektedir. Çözündürme işlemi sonucu diğer gruplara göre A4 ve A5 gruplarının a* değerinde daha yüksek oranda bir azalma meydana gelmişken, pişirme sonrasında A2 ve A3 gruplarında daha yüksek oranda artışlar meydana gelmiştir. Böylece pişirme işlemi neticesinde A2 ve A3 gruplarında a* değeri için kontrole daha yakın sonuçların elde edildiği görülmektedir.



Şekil 4.6. Tavuk köftelerinin a* değeri üzerine muamele × üretim aşaması interaksiyonunun etkisi

4.1.6. Pişirme verimi

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen pişirme verimi değerleri Çizelge 4.23’de verilmiştir. Çizelgeden de görülebileceği gibi en düşük pişirme verimi değeri 84,66 ile kontrol (A1) grubunda belirlenmişken en yüksek değer 91,17 ile A5 grubunda tespit edilmiştir.

Çizelge 4.23. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen pişirme verimi değerleri

Muamele	Blok	
	1	2
A1	85,82	86,00
	86,02	85,01
	86,09	84,66
A2	88,78	88,59
	88,66	86,89
	87,93	86,57
A3	89,77	89,36
	90,46	88,98
	89,50	88,59
A4	90,35	89,80
	90,11	88,75
	89,94	88,05
A5	91,17	90,88
	90,68	90,04
	90,14	90,13

Çizelge 4.24'de farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen pişirme verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre muamele faktörü pişirme verimi değeri üzerinde çok önemli seviyede etki göstermiştir ($P<0,01$).

Çizelge 4.24. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen pişirme verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele	4	21,962	61,299**
Blok	1	5,738	16,015**
Hata	20	0,358	-
Total	30	-	-

$P<0,01$ **

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen pişirme verimi değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir. En düşük ortalama değer kontrol grubunda (A1) belirlenmişken, tavuk köftelerine yağ ikamesi olarak daha yüksek oranda chia unu ilavesinin ve bileşimde κ -karragenan kullanılmasının pişirme verimini artırdığı, böylece en yüksek ortalama değer %4 oranında chia unu ile %1 oranında κ -karragenan içeren A5 grubunda tespit edildiği görülmüştür. Böyle bir durumun yağ oranının azaltılması ile chia unu ve κ -karragenanın su tutma kapasitesini artırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim Barros *et al.* (2018) tavuk nugget üretiminde chia unu kullanımının pişirme verimini artırıcı yönde etki gösterdiğini ve bu durumun chia ununun yüksek lif içeriğinin bir sonucu olarak su tutma kapasitesini geliştirmesinden kaynaklandığını rapor etmişlerdir. Yapılan bir diğer araştırmada da sazan balığı etine chia tohumu ilavesinin su kaybını azaltarak pişirme verimini artırdığı bildirilmiştir (Santillan-Alvarez *et al.* 2017). Benzer şekilde Riernersman *et al.* (2016) ise balık etinden üretilen burgerlere chia unu ilavesinin pişirme verimini yükselttiğini tespit etmişlerdir. Bununla birlikte köfte üretiminde κ -karragenan kullanımının pişirme verimini artırdığını bildiren diğer bazı çalışmalar da söz konusudur (Hsu and Chung 2001; Ulu 2006; Modi *et al.* 2009).

Çizelge 4.25. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen pişirme verimi değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	Pişirme Verimi
A1	85,60±0,61 ^a
A2	87,90±0,96 ^b
A3	89,44±0,65 ^c
A4	89,50±0,90 ^c
A5	90,51±0,47 ^d

^{a-d}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

4.1.7. Nem tutma

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen nem tutma değerleri Çizelge 4.26’de verilmiştir. Çizelgeden de görüldüğü üzere kontrol (A1) grubunda 78,64-82,54 arasında bulunan nem tutma oranının A5 grubunda 84,73-87,20 değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.26. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen nem tutma değerleri

Muamele	Blok	
	1	2
A1	79,08	82,54
	79,83	78,83
	80,03	78,64
A2	82,25	84,28
	82,92	80,78
	81,30	81,01
A3	83,85	86,11
	84,15	84,59
	83,11	85,68
A4	84,12	84,88
	84,39	84,20
	84,78	84,09
A5	85,67	87,20
	84,95	87,15
	84,73	86,22

Çizelge 4.27’de verilen farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen pişirme verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre, muamele faktörü nem tutma değeri üzerinde çok önemli seviyede etki göstermiştir ($P<0,01$).

Çizelge 4.27. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen nem tutma değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele	4	35,403	31,271**
Blok	1	4,063	3,589
Hata	20	1,132	-
Total	30	-	-

P<0,01**

Çizelge 4.28’de farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen nem tutma değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları gösterilmiştir. Buna göre en düşük ortalama değer kontrol (A1) grubunda elde edilmişken, en yüksek ortalama değer %4 chia unu ile %1 κ -karragenan içeren A5 grubunda belirlenmiştir. Yağı azaltılmış tavuk köftelerine chia unu ile κ -karragenan ilavesinin nem tutma değerlerini artırdığı görülmektedir. Bu sonuçlar pişirme verimi için elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Benzer şekilde Riernersman *et al.* (2016) balık etinden üretilen burgerlere chia unu ilavesinin nem tutma değerini artırdığını, bu durumun chia ununun lifli kısmının su bağlama özelliği ile stabilize edici etkisinden kaynaklandığını bildirmişlerdir. Modi *et al.* (2009) tarafından yapılan bir araştırmada ise koyun etinden üretilen düşük yağlı köftelere κ -karragenan ilavesinin nem tutma değerini artırdığı, bu durumun da κ -karragenanın su bağlama kabiliyetinden kaynaklandığı rapor edilmiştir.

Çizelge 4.28. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen nem tutma değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	Nem Tutma
A1	79,83±1,44 ^a
A2	82,09±1,34 ^b
A3	84,58±1,13 ^c
A4	84,41±0,34 ^c
A5	85,99±1,06 ^d

^{a-d}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

4.1.8. Büzülme değeri

Çizelge 4.29’da farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen büzülme değerleri verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere kontrol (A1) grubunda %5,94-8,82 arasında bulunan büzülme değerleri, A5 grubunda 2,14-5,04 değerleri arasında değişmektedir.

Çizelge 4.29. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen büzülme değerleri (%)

Muamele	Blok	
	1	2
A1	7,14	7,20
	5,94	8,33
	6,25	8,82
A2	5,08	7,23
	4,16	6,69
	5,83	7,56
A3	3,38	3,38
	4,56	5,12
	6,64	5,06
A4	2,52	3,78
	4,22	6,69
	2,94	6,60
A5	2,96	2,14
	4,22	3,43
	5,04	4,62

Çizelge 4.30’da gösterilen farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen büzülme değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre, büzülme değeri üzerinde muamele faktörü çok önemli seviyede etki göstermiştir ($P<0,01$).

Çizelge 4.30. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen büzülme değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele	4	12,097	10,227**
Blok	1	8,290	7,008*
Hata	20	1,183	-
Total	30	-	-

P<0,01**,P<0,05*

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen büzülme değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.31’de verilmiştir. Buna göre en düşük ortalama değer A5 grubunda belirlenmişken, en yüksek ortalama değer kontrol (A1) grubunda tespit edilmiştir. Böylece düşük yağlı tavuk köftelerine chia unu ile κ -karragenan ilavesinin genel itibariyle büzülme değerini düşürdüğünü söyleyebilmek mümkündür. Nitekim yağı azaltılmış köftelere κ -karragenan ilavesinin büzülme değerini düşürdüğü diğer bazı araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Ulu 2006; Modi *et al.* 2009). Ayrıca büzülme değeri üzerinde pişirme esnasında meydana gelen nem ve yağ kaybı ile proteinlerde meydana gelen termal denatürasyonun da etkili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.31. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen büzülme değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	Büzülme (%)
A1	7,28±1,13 ^b
A2	6,09±1,31 ^b
A3	4,69±1,23 ^a
A4	4,46±1,80 ^a
A5	3,74±1,09 ^a

^{a-b}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

4.2. Duyusal Analiz Sonuçları

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen duyusal özelliklere ait değerler Çizelge 4.32’de, varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.33’de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre muamele faktörü tat ve koku ile tekstür ve genel kabul edilebilirlik değerleri üzerinde çok önemli seviyede etkili olmuştur ($P<0,01$).

Çizelge 4.32. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen duyusal özelliklere ait değerler

Muamele	Blok	Duyusal Özellik				
		Görünüş	Renk	Tat ve Koku	Tekstür	Genel Kabul Edilebilirlik
A1	1	4,10	4,20	4,10	4,10	4,20
	2	3,80	3,80	3,80	3,60	3,80
A2	1	4,20	3,80	3,70	3,80	3,90
	2	4,10	3,90	4,00	4,00	4,20
A3	1	3,80	4,00	3,40	3,50	3,60
	2	3,90	4,00	3,40	3,80	3,90
A4	1	3,50	3,70	2,80	3,40	3,20
	2	3,70	3,70	2,60	3,30	3,10
A5	1	3,70	3,70	2,60	3,20	3,00
	2	3,60	3,60	2,40	2,90	2,90

$P<0,01^{**}$

Çizelge 4.33. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen duyu analizi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Görünüş			
Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Muamele (M)	4	1,010	2,134
Blok (B)	1	0,040	0,085
Hata	90	0,473	-
Toplam	100	-	-
Renk			
Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Muamele (M)	4	0,535	0,885
Blok (B)	1	0,160	0,265
Hata	90	0,604	-
Toplam	100	-	-
Tat-koku			
Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Muamele (M)	4	8,665	16,179**
Blok (B)	1	0,160	0,299
Hata	90	0,536	-
Toplam	100	-	-
Tekstür			
Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Muamele (M)	4	2,560	4,114**
Blok (B)	1	0,160	0,257
Hata	90	0,622	-
Toplam	100	-	-
Genel Kabul edilebilirlik			
Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Muamele (M)	4	5,040	9,372**
Blok (B)	1	0	0
Hata	90	0,538	-
Toplam	100	-	-

P<0,01**

Çizelge 4.34'de farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen duyu analizi değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları gösterilmiştir. Görünüş ve renk parametreleri için gruplar arasında önemli farklılıklar bulunmuyorken ($P>0,05$), tat- koku, tekstür ve genel kabul edilebilirlik değerlerine

ait ortalamalar arasında istatistiki açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($P<0,05$). Bu sonuçlara göre kontrol grubuna en yakın değerlerin tat-koku için A2 grubunda, tekstür için A3 grubunda, genel kabul edilebilirlik için ise A2 ve A3 gruplarında elde edildiği görülmektedir. Bununla birlikte en yüksek ortalama tat-koku değeri kontrol (A1) grubunda, tekstür değeri A2 grubunda, genel kabul edilebilirlik değerleri ise A1, A2 ve A3 gruplarında belirlenmiştir. Diğer yandan duyuşal özellikler için en düşük ortalama değerlerin ise A4 ve A5 gruplarında elde edildiği saptanmıştır. Bu durum duyuşal açıdan yağı azaltılmış tavuk köftelerinde %2 chia unu veya %2 chia unu ile birlikte %1 κ -karragenan kullanımının daha uygun olduğunu göstermektedir. Barros *et al.* (2018) tarafından yapılan bir araştırmada tavuk nugget üretiminde %5 oranında chia unu kullanımının duyuşal parametreler açısından kontrole benzerlik gösterdiği, ancak daha yüksek oranların uygun olmadığı tespit edilmiştir. Diğer yandan Pintado *et al.* (2016) ise frankfurterlere chia unu ilavesinin tat-koku, renk, tekstür ve genel kabul edilebilirlik puanlarını düşürdüğünü bildirmiştir. Ancak, araştırmada chia unu ilave edilmiş örneklerin panelistler tarafından kabul edilebilir olarak değerlendirildiği de rapor edilmiştir. Yapılan bir diğer araştırmada %1 chia unu ile %0,5 karragenan ilave edilerek hazırlanan yağsız jambon için yüksek yağlı kontrol numunesine benzer genel kabul edilebilirlik değerlerinin elde edildiği saptanmıştır (Ding *et al.* 2018).

Çizelge 4.34. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen duyuşal analiz değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	Görünüş	Renk	Tat-koku	Tekstür	Genel kabul edilebilirlik
A1	3,95±0,69 ^a	4,00±0,97 ^a	3,95±0,89 ^c	3,85±0,88 ^{bc}	4,00±0,92 ^b
A2	4,15±0,67 ^a	3,85±0,67 ^a	3,85±0,67 ^{bc}	3,90±0,55 ^c	4,05±0,60 ^b
A3	3,85±0,67 ^a	4,00±0,73 ^a	3,40±0,68 ^b	3,65±0,67 ^{bc}	3,75±0,55 ^b
A4	3,60±0,68 ^a	3,70±0,73 ^a	2,70±0,57 ^a	3,35±0,88 ^{ab}	3,15±0,68 ^a
A5	3,65±0,67 ^a	3,65±0,67 ^a	2,50±0,76 ^a	3,05±0,89 ^a	2,95±0,83 ^a

^{a-c}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$)

4.3. Tekstür Profil Analizi Sonuçları

Tekstür et ürünlerinin kalitesini belirleyen en önemli parametrelerden birisidir. Enstrümental manada tekstürel özelliklerin belirlenmesinde kullanılan TPA ile örneklerin sertlik, yapışkanlık, elastikiyet, kohesivlik, sakızimsılık, çiğnenebilirlik ve esneklik değerleri tespit edilebilmektedir.

4.3.1. Sertlik

Sertlik, bir örneği sıkıştırmak için sarf edilen maksimum kuvvet olarak tanımlanmaktadır (Bourne 1978). Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde pişirme işlemi sonrasında belirlenen sertlik değerleri Çizelge 4.35’de verilmiştir. Kontrol (A1) grubunda 47,91-59,00N arasında tespit edilen sertlik değerinin A2 grubunda 56,90-58,69N, A3 grubunda 55,46-70,33N, A4 grubunda 58,27-74,79N, A5 grubunda ise 61,21-79,12N arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.35. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sertlik değerleri (N)

Muamele	Blok	
	1	2
A1	47,91	60,36
	51,26	57,95
	50,99	59,00
A2	57,37	56,90
	56,90	58,69
	57,01	58,45
A3	55,46	70,33
	56,59	62,48
	61,44	67,27
A4	58,27	68,66
	61,18	73,14
	60,62	74,79
A5	66,94	67,83
	61,21	67,83
	69,29	79,12

Çizelge 4.36'da gösterilen farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre muamele ve blok faktörü sertlik değerleri üzerinde çok önemli seviyede ($P<0,01$) etkili olmuştur.

Çizelge 4.36. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sertlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele (M)	4	614,720	42,344**
Blok (B)	1	1218,669	83,946**
Hata	80	14,517	–
Toplam	90	–	–

** $P<0,01$

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sertlik değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.37'de verilmiştir. Buna göre tüm gruplar için belirlenen ortalama değerler istatistiki açıdan birbirinden farklılık göstermiş ve en düşük ortalama sertlik değeri kontrol (A1) grubunda elde edilmişken, en yüksek ortalama değer A5 grubunda belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre yağ azaltılmış tavuk köftelerine chia unu ve κ -karragenan ilavesinin sertlik değerini artırdığını söyleyebilmek mümkündür. Nitekim Barros *et al.* (2018) tarafından yapılan bir araştırmada tavuk nugget üretiminde yüksek oranda chia unu kullanımının sertlik değerini artırdığı ve bu durumun düşük nem içeriği ile yüksek diyet lifi oranından kaynaklandığı bildirilmiştir. Benzer şekilde Herrero *et al.* (2017) ve Pintado *et al.* (2016) düşük yağlı frankfurterlere, Santillan-Alvarez *et al.* (2017) ise sazan balığı etine chia unu ilavesinin sertlik değerini artırdığını rapor etmişlerdir. Yapılan diğer bazı araştırmalarda ise et ürünlerinde yapısal özellikleri geliştirmek amacıyla kullanılan κ -karragenanın bu çalışmadakine benzer şekilde köftelerin sertlik değerini artırdığı da tespit edilmiştir (Hsu and Chung 2001; Yasin *et al.* 2016). Ulu (2006) tarafından yapılan bir araştırmada sığır eti köftelerinin yağ oranı azaldıkça sertlik değerinin de azaldığı, bununla birlikte köftelere %1 oranında karragenan ilavesinin sertlik değerini önemli seviyede artırdığı bildirilmiştir. Mevcut

bu araştırmada chia ununun yüksek orandaki lif içeriğinin ve κ-karragenanın kıvam artırıcı özelliğinin köftelerin sertlik değerini artırıcı yönde etki gösterdiği düşünülmektedir.

Çizelge 4.37. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sertlik değerlerine ortalamaların Duncan oklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	Sertlik (N)
A1	54,58±5,69 ^a
A2	57,55±2,02 ^b
A3	62,26±5,94 ^c
A4	66,11±7,23 ^d
A5	68,70±5,92 ^e

^{a-e}: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

4.3.2. Yapışkanlık

Yapışkanlık değeri sıkıştırma sonrasında örnek yüzeyinin ölçümde kullanılan prob yüzeyine yapışma derecesini göstermektedir. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen yapışkanlık değerleri izelge 4.38’de, yapışkanlık değerlerine ait varyans analiz sonuçları ise izelge 4.39’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre muamele faktörü yapışkanlık değerleri üzerinde önemli seviyede etkili olmuştur (P<0,05).

Çizelge 4.38. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen yapışkanlık değerleri (mJ)

Muamele	Blok	
	1	2
A1	0,27	0,17
	0,00	0,30
	0,20	0,03
A2	0,13	0,20
	0,17	0,10
	0,20	0,10
A3	0,00	0,13
	0,20	0,00
	0,00	0,07
A4	0,07	0,20
	0,07	0,10
	0,07	0,07
A5	0,00	0,07
	0,03	0,10
	0,00	0,07

Çizelge 4.39. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen yapışkanlık değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele (M)	4	0,047	2,791*
Blok (B)	1	0,009	0,536
Hata	80	0,017	—
Toplam	90	—	—

P<0,05*

Çizelge 4.40'da farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen yapışkanlık değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

gösterilmiştir. En yüksek ortalama yapışkanlık değeri $0,16\pm 0,19\text{mJ}$ ile kontrol grubunda belirlenmişken en düşük ortalama değer A5 grubu için $0,04\pm 0,06\text{mJ}$ olarak tespit edilmiştir. Yağı azaltılmış tavuk köftelerine chia unu veya κ -karragenan ilavesinin yapışkanlık değerini düşürdüğü görülmektedir. Bununla birlikte tavuk köftelerine κ -karragenan ilavesinin yapışkanlık değerini daha yüksek oranda düşürdüğünü de söyleyebilmek mümkündür. Diğer yandan Ding *et al.* (2018) tarafından yapılan bir araştırmada ise yağsız jambona chia unu ve/veya κ -karragenan ilavesinin yapışkanlık değeri üzerinde önemli seviyede etkili olmadığı bildirilmiştir.

Çizelge 4.40. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen yapışkanlık değerlerine ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	Yapışkanlık
A1	$0,16\pm 0,19^c$
A2	$0,15\pm 0,14^{bc}$
A3	$0,07\pm 0,11^{ab}$
A4	$0,09\pm 0,10^{abc}$
A5	$0,04\pm 0,06^a$

^{a-c} : Farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki açıdan birbirinden farklıdır ($P<0,05$).

4.3.3. Kohesivlik

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen kohesivlik değerleri Çizelge 4.41’de verilmiştir. Kontrol (A1) grubunda 0,28-0,31 arasında bulunan kohesivlik değerinin A2 grubunda 0,25-0,30, A3 grubunda 0,25-0,28, A4 grubunda 0,24-0,26 ve A5 grubunda ise 0,23-0,26 değerleri arasında değiştiği görülmüştür.

Çizelge 4.41. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen kohesivlik değerleri

Muamele	Blok	
	1	2
A1	0,31	0,29
	0,32	0,28
	0,32	0,28
A2	0,30	0,25
	0,28	0,25
	0,29	0,25
A3	0,28	0,26
	0,28	0,25
	0,28	0,26
A4	0,25	0,25
	0,26	0,24
	0,26	0,26
A5	0,26	0,23
	0,26	0,23
	0,25	0,24

Çizelge 4.42’de verilen farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen kohesivlik değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre muamele ve blok faktörü kohesivlik değerleri üzerinde çok önemli seviyede etkili olmuştur ($P<0,01$).

Çizelge 4.42. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen kohesivlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele (M)	4	0,007	26,596**
Blok (B)	1	0,015	54,145**
Hata	80	0,000	—
Toplam	90	—	—

$P<0,01$ **

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen kohesivlik değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.43’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre en yüksek ortalama kohesivlik değeri kontrol grubunda belirlenmişken, A2 ve A3 gruplarında daha düşük, A4 ve A5 gruplarında ise en düşük ortalama değerler elde edilmiştir. Yağı azaltılmış tavuk köftelerinde kullanılan chia unu oranı arttıkça örneklere ait ortalama kohesivlik değerlerinin düştüğü, bununla birlikte κ -karragenan kullanımının örneklerin kohesivlik değerleri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığını söyleyebilmek mümkündür. Barros *et al.* (2018) tarafından yapılan bir araştırmada tavuk nugget üretiminde kullanılan chia unu miktarı arttıkça kohesivlik değerinin düştüğü saptanmıştır. Ding *et al.* (2018) yağsız jambona %1 oranında chia unu veya %0,5 oranında κ -karragenan ilavesinin, Pintado *et al.* (2016) ise yağı azaltılmış frankfurterlere chia unu ilavesinin kohesivlik değerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Yapılan bir diğer araştırmada ise orta ve düşük yağlı köftelere karragenan ilavesinin kohesivlik değeri üzerinde etkili olmadığı rapor edilmiştir (Ulu 2006).

Çizelge 4.43. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen kohesivlik değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	Cohesiveness
A1	0,30±0,02 ^c
A2	0,27±0,02 ^b
A3	0,27±0,02 ^b
A4	0,26±0,02 ^a
A5	0,25±0,02 ^a

^{a-c} : Farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki açıdan birbirinden farklıdır (P<0,05).

4.3.4. Elastikiyet

Elastikiyet, bir örneğe uygulanan deforme edici kuvvet ortadan kalktıktan sonra bu örneğin tekrar orijinal şeklini kazanabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Bourne 1978). Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen elastikiyet değerleri Çizelge 4.44’de, elastikiyet değerlerine ait varyans analiz sonuçları ise

Çizelge 4.45’de gösterilmiştir. Elastikiyet değerleri üzerinde muamele faktörü çok önemli seviyede etki göstermiştir ($P<0.01$).

Çizelge 4.44. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen elastikiyet değerleri

Muamele	Blok	
	1	2
A1	4,23	4,21
	4,50	4,24
	4,49	4,55
A2	4,43	4,36
	4,41	4,37
	4,39	4,11
A3	4,91	4,29
	4,52	4,72
	4,40	4,41
A4	4,27	4,30
	4,49	4,12
	4,20	4,08
A5	4,19	4,70
	4,57	4,43
	4,18	4,25

Çizelge 4.45. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen elastikiyet değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele (M)	4	0,208	4,981**
Blok (B)	1	0,107	2,557
Hata	80	0,042	–
Toplam	90	–	–

$P<0,01$ **

Çizelge 4.46’da farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen elastikiyet değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. En yüksek ortalama elastikiyet değeri %2 chia unu ile %1 κ-karragenan içeren A3 grubunda elde edilmişken, diğer gruplarda daha düşük ortalama değerler belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre chia unu kullanımının elastikiyet değerini bir

miktar düşürdüğünü, κ -karragenan ilavesinin ise köftelerin elastikiyet değerini nispeten artırdığını söyleyebilmek mümkündür. Nitekim Barros *et al.* (2018) tavuk nugget üretiminde kullanılan chia unu miktarı arttıkça kohesivlik değerinin düştüğünü, Herrero *et al.* (2017) ve Pintado *et al.* (2016) ise yağı azaltılmış frankfurterlere chia unu ilavesinin elastikiyet değerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Diğer yandan Heck *et al.* (2017) tarafından yapılan bir araştırmada burger üretiminde chia yağı kullanımının elastikiyet değeri üzerinde önemli seviyede etkili olmadığı rapor edilmiştir. Yapılan diğer bir araştırmada ise düşük yağlı sosislere %0,5 oranında κ -karragenan ilavesinin elastikiyet değerini önemli seviyede artırdığı tespit edilmiştir (Barbut and Mittal 1992).

Çizelge 4.46. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen elastikiyet değerlerine ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	Elastikiyet
A1	4,37±0,20 ^a
A2	4,34±0,15 ^a
A3	4,54±0,26 ^b
A4	4,24±0,18 ^a
A5	4,39±0,23 ^a

^{a-b} : Farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki açıdan birbirinden farklıdır (P<0,05).

4.3.5. Sakızimsılık

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sakızimsılık değerleri Çizelge 4.47’de, sakızimsılık değerlerine ait varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.48’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre muamele ve blok faktörü sakızimsılık değerleri üzerinde önemli seviyede bir etki göstermemiştir (P>0,05).

Çizelge 4.47. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sakızımsılık değerlerine ait değerler

Muamele	Blok	
	1	2
A1	14,56	17,54
	16,43	16,28
	16,36	16,26
A2	17,01	14,50
	15,85	14,80
	16,66	14,53
A3	15,68	18,02
	15,92	15,96
	17,46	17,41
A4	14,87	17,34
	16,13	17,87
	15,97	19,58
A5	17,30	15,85
	15,59	15,48
	17,53	19,28

Çizelge 4.48. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sakızımsılık değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele (M)	4	5,997	2,207
Blok (B)	1	5,486	2,019
Hata	80	2,717	–
Toplam	90	–	–

(P>0,05)

Çizelge 4.49’da farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sakızımsılık değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre chia unu veya κ -karragenan ilave edilerek hazırlanan yağ azaltılmış tavuk köftelerinin ortalama sakızımsılık değerleri arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık söz konusu değildir (P>0,05). Choi *et al.* (2015) tavuk köftesine diyet lifi ilavesinin sakızımsılık değerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Diğer yandan farklı et ürünlerine κ -karragenan ilavesinin sakızımsılık değerini artırdığını bildiren diğer bazı çalışmalar da söz konusudur (Barbut and Mittal 1992; Hsu and Chung 2001).

Çizelge 4.49. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen sakızlımsılık değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	Gumminess
A1	16,24±1,69 ^a
A2	15,56±1,35 ^a
A3	16,74±1,49 ^a
A4	16,96±2,32 ^a
A5	16,84±1,91 ^a

^a: Harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki açıdan birbiriyle aynı çıkmıştır. (P>0,05).

4.3.6. Çiğnenebilirlik

Önemli bir tekstürel parametre olan çiğnenebilirlik, bir örneğin çiğnenmesi için harcanan enerji olarak tanımlanabilmektedir (Bourne 1978). Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen çiğnenebilirlik değerleri Çizelge 4.50’de verilmiştir. Kontrol (A1) grubunda 61,73-73,90mJ arasında bulunan çiğnenebilirlik değerlerinin, A5 grubunda 68,53-81,97mJ değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.50. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen çiğnenebilirlik değerleri

Muamele	Blok	
	1	2
A1	61,73	73,90
	73,90	69,10
	73,33	73,90
A2	75,27	63,13
	69,87	64,60
	73,03	59,67
A3	76,90	76,90
	71,87	75,17
	76,87	76,83
A4	63,43	74,57
	72,30	73,67
	67,03	81,13
A5	72,23	74,43
	71,30	68,53
	73,27	81,97

Çizelge 4.51’de farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen çignenebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre muamele faktörü çignenebilirlik değerleri üzerinde çok önemli seviyede etkiye sahiptir ($P<0,01$).

Çizelge 4.51. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen çignenebilirlik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele (M)	4	167,351	3,800**
Blok (B)	1	23,511	0,534
Hata	80	44,039	–
Toplam	90	–	–

$P<0,01$ **

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen çignenebilirlik değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 4.52’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere en yüksek ortalama çignenebilirlik değerleri %2 chia unu ile %1 κ -karragenan içeren A3 grubunda ve %4 chia unu ile %1 κ -karragenan içeren A5 grubunda belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre yağı azaltılmış tavuk köftelerine κ -karragenan ilavesinin çignenebilirlik değerini önemli seviyede artırdığını söyleyebilmek mümkündür ($P<0,05$). Nitekim Barbut and Mittal (1992) düşük yağlı sosislere %0,5 oranında κ -karragenan ilavesinin çignenebilirlik değerini önemli seviyede artırdığını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Yasin *et al.* (2016) tarafından yapılan bir araştırmada tavuk köftesinde κ -karragenan kullanımının çignenebilirlik değerlerini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Hsu and Chung (2001) ise κ -karragenan ilavesinin yağı azaltılmış emülsifiye köftelerde sertlik, çignenebilirlik ve sakızimsılık değerlerini önemli seviyede artırdığını bildirmişlerdir. Diğer yandan farklı et ürünlerinde chia unu kullanımının çignenebilirlik değeri üzerine etkisini vurgulayan çalışmalar da söz konusudur. Pintado *et al.* (2016) ve Herrero *et al.* (2017) yağı azaltılmış frankfurterlere chia unu ilavesinin normal yağlı örneklerle göre çignenebilirlik değerini artırdığını bildirmişlerdir. Diğer yandan Barros *et al.* (2018) ise tavuk nugget üretiminde kullanılan chia unu miktarı arttıkça çignenebilirlik değerinin düştüğünü, bu durumun chia unundaki yüksek protein ve diyet lifi oranından kaynaklandığını rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.52. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen çignenebilirlik değerlerine ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	Çignenebilirlik
A1	70,98±7,99 ^{ab}
A2	67,59±6,58 ^a
A3	75,76±4,68 ^b
A4	71,99±8,87 ^{ab}
A5	73,62±7,24 ^b

^{a-b}: Farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki açıdan birbirinden farklıdır (P<0,05).

4.3.7. Esneklik

Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen esneklik değerleri Çizelge 4.53'de, esneklik değerlerine ait varyans analiz sonuçları ise Çizelge 4.54'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre muamele ve blok faktörü esneklik değerleri üzerinde önemli seviyede bir etki göstermemiştir (P>0,05).

Çizelge 4.53. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen esneklik değerleri

Muamele	Blok	
	1	2
A1	0,07	0,07
	0,07	0,07
	0,08	0,06
A2	0,08	0,06
	0,07	0,06
	0,07	0,07
A3	0,07	0,07
	0,08	0,06
	0,06	0,05
A4	0,07	0,06
	0,06	0,05
	0,07	0,07
A5	0,07	0,06
	0,07	0,06
	0,06	0,04

Çizelge 4.54. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen esneklik değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	SD	KO	F
Muamele (M)	4	0,003	0,923
Blok (B)	1	7,111E-005	0,021
Hata	80	0,003	–
Toplam	90	–	–

(P>0,05)

Çizelge 4.55’de farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen esneklik değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre gruplar arasındaki ortalama değerler istatistiki açıdan birbirinden farklı çıkmamıştır (P>0,05). Bu durum chia unu ile κ-karragenan kullanılan düşük yağlı tavuk köftelerinin esneklik parametresi açısından yüksek yağlı kontrol örnekleriyle benzer özellikler gösterdiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.55. Farklı formülasyonlara sahip tavuk köftelerinde belirlenen esneklik değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

Muamele	Esneklik
A1	0,07±0,01 ^a
A2	0,07±0,01 ^a
A3	0,07±0,02 ^a
A4	0,09±0,13 ^a
A5	0,06±0,02 ^a

^a: Aynı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki açıdan birbiriyle aynı çıkmıştır. (P>0,05).

5. SONUÇ

Araştırma, yağı azaltılmış tavuk köftelerinde chia unu ve κ -karragenan kullanımının bazı fizikokimyasal, duyuşal ve tekstürel özellikler üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla kurulmuş ve yürütülmüştür. Bu amaca yönelik olarak tavuk göğüs eti kullanılarak beş farklı bileşimde köfte üretilmiş, üretim esnasında alınan örneklerde pH, nem içeriğı, a_w , TBARS ve renk özellikleri belirlenmiş, köftelerin pişirme verimi, nem tutma ve büzülme değerleri hesaplanmış, son üründe ise TPA ve duyuşal analiz gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler ve değerlendirmelerden aşağıda belirtilen genel sonuç ve öneriler çıkarılmıştır.

1. Yağı azaltılmış tavuk köftelerine chia unu ilavesinin pH değerini düşürdüğü, κ -karragenan ilavesinin ise artırdığı görülmüştür. Diğer yandan pişirme işlemi neticesinde pH değerinin artarak ortalama $5,72\pm 0,05$ değerine ulaştığı tespit edilmiştir.
2. En yüksek ortalama nem içeriğı %2 chia unu ile %1 κ -karragenan içeren A3 grubunda belirlenmişken en düşük ortalama değer kontrol (A1) grubunda tespit edilmiştir. Pişirme işlemi sonrasında tüm gruptaki nem içeriğı azalmış, bununla birlikte chia unu ile birlikte κ -karragenan içeren A3 ve A5 gruplarında diğer gruplara göre daha yüksek nem içeriğı değerleri elde edilmiştir.
3. Üretim aşamalarında belirlenen ortalama a_w değerleri istatistiki açıdan birbirinden farklılık göstermiş ve en yüksek ortalama değer köfte hamurunda tespit edilmişken en düşük değer pişirme sonrasında belirlenmiştir. Diğer yandan pişirme sonrasında en yüksek ortalama a_w değerleri chia unu ile κ -karragenan içeren A3 ve A5 gruplarında tespit edilmiştir.
4. Tavuk köftelerinde belirlenen TBARS değerleri üretim aşamaları boyunca artış göstermiş ve pişirme sonrasında en yüksek değere ulaşmıştır. Bununla birlikte

köftelere chia unu ilavesinin TBARS değerlerinde artışa neden olduğu, κ -karragenan ilavesinin ise TBARS değerini düşürdüğü görülmüştür.

5. Üretim aşamaları boyunca L^* değerinin azaldığı, a^* ve b^* değerlerinin ise çözündürme sonrasında azaldığı, pişirme sonrasında ise arttığı tespit edilmiştir. Diğer yandan yağı azaltılmış tavuk köftelerine chia unu ilavesinin genel itibariyle L^* , a^* ve b^* değerlerini düşürdüğü görülmüştür.

6. Yağı azaltılmış tavuk köftelerine daha yüksek oranda chia unu ilavesinin ve bileşimde κ -karragenan kullanılmasının pişirme verimini ve nem tutma değerini artırdığı, böylece bu iki parametre için en yüksek ortalama değerlerin %4 oranında chia unu ile %1 oranında κ -karragenan içeren A5 grubunda tespit edildiği görülmüştür. Diğer yandan köftelere chia unu ile κ -karragenan ilavesinin büzülme değerini düşürdüğü tespit edilmiştir.

7. Duyusal özelliklerden görünüş ve renk için gruplar arasında önemli farklılıklar belirlenmemişken, tat-koku, tekstür ve genel kabul edilebilirlik için kontrol grubuna en yakın değerlerin A2 ve A3 gruplarında elde edildiği görülmüştür. Bu durum yağı azaltılmış tavuk köftelerinde %2 chia unu veya %2 chia unu ile birlikte %1 κ -karragenan kullanımının duyusal açıdan daha uygun olduğunu göstermektedir.

8. Yağı azaltılmış tavuk köftelerine chia unu ve κ -karragenan ilavesinin sertlik değerini artırdığı, yapışkanlık ve kohesivlik değerlerini düşürdüğü, sakızimsılık ve esneklik değerleri üzerinde ise etkili olmadığı tespit edilmiştir. Diğer yandan en yüksek elastikiyet değeri A3 grubunda, çignenebilirlik değeri ise A3 ve A5 gruplarında belirlenmiştir.

Sonuç olarak; yağı azaltılmış tavuk köftelerinde chia unu ve κ -karragenan kullanımının fizikokimyasal, tekstürel ve duyusal özelliklerde önemli değişimlere neden olduğu, bu değişimlerin sağlık açısından daha güvenilir ileri işlenmiş tavuk eti

ürünlerinin üretiminde dikkate alınması gereken önemli bulgular içerdiği ve yağı azaltılmış tavuk köftelerinde %2 oranında chia unu ile %1 oranında κ -karragenan kullanımının belirlenen özellikler açısından en uygun sonuçları verdiği kanaatine varılmıştır. Bununla birlikte bu şekilde üretilecek tavuk köftelerinde belirli depolama koşulları altında meydana gelecek fizikokimyasal, tekstürel ve duyuşsal özelliklerdeki değişimleri belirlemeye yönelik yeni çalışmalara ihtiyaç olduğu da düşünölmektedir.



KAYNAKLAR

- Association of Analytical Chemists. Official Methods of Analysis; AOAC, 2005. Washington, DC.
- Barbut, S., and Mittal, G.S., 1992. Use of carrageenans and xanthan gum in reduced fat breakfast sausages. *Lebensmittel Wissenschaft Und Technologie*, Vol. 25, pp. 509-513.
- Barros, J. C., Munekata, P. E. S., Pires, M. A., Rodrigues, I., Andaloussi, O. S., da Costa Rodrigues, C. E., and Trindade, M. A., 2018. Omega-3-and fibre-enriched chicken nuggets by replacement of chicken skin with chia (*Salvia hispanica* L.) flour. *LWT*, 90, 283-289.
- Bourne, M.C., 1978. Texture Profile Analysis. *Food Technology*, 32:62-72p.
- Choi, Y. S., Kim, H. W., Hwang, K. E., Song, D. H., Jeong, T. J., Kim, Y. B., Jeon, K. H., and Kim, C. J., 2015. Effect of Dietary Fiber Extracted from *Algelica keiskei* Koidz on the Quality Characteristics of Chicken Patties. *Korean journal for food science of animal resources*, 35(3), 307.
- Choi, Y. S., Sung, J. M., Park, J. D., Hwang, K. E., Lee, C. W., Kim, T. K., Jeon, K. H., Kim, C. J., and Kim, Y. B., 2016. Quality and Sensory Characteristics of Reduced-fat Chicken Patties with Pork Back Fat Replaced by Dietary Fiber from Wheat Sprout. *Korean journal for food science of animal resources*, 36(6), 799.
- Ding, Y., Lin, H. W., Lin, Y. L., Yang, D. J., Yu, Y. S., Chen, J. W., Wang, S. Y., and Chen, Y. C., 2018. Nutritional composition in the chia seed and its processing properties on restructured ham-like products. *Journal of food and drug analysis*, 26(1), 124-134.
- El-Magoli, S. B., Laroia, S., and Hansen, P. M. T., 1996. Flavor and texture characteristics of low fat ground beef patties formulated with whey protein concentrate. *Meat Science*, 42(2), 179-193.
- European Union., 2013. Commission Implementing Decision of 22 January 2013 authorising an extension of use of Chia (*Salvia hispanica*) seed as a novel food ingredient under Regulation (EC) No 258/97 of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Union*, L 21/34.
- Ferreira, V. C., Morcuende, D., Hernández-López, S. H., Madruga, M. S., Silva, F. A., and Estévez, M., 2017. Antioxidant Extracts from Acorns (*Quercus ilex* L.) Effectively Protect Ready-to-Eat (RTE) Chicken Patties Irrespective of Packaging Atmosphere. *Journal of food science*, 82(3), 622-631.
- Fizman, S. M., and Salvador, A., 2003. Recent developments in coating batters. *Trends in food science & technology*, 14(10), 399-407.
- Guedes-Oliveira, J. M., Salgado, R. L., Costa-Lima, B. R., Guedes-Oliveira, J., and Conte-Junior, C. A., 2016. Washed cashew apple fiber (*Anacardium occidentale* L.) as fat replacer in chicken patties. *LWT-Food Science and Technology*, 71, 268-273.
- Heck, R. T., Vendruscolo, R. G., de Araújo Etchepare, M., Cichoski, A. J., de Menezes, C. R., Barin, J. S., and Campagnol, P. C. B., 2017. Is it possible to

- produce a low-fat burger with a healthy n-6/n-3 PUFA ratio without affecting the technological and sensory properties?. *Meat science*, 130, 16-25.
- Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C., Pintado, T., Carmona, P., and Jimenez-Colmenero, F., 2017. Infrared spectroscopy used to determine effects of chia and olive oil incorporation strategies on lipid structure of reduced-fat frankfurters. *Food chemistry*, 221, 1333-1339.
- Hsu, S. Y., and Chung, H. Y., 2001. Effects of κ -carrageenan, salt, phosphates and fat on qualities of low fat emulsified meatballs. *Journal of Food Engineering*, 47(2), 115-121.
- Kılınççeker, O., and Kurt, S., 2018. Effects of inulin, carrot and cellulose fibres on the properties of raw and fried chicken meatballs. *South African Journal of Animal Science*, 48(1), 39-47.
- Lee, S., 2000. Effect of Controlled Mixing on the Rheological Properties of Deep-Fat Frying Batters at Different Percent Solids, Master of Science Thesis. Michigan State University, Ann Arbor.
- Lemon, D.W., 1975. An Improved TBA Test for Rancidity New Series Circular. No:51. Halifax-Laboratory, Halifax, Nova Scotia.
- Modi, V. K., Yashoda, K. P., and Naveen, S. K., 2009. Effect of carrageenan and oat flour on quality characteristics of meat kofta. *International Journal of Food Properties*, 12(1), 228-242.
- Muñoz, L. A., Cobos, A., Diaz, O., and Aguilera, J. M., 2013. Chia seed (*Salvia hispanica*): an ancient grain and a new functional food. *Food reviews international*, 29(4), 394-408.
- Murphy, E. W., Criner, P. E., and Gray, B. C., 1975. Comparisons of methods for calculating retentions of nutrients in cooked foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23(6), 1153-1157.
- Niva, M., 2007. 'All foods affect health': understandings of functional foods and healthy eating among health-oriented Finns. *Appetite*, 48(3), 384-393.
- Official Methods of Analysis of AOAC, 2007. 18th ed. AOAC Int., Washington, DC.
- Pintado, T., Herrero, A. M., Jiménez-Colmenero, F., and Ruiz-Capillas, C., 2016. Strategies for incorporation of chia (*Salvia hispanica* L.) in frankfurters as a health-promoting ingredient. *Meat science*, 114, 75-84.
- Pintado, T., Herrero, A. M., Jiménez-Colmenero, F., Cavalheiro, C. P., and Ruiz-Capillas, C. (2018). Chia and oat emulsion gels as new animal fat replacers and healthy bioactive sources in fresh sausage formulation. *Meat science*, 135, 6-13.
- Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., and Valdivia-López, M. A., 2008. Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry*, 107(2), 656-663.
- Rietersman, C. N., Romero, A. M., Doval, M. M., and Judis, M. A., 2016. Whole Chia flour as yield enhancer, potential antioxidant and input of n-3 fatty acid in a meat product. In *Food Nutr Sci*, Vol. 7, pp. 855-865.
- Salman, H., 2010, Sığır etinin bazı emülsiyon özellikleri üzerine farklı tuzlar (NaCl ve KCl) ile iota ve kapa karragenanların etkilerinin belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.
- Santillán-Álvarez, Á., Dublán-García, O., López-Martínez, L. X., Quintero-Salazar, B., Gómez-Oliván, L. M., Díaz-Bandera, D., and Hernández-Navarro, M. D.,

2017. Effect of chia seed on physicochemical and sensory characteristics of common carp restructured as functional food. *Journal of Food Science and Engineering*, 7(3).
- Sharma, B.R., and Hissaria, P.K., 2005. Sunita Hydrocolloids Private Limited, India.
- Singh, R., Chatli, M. K., Biswas, A. K., and Sahoo, J., 2014. Quality of ω -3 fatty acid enriched low-fat chicken meat patties incorporated with selected levels of linseed flour/oil and canola flour/oil. *Journal of food science and technology*, 51(2), 353-358.
- Turp, G. Y., 2016. Effects of four different cooking methods on some quality characteristics of low fat Inegol meatball enriched with flaxseed flour. *Meat science*, 121, 40-46.
- Ullah, R., Nadeem, M., Khalique, A., Imran, M., Mehmood, S., Javid, A., and Hussain, J., 2016. Nutritional and therapeutic perspectives of Chia (*Salvia hispanica* L.): a review. *Journal of food science and technology*, 53(4), 1750-1758.
- Ulu, H., 2006. Effects of carrageenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs. *Food Chemistry*, 95(4), 600-605.
- Yadav, S., Pathera, A. K., Islam, R. U., Malik, A. K., and Sharma, D. P., 2018. Effect of wheat bran and dried carrot pomace addition on quality characteristics of chicken sausage. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 31(5), 729.
- Yasin, H., Babji, A. S., and Ismail, H., 2016. Optimization and rheological properties of chicken ball as affected by κ -carrageenan, fish gelatin and chicken meat. *LWT-Food Science and Technology*, 66, 79-85.
- Yurt, M., and Gezer, C., 2018. Chia Tohumunun (*Salvia Hispanica*) Fonksiyonel Özellikleri ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Gıda/The Journal Of Food*, 43(3), 446-460.

ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Kars'ta doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kars Merkezde tamamladı. 2012 yılında Ardahan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimine başladı ve 2016 yılında Ardahan Üniversitesi genel birincilik derecesiyle lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Halen aynı bilim dalında yüksek lisans eğitimini sürdürmektedir.

