

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2020-YL-040

PUF KURUTMA YÖNTEMİ İLE HİNDİ GÖĞÜS
ETİNİN KURUTULMASI

Feyza ELMAS

Tez Danışmanı:
Doç. Dr. Mehmet KOÇ

AYDIN

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Feyza ELMAS tarafından hazırlanan PUF KURUTMA YÖNTEMİ İLE HİNDİ GÖĞÜS ETİNİN KURUTULMASI başlıklı tez, 07.08.2020 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan :	Doç Dr. Mehmet KOÇ	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye :	Doç. Dr. Hilal ŞAHİN NADEEM	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	
Üye :	Prof. Dr. Figen ERTEKİN	Ege Üniversitesi, İZMİR	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu (tezin türü) tezi, Enstitü Yönetim KurulununSayılı kararıyla(tarih) tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Gönül AYDIN
Enstitü Müdürü

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

.../.../20..

İmza

Ad ve Soyad

ÖZET

PUF KURUTMA YÖNTEMİ İLE HİNDİ GÖĞÜS ETİNİN KURUTULMASI

Feyza ELMAS

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mehmet KOÇ

2020, 170 sayfa

Bu çalışmada hindi göğüs etinin farklı ön kurutma yöntemleri (sıcak hava ile kurutma, mikrodalga kurutma ve dondurarak kurutma) ile puf kurutma öncesi sahip olması gereken nem içeriklerine düşürülmesi ve puf kurutma yöntemi ile yüksek protein içerikli atıştırmalık ürün formuna dönüştürülmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, puf kurutma işlem koşulları olan şişirilme sıcaklığı, şişirilme süresi ve vakum sıcaklığı bağımsız değişkenlerinin Box-Behnken deneme dizaynına göre optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Sabit puf kurutma koşullarında üretilen hindi göğüs eti örnekleri için en uygun ön kurutma yöntemi, işlem koşulları ve ön kurutulmuş ürün nem içeriği belirlenmiştir. Sonuçlar doğrultusunda, dondurarak ön kurutma yöntemi ile 0.2 mbar basınçta % 50 nem içeriğinin uygun olduğuna karar verilmiştir.

Ön kurutma yöntemi, işlem koşulları ve ön kurutulmuş örneğin nem içeriğinin belirlenmesinin ardından Box-Behnken deneme dizaynına göre bağımsız işlem değişkenleri olan şişirilme sıcaklığı 100-125 °C, şişirilme süresi 10-25 dakika ve vakum sıcaklığı 70-90°C arasındaki değerlerde optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Hedef olarak, su aktivitesi, protein içeriği, genişleme oranı ve duyuusal gevreklik seçilmiş olup, gerçekleştirilen optimizasyon işlemine göre, optimum puf kurutma işlem koşulları, şişirilme sıcaklığı 102.47°C, şişirilme süresi 10 dakika ve vakum sıcaklığı 90°C olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hindi göğüs eti, Dondurarak Kurutma, Sıcak Hava ile Kurutma, Mikrodalga ile Kurutma, Puf Kurutma, Et Atıştırmalığı

ABSTRACT

DRYING OF TURKEY BREAST WITH PUFF DRYING TECHNIQUE

Feyza ELMAS

MSc Thesis, Food Engineering

Supervisor: Assoc.Prof. Mehmet KOÇ

2020, 170 pages

In this study, it was carried out to reduce the turkey breast meat to the moisture content that it should have before puff drying with the use of different pre-drying methods (hot air drying, microwave drying and freeze-drying), and to convert it into a high-protein snack product. In addition, the puff drying process conditions, puffing temperature, puffing time and vacuum temperature that independent variables were optimized according to the Box-Behnken trial design. Before optimization process, the most suitable pre-drying method, process conditions and moisture content of the pre-dried product were determined for turkey breast meat samples that produced under fixed puff drying conditions. Three different pre-drying methods were used during the determination of the pre-drying process. In line with the results, it was decided that 50% moisture content at 0.2 mbar pressure was suitable by freeze pre-drying method.

After determining the pre-drying method, process conditions and moisture content of the pre-dried sample, the optimization process was performed between puffing temperature 100-125°C, puffing time 10-25 minutes and vacuum temperature 70-90°C, which are independent process variables according to the Box-Behnken trial design. As the target, minimum water activity, maximum protein content, expansion rate and sensory crispness were chosen, and the optimum puff drying process conditions, puffing temperature, puffing time and vacuum temperature was found as 102.47°C, 10 minutes and 90°C, respectively.

Key Words: Turkey breast meat, freeze drying, microwave drying, hot air drying, explosive puffing drying



ÖNSÖZ

Lisansüstü eğitimim boyunca gerek edindiğim bilgiler ve akademik alanda ilerlemelerimde gerekse tezimin oluşum aşamasında, yönetiminde ve aynı zamanda çalışmalarım esnasında karşılaştığım sorunların çözümünde desteğini maddi, manevi hiçbir zaman esirgemeyen ve her zaman yanımda olan saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Mehmet KOÇ 'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Figen ERTEKİN, Prof. Dr. Fatma Meltem SERDAROĞLU ve Doç. Dr. Nurcan KOCA' ya teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım süresince analizlerimin yürütülmesinde her zaman yanımda olan Anıl BODRUK, Özgün KÖPRÜALAN ve Özgül ALTAY' a çok teşekkür ederim.

Tezim aşamasında, manevi desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan arkadaşlarım Hira YÜKSEL, Ali KOZLU, Öyküsü ATILGAN, Şeyma AKKAYA, Deniz ARSLAN, Yunus Emre BAŞ ve Esra ŞAVKI BAŞ' a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen anne ve babama teşekkür ederim.

Her zaman ve her koşulda yanımda olarak bana güç veren ve beni her zaman destekleyen ablamlar Emine ÇETİNKAYA ve Mediha ELMAS'a sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışması TÜBİTAK TOVAG 117 O 954 numaralı projenin bir kısmı olarak gerçekleştirilmiştir. Desteği bulunan TÜBİTAK TOVAG'a ve et örneklerinin temininde maddi destek sağlayan Pınar Entegre Et ve Un Sanayi A.Ş.' ye teşekkürlerimi sunarım.

Feyza ELMAS



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vii
ÖNSÖZ.....	x
KISALTMALAR DİZİNİ	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxi
EKLER DİZİNİ.....	xxviii
1 . GİRİŞ.....	1
2 . KAYNAK ÖZETLERİ.....	3
2.1 Hindi Etinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	3
2.2 Marinasyon Önemi ve Uygulama Yöntemleri.....	4
2.3 Hindi Eti Bazlı İşlenmiş Ürünler	6
2.4 Atıştırmalık Gıdalar ve Üretim Yöntemleri.....	7
2.4.1 Kızartma	8
2.4.2 Fırlama ve Kavurma	8
2.4.3 Ekstrüzyon.....	9
2.4.4 Kurutma ve kurutma yöntemleri.....	10
2.5 Et Atıştırmalıkları ve Yapılan Çalışmalar	15
2.6 Yanıt/Yüzey Yöntemi.....	21
2.6.1 Box-Behnken deneme dizaynı.....	24

2.6.2 Optimizasyon	25
3 . MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1 Materyal	26
3.2 Yöntem.....	27
3.2.1 Deneme Planı	27
3.2.2 Örnek Hazırlama ve Marinasyon	28
3.2.3 Ön Kurutma Denemeleri ve Kurutma Kinetiğinin Belirlenmesi.....	29
3.2.4 Uygun Ön Kurutma İşleminin Seçimi.....	33
3.2.5 Puf Kurutma İşlem Koşullarının Optimizasyonu	33
3.3 Analiz Yöntemleri.....	35
3.3.1 Bileşim Analizleri	36
3.3.2 Su Aktivitesi (aw).....	37
3.3.3 Renk Analizi.....	37
3.3.4 Yığın Yoğunluğu.....	37
3.3.5 Genişleme Oranı.....	37
3.3.6 Ağırlık Kaybı.....	37
3.3.7 Rehidrasyon Oranı.....	38
3.3.8 Doku Analizi	38
3.3.9 Makro ve Mikro Yapının Belirlenmesi	38
3.3.10 Oksidasyon derecesi (TBARS değeri)	38
3.3.11 Duyusal Değerlendirme.....	39

3.3.12 Mikrobiyolojik Analiz	39
3.3.13 İstatistiksel Analiz	39
4 . BULGULAR	40
4.1 Taze Hindi Göğüs Eti Bileşimi.....	40
4.2 Marinasyon Formülasyonunun Belirlenmesi ve Marine Hindi Göğüs Eti Bileşimi	41
4.3 Ön kurutma İşlem Sürelerinin Belirlenmesi	44
4.4 Ön Kurutma Denemeleri	48
4.4.1 Mikrodalga ile Kurutma	48
4.4.2 Sıcak Hava ile Kurutma.....	74
4.4.3 Dondurarak Kurutma.....	97
4.5 Puf Kurutma İşlem Koşullarının Optimizasyonu	119
4.5.1 Puf kurutma işlem koşullarının hindi göğüs etinin kalite özellikleri üzerine etkisi.....	119
4.5.2 Optimum noktanın belirlenmesi	151
4.5.3 Optimum noktanın doğrulanması	151
5 . TARTIŞMA VE SONUÇ.....	152
KAYNAKLAR.....	154
ÖZGEÇMİŞ.....	171

KISALTMALAR DİZİNİ

HACCP : Hazard Analysis and Critical Point

TBARS : Tiyobarbitürat reaktif maddeler.

RSM : Response Surface Methodology

PLC : Programmable Logic Controller

ANOVA : Analysis of Variance

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Patlatmalı puf kurutucu (1. Vakum pompası 2. Vakum vanası 3. İnfrared termometre 4. Kurutma odası 5. Örnek tepsisi 6. İnfrared ısıtıcı plaka 7. Kontrol paneli 8. Basınç vanası 9. Kompresör).....	13
Şekil 2.2 Genel yanıt yüzey yöntemi metodolojisi konsepti	23
Şekil 2.3 Box-Behnken dizaynı şematik gösterimi	24
Şekil 3.1 Hindi göğüs eti örneklerinin kurutulması çalışmalarındaki deneme planı şeması.....	28
Şekil 3.2 Puf kurutucu şematik gösterimi	32
Şekil 3.3 Puf kurutma cihazı ve kullanıcı ekranı.....	32
Şekil 4.1 Sıcak hava ile kurutma yöntemi ile kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin kuruma eğrileri.....	44
Şekil 4.2 Mikrodalga ile kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin kuruma eğrileri	45
Şekil 4.3 Mikrodalga ile kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin kuruma eğrileri	45
Şekil 4.4 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin görüntüleri (1; ön kurutma sonrası, 2; puf kurutma sonrası).....	48
Şekil 4.5 Mikrodalga ile ön kurutma ve ardından puf kurutma uygulanan örneklerin makro yapı görüntüleri.....	70
Şekil 4.6 Mikrodalga ile ön kurutma ve ardından puf kurutma uygulanan örneklerin mikro yapı görüntüleri	71
Şekil 4.7 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin görüntüleri (1; ön kurutma sonrası, 2; puf kurutma sonrası).....	75

Şekil 4.8 Sıcak hava ile ön kurutma ve ardından puf kurutma uygulanan örneklerin makro yapı görüntüleri	94
Şekil 4.9 Sıcak hava ile ön kurutma ve ardından puf kurutma uygulanan örneklerin mikro yapı görüntüleri	95
Şekil 4.10 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin görüntüleri (1; ön kurutma sonrası, 2; puf kurutma sonrası)	98
Şekil 4.11 Dondurarak ön kurutma ve ardından puf kurutma uygulanan örneklerin makro yapı görüntüleri	115
Şekil 4.12 Dondurarak ön kurutma ve ardından puf kurutma uygulanan örneklerin mikro yapı görüntüleri.....	117
Şekil 4.13 Nem içeriği, su aktivitesi ve pH değerleri için bağımsız işlem değişkenlerinin etkisini gösteren pertürbasyon grafikleri (A: Şişirilme sıcaklığı, B: Şişirilme süresi, C: Vakum sıcaklığı).....	124
Şekil 4.14 Nem içeriği, su aktivitesi ve pH değerleri için modelden tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler	126
Şekil 4.15 Yığın yoğunluğu, genişleme, rehidrasyon oranı ve gevreklik için bağımsız işlem değişkenlerinin etkisini gösteren pertürbasyon grafikleri (A: Şişirilme sıcaklığı, B: Şişirilme süresi, C: Vakum sıcaklığı)	130
Şekil 4.16 Yığın yoğunluğu, genişleme, rehidrasyon oranı ve dokusal sertlik, gevreklik için modelden tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler.....	132
Şekil 4.17 L* değeri için bağımsız işlem değişkenlerinin etkisini gösteren pertürbasyon grafiği (A: Şişirilme sıcaklığı, B: Şişirilme süresi, C: Vakum sıcaklığı).....	134
Şekil 4.18 L*değeri için modelden tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler	136
Şekil 4.19 Yağ ve protein içeriği değerleri için bağımsız işlem değişkenlerinin etkisini gösteren pertürbasyon grafikleri (A: Şişirilme sıcaklığı, B: Şişirilme süresi, C: Vakum sıcaklığı).....	140

Şekil 4.20 Protein ve yağ içeriği değerleri için modelden tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler.....	142
Şekil 4.21 Duyusal değerlendirme analizlerinden renk tanımlama ve beğeni, şişirilme derecesi, gevreklik, doku ve tüm izlenim değerleri için bağımsız işlem değişkenlerinin etkisini gösteren pertürbasyon grafikleri (A: Şişirilme sıcaklığı, B: Şişirilme süresi, C: Vakum sıcaklığı).....	147
Şekil 4.22 Duyusal değerlendirme için modelden tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler	150

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Et atıştırma kalırları üzerine yapılan çalışmalar.....	16
Çizelge 3.1 Ön kurutulmuş hindi göğüs eti örnekleri için puf kurutma işlem parametreleri	34
Çizelge 3.2 Hindi göğüs etinin puf kurutma koşullarının optimizasyonu aşamasında izlenecek olan Box- Behnken Deneme Dizaynı	34
Çizelge 3.3 Çalışma boyunca uygulanan analizler.....	36
Çizelge 4.1 Taze hindi göğüs eti örneklerine ait ortalama analiz sonuçları.....	40
Çizelge 4.2 Üç farklı marinat kullanılarak hazırlanmış marine etlerin pH ve tuz sonuçları.....	41
Çizelge 4.3 Dört farklı marinasyon formülasyonu kullanılarak hazırlanmış etlerin pH, tuz, nem içeriği ve sertlik sonuçları.....	42
Çizelge 4.4 % 1.5 asetik asit ve % 2 tuz içeren çözelti ile marine edilmiş hindi göğüs eti örneklerine ait ortalama analiz sonuçları	43
Çizelge 4.5 Hindi göğüs etinin farklı ön kurutma ve puf kurutma işlem parametreleri ve süreleri.....	46
Çizelge 4.6 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin nem içeriği, su aktivitesi değeri ve pH analiz sonuçları.....	49
Çizelge 4.7 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin ağırlık kaybı, nem içeriği, aw değeri ve pH değeri özelliklerine ait ANOVA sonuçları	50
Çizelge 4.8 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik, gevreklik ve rehidrasyon oranı sonuçları	53
Çizelge 4.9 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma işlemi uygulanan örneklerin yığın yoğunluğu rehidrasyon oranı, genişleme oranı, sertlik ve gevreklik değerlerine ait ANOVA sonuçları.....	56

Çizelge 4.10 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin renk değeri sonuçları	58
Çizelge 4.11 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin renk değerlerine ait ANOVA sonuçları	60
Çizelge 4.12 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin kimyasal bileşim analizi sonuçları.....	61
Çizelge 4.13 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin kimyasal bileşimlerine ait ANOVA sonuçları.....	64
Çizelge 4.14 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değeriendirme sonuçları.....	66
Çizelge 4.15 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değeriendirme sonuçları (devam).....	67
Çizelge 4.16 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değeriendirmelerine ait ANOVA sonuçları	68
Çizelge 4.17 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değeriendirmelerine ait ANOVA sonuçları (devam)	69
Çizelge 4.18 Mikrodalga ile ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanan örneklerin ortalama gözenek çapı ve porozite sonuçları	72
Çizelge 4.19 Mikrodalga ile ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanan örneklerin ortalama gözenek çapı ve porozitelerine ait ANOVA sonuçları	73
Çizelge 4.20 540 Watt mikrodalga gücünde %30 nem içeriğine kadar ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneğin mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	73
Çizelge 4.21 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin nem içeriği, su aktivitesi değeri ve pH analiz sonuçları.....	76
Çizelge 4.22 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin ağırlık kaybı, nem içeriği, aw değeri ve pH değeri özelliklerinin ANOVA sonuçları	79

Çizelge 4.23 Sıcak hava ile ön kurutma örneklerine ait yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik, gevreklik ve puf kurutma uygulanan örneklere ait yığın yoğunluğu, genişleme oranı, rehidrasyon oranı, sertlik, gevreklik sonuçları.....	81
Çizelge 4.24 Sıcak hava ile ön kurutma örneklerine ait yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik, gevreklik ve puf kurutma uygulanan örneklere ait yığın yoğunluğu, genişleme oranı, rehidrasyon oranı, sertlik, gevreklik değerlerinin ANOVA sonuçları.....	83
Çizelge 4.25 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin renk değeri sonuçları.....	84
Çizelge 4.26 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin renk değerlerine ait ANOVA sonuçları.....	86
Çizelge 4.27 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin kimyasal bileşim analizi sonuçları.....	87
Çizelge 4.28 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin kimyasal bileşimlerinin ANOVA sonuçları.....	89
Çizelge 4.29 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değerlendirme sonuçları.....	90
Çizelge 4.30 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değerlendirme sonuçları (devam).....	91
Çizelge 4.31 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değerlendirme ANOVA sonuçları.....	92
Çizelge 4.32 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değerlendirme sonuçları (devam).....	93
Çizelge 4.33 Sıcak hava ile ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanan örneklerin ortalama gözenek çapı ve porozite sonuçları.....	96
Çizelge 4.34 Sıcak hava ile ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanan örneklere ait ortalama gözenek çapı ve porozite değerlerinin ANOVA sonuçları.....	96

Çizelge 4.35 90°C kurutucu hava sıcaklığında %50 nem içeriğine kadar ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneğin mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	97
Çizelge 4.36 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin nem içeriği, su aktivitesi değeri ve pH analiz sonuçları	99
Çizelge 4.37 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin ağırlık kaybı, nem içeriği, aw değeri ve pH değerlerine ait ANOVA sonuçları	100
Çizelge 4.38 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik, gevreklik ve rehidrasyon oranı sonuçları ..	102
Çizelge 4.39 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma işlemi uygulanan örneklerin yığın yoğunluğu rehidrasyon oranı, genişleme oranı, sertlik ve gevreklik değerlerine ait ANOVA sonuçları	103
Çizelge 4.40 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin renk değeri sonuçları	105
Çizelge 4.41 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin renk değerlerine ait ANOVA sonuçları	106
Çizelge 4.42 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin kimyasal bileşim analizi sonuçları.....	108
Çizelge 4.43 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin kimyasal bileşim sonuçlarına ait ANOVA sonuçları	110
Çizelge 4.44 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değerlendirme sonuçları.....	111
Çizelge 4.45 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değerlendirme sonuçları (devam).....	112
Çizelge 4.46 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değerlendirme ANOVA sonuçları	113
Çizelge 4.47 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değerlendirme ANOVA sonuçları (devam)	114

Çizelge 4.48 Dondurarak ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanan örneklerin ortalama gözenek çapı ve porozite sonuçları	118
Çizelge 4.49 Dondurarak ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanan örneklerin ortalama gözenek çapı ve porozite ANOVA sonuçları.....	118
Çizelge 4.50 0.15 mbar vakum basıncında %50 nem içeriğine kadar ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneğin mikrobiyolojik analiz sonuçları	119
Çizelge 4.51 Puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin ağırlık kaybı, nem içeriği, su aktivitesi ve pH değerleri.....	123
Çizelge 4.52 Nem içeriği, su aktivitesi ve pH değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu	125
Çizelge 4.53 Puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin yığın yoğunluğu, genişleme oranı, rehidrasyon oranı, sertlik ve gevreklik sonuçları	129
Çizelge 4.54 Yığın yoğunluğu, genişleme oranı, rehidrasyon oranı, sertlik ve gevreklik değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu.....	131
Çizelge 4.55 Puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin L*, a*, b* değerleri ..	134
Çizelge 4.56 L*, a, b değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu	135
Çizelge 4.57 Puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin tuz, yağ, protein içeriği ve TBA sonuçları	139
Çizelge 4.58 Tuz, yağ, protein içeriği ve TBA değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu	141
Çizelge 4.59 Puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin duyuşal değerlendirme sonuçları.....	145
Çizelge 4.60 Duyuşal değerlendirme sonuçları üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini kuadratik model ile gösteren ANOVA tablosu	148

Çizelge 4.61 Duyusal değerlendirme sonuçları üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini lineer model ile gösteren ANOVA tablosu 149

Çizelge 4.62 Desirability fonksiyonu yaklaşımı ile belirlenen optimum noktalar 151

Çizelge 4.63 Optimizasyon doğrulamasının istatistiksel analiz sonuçları 152





EKLER DİZİNİ

Ek Şekil A.1 Duyusal Değerlendirme Formu..... 167





1. GİRİŞ

Hayvansal kökenli gıdalar sağlık açısından insan beslemesinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Fiziksel gelişimin yanı sıra zihinsel gelişim açısından da özellikle çocuk ve genç yaştaki bireyler için tüketimi gerekli bir gıdadır. Hayvansal kaynaklı proteinlerin sindirilebilir zorunlu aminoasit değerlerinin bitkisel kaynaklı proteinlere göre daha yüksek olması sebebiyle, sıklıkla tüketilmesi önerilmektedir (Wolfe, 2015). Son zamanlarda, hayvansal gıdalar içerisinde, beyaz etler protein oranının yüksek olması, kolesterol seviyesinin düşük olması gibi nedenlerle özellikle sağlık açısından kırmızı et yerine tercih edilmeye başlanmıştır (Kırkpınar ve Mert, 2004). Ayrıca, beyaz et sektörünün endüstriyel olarak seri üretime uygunluğu ve düşük üretim maliyeti, tüketime hayvansal protein sağlanmasında katkıda bulunmaktadır. Kanatlı hayvanlar ile yapılan üretimin çiftlik hayvanları ile yapılan üretilere kıyasla yemleme verimi, kısa üretim süreleri gibi nedenlerle daha ekonomik olması da büyük avantaj sağlamaktadır (Çınar, 2007). Son yıllarda tüketici talebi de kırmızı etlerden daha az yağ içeren ekonomik bir protein kaynağı olması nedeniyle beyaz ete yönelik olarak artış göstermiştir. Kanatlı eti, domuz eti sonrası dünyada en çok tüketilen ikinci et türüdür ve sektördeki en dinamik iş kolunu oluşturmaktadır. Tavuk eti %8 ile dünyadaki en büyük paya sahip olup bunu hindi (%7.5), ördek (%4.2), kaz (%2.8) ve diğer kanatlı etleri (bıldırcın, keklik, sülün vb.) takip etmektedir (Conner vd., 2000). Özellikle Türkiye’de hindi eti, ürün çeşitliliği, sağlık faydaları, üretim kolaylığı, kırmızı ete oranla düşük satış fiyatı gibi nedenlerden dolayı tüketimi sürekli artan bir gıda haline gelmiştir (ITO, 2004).

Entegre hindi üretimi Dünya’da 1980’lerde başlamış olup, Türkiye’de ilk entegre firma 1995 yılında kurulmuş ve artan taleple birlikte piyasadaki yerini genişletmiştir. Türkiye’de iyi bilinen tavuk yetiştiriciliği ile birlikte hindi yetiştiriciliği ve hindi eti sektörü de hızla gelişme göstermiştir. Türkiye’de 2017 yılında hindi sayısı, %67’lik payla 2 bölgede toplanmış olmakla beraber; %38’i Ege Bölgesi ve %34’ü Doğu Marmara Bölgesi’nde bulunmaktadır.

Et son derece hızlı bozulabilir bir gıda olmakla birlikte, taze şekilde tüketilememekte, bu nedenle işlenmesi ve depolanması önem arz etmektedir (Arnau, vd., 2007; Jones, vd 2001). Bununla birlikte, özellikle gelişmekte olan ülkelerde eti korumak için sosyo-ekonomik seviyeye uygun, kolay uygulanabilir

ve düşük bütçeli bir teknolojiye ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle soğutmanın sınırlı olduğu gelişmekte olan ülkelerde, etin tuzlama, baharat ve kurutma kombinasyonu ile korunması uzun yıllardan beri uygulanmaktadır. Bu teknikle üretilen et ürünleri için depolama, nakliye ve pazarlama sırasında soğutma işlemi gerekli görülmemektedir (Arnau vd., 2007).

Kanatlı etinin kesimden satışa kadar işlenmesi ve pazarlanması, son derece gelişmiş teknolojiler ve tam otomatik sistemler içermekte olup aynı zamanda standartlar (ISO ve HACCP) ile güvence altına alınmıştır. Fumigasyon, kaplama, konserve, sertleştirme, marine etme ve kurutma ileri et işleme için kullanılan önemli tekniklerdir. Günümüzde üreticiler, sağlıklı gıdalardan elde edilebilen ve hızlı tüketime uygun kümes hayvanları jambonu, domuz pastırması, sosisli sandviç ve kuru fermente sosis gibi atıştırmalık ürünlere doğru eğilim göstermektedir (Barbut, 2001; Kargozari vd., 2014).

Tüketime hazır, kolay erişilebilir ve iştah hissini anlık olarak tatmin edebilen küçük, hafif yiyecekler atıştırmalık ürünler olarak tanımlanmaktadır (Hurtado vd., 2001). Atıştırmalık endüstrisi, bisküvi, kraker, cips, kurabiye, fındık, çikolata, kuru meyve, tahıl ve atıştırmalık büfeleri vb. olmak üzere büyük bir alanı kapsamaktadır. Ancak bu atıştırmalıkların çoğunun çok yağlı, şekerli veya tuzlu içeriğe sahip olması nedenleri ile tüketici talebini karşılamak için yeni sağlıklı atıştırmalık ürün tasarımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Son yıllarda kronik hastalıklar, yanlış beslenme alışkanlıkları, çevresel etkiler, yetersiz fiziksel aktiviteler ve yaşam tarzı gibi bazı risk faktörlerinde artışla birlikte artmaktadır. Çok fazla yağ, tuz ve şeker içeren atıştırmalık yiyecekler de bu bağlamda bir risk faktörü olarak kabul edilebilir. Bu atıştırmalık yiyeceklerin yaklaşık dörtte üçünün insan sağlığı için gerekli besin maddelerine sahip olmadığı bulunmuştur (Bauer vd., 2014). Bir araştırmada, atıştırmalıkların enerji dengesi ve diyet kalitesi üzerindeki etkileri France Bellisle tarafından araştırılmıştır (Bellisle, 2014). Aşırı kilolu ve sağlıksız bireylerin düzensiz, yüksek yağlı, tuzlu ve şekerli atıştırmalıkları tercih ettiği, ancak daha ince ve sağlıklı bireylerin düzenli olarak protein bakımından zengin düşük yağlı atıştırmalıkları tercih ettiği gözlenmiştir. Bu nedenlerle, günümüzde atıştırmalık yiyecekler insan beslenmesinin önemli bir parçası haline gelmeye başlamış, kişinin sosyal statüsünden, yaşından veya cinsiyetinden bağımsız şekilde tüketilmeye başlanmıştır. Bu bağlamda, genişleyen atıştırmalık endüstrisi ile birlikte, tüm dünyada çeşitli atıştırmalıklar tüketiciye sunulmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmalar ışığında, atıştırmalık ürün üretiminde,

genellikle ekstrüzyon, kızartma, dondurarak ve sıcak hava kurutma teknolojisinin kullanıldığı, fakat bu yöntemlerin belirli dezavantajlarının bulunmasından dolayı, bu alanda alternatif teknolojilerin yer almaya başladığı görülmektedir.

Puf kurutma yöntemi, ürünün doğrudan kullanımını ve ekstrüzyon yönteminde elde edilen son ürün özelliklerini sağlayan alternatif bir kurutma yöntemidir. Puf kurutma yöntemi basınç farkına dayanan sistemi ile ürünün tekstürize edilmesini sağlayan bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Kozempel vd., 1989). Bu yöntem ile ısı zarar minimuma indirilerek, bileşen korunumu açısından büyük avantajlar sağlanmaktadır. Ürüne uygulanan kısa süreli basınç ve sıcaklık ile, yapıda boşluklar oluşturulmakta ve sonrasında uygulanan vakum ile suyun uzaklaşması sağlanarak, dokunun ve genel kalitenin korunması sağlanmaktadır. Son yıllarda uygulama alanı genişleyen bu yöntemle (Bi vd., 2015; Lee ve Lee, 2009), çoğunlukla meyve ve sebzelerle ilgili çalışılmıştır. Puf kurutma ile et ürünlerinin kurutulmasına yönelik herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu tez kapsamında, farklı ön kurutma teknikleri ve puf kurutma tekniği ile hindi göğüs etinden protein içeriği ve dokusal niteliği yüksek atıştırmalık ürün üretilmesi, ön kurutma işlemlerinin kaliteye etkisinin incelenmesi, puf kurutma koşullarının optimize edilmesi amaçlanmaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Hindi Etinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Canlı ağırlık değeri üzerinden yaklaşık olarak %65'i insan gıdası olarak kullanılabilenekte olan hindi eti randımanın %30'unu göğüs eti oluşturmaktadır. Hindi göğüs etinin protein oranı %20-22 aralığında değişim gösterirken bu değer, but ve kanat kısmı için sırasıyla %20.9 ve %22.3 şeklindedir. Hindi eti, başta lizin olmak üzere, alanin, serin, aspartik asit, metiyonin, glutamik asit ve tirozin aminoasitlerini yüksek düzeyde içermektedir. Özellikle, gelişim çağındaki bebeklerin lizin aminoasidine 2.5-3.5 kat fazla ihtiyaç duyulduğu bilinmektedir (Masiero, 1993).

Hindi eti yağ oranı kırmızı ete oranla çok daha azdır. Çünkü yağın önemli bir kısmı hindi etinde derinin altında bulunmaktadır. Bu nedenle, derinin tüketilmediği durumlarda vücuda alınan yağ miktarı oldukça az olmaktadır. 100 g sığır etinde ve koyun etinde sırasıyla 68 mg ve 71 mg kolesterol bulunurken bu

değer hindi eti için 65 mg'dır. Bunun yanı sıra, hindi eti sığır ve domuz etinden daha fazla doymamış yağ içermekte olup, sodyum düzeyi düşük olması sebebi ile de tuzun kısıtlı kullanılması gereken durumlarda sıklıkla tercih edilmektedir (Stadelman vd., 1988). Ayrıca, hindi eti tiamin, pontotanik asit, riboflavin, B5, B12 ve A vitamini içermektedir (Özbay, 2009).

Çiğ ette, tat ve doku özellikleri tüketici kalitesi algısında çok önemlidir (Szczeniak, 1990). Özellikle doku gıda ürünlerinin seçimi ve tüketimi sürecinde birincil ve önemli bir faktördür (Moskowitz ve Jacobs, 1987; Szczeniak ve Kleyn, 1963). Hindi etinin tat ve dokusunun toplam lipidlerin ortalama seviyeleri, daha az doymuş yağ asitleri ve kolesterol gibi özelliklerinden dolayı arzu edilen seviyededir. Kas proteini jelasyonu, işlenmiş et ürünlerinin dokusal özelliklerine katkıda bulunan en önemli fonksiyonel özelliklerden biridir. Çeşitli faktörler kas proteini jel özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bunlar arasında kas tipi, sertlik durumu, iyonik güç, pH ve bağ dokusu miktarı bulunmaktadır (Xiong ve Brekke, 1991). Beyaz ve koyu etten hazırlanan kümes hayvanları ürünleri arasındaki dokusal farklılıklar buna bir örnektir. İzole kanatlı eti proteinlerinin jel oluşumu üzerindeki pH etkisinin, dokusal özelliklerin belirlenmesinde çok önemli olduğu gösterilmiştir. Wang vd. (1990) tavuk göğsü etinden elde edilen tuzda çözünen proteinlerin pH 5.5 'te pH 7.5 'e göre önemli ölçüde daha yüksek sertlik modülleri gösterdiğini bildirmiştir. Etin işlemeden önce marine edilmesi, uzun yıllardır kullanılan pratik bir ön işlemdir. Marine etme, doku pH'ını değiştirmek için ürünlerin asidik veya alkalın bir çözelti ile muamele edilmesi işlemdir (Wood vd., 2003) Marine etme işlemi dokusal özellikleri geliştirerek ve ilave suyun tutulması nedeniyle satılabilir ürünün ağırlığını da artırmaktadır (Burke ve Monahan 2003). Marinasyon işlemi taze etin pH sını değiştirme ve dokusal özellik kazandırmanı yanı sıra, aroma kazandırma ve mikrobiyolojik güvenilirliğin sağlanmasında da önemli bir adımdır.

2.2 Marinasyon Önemi ve Uygulama Yöntemleri

Et ürünlerinin raf ömrünün arttırılması, tüketicilerin sağlıklı ve kaliteli ürün talebinin karşılanması sebebi ile doğal muhafaza yöntemlerine yönelim artmaktadır. Bu kapsamda, bitki, baharat, asit ile farklı marinasyon teknikleri kullanılarak ete lezzet ve aroma kazandırılmasının yanı sıra bu bileşenlerin sağlamış olduğu antimikrobiyal ve antioksidan özellikler etin muhafaza edilmesinde de önemli bir yere sahiptir (Harmankaya, 2013). Hosseini ve Mehr

(2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, etin sitrik asit ile marine edilmesinin, duyuusal özellikleri önemli düzeyde iyileştirdiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca marine edilmiş örneklerin daha parlak ve yumuşak olmasının, etin tercih edilebilirliği üzerinde önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir. pH derecesinin düşmesi, mikrobiyal açıdan güvenli alan sağlarken, bu değere bağlı diğer parametrelerin de olumlu etkilendiği aktarılmıştır.

Marinasyon işlemi, etin yumuşatılması, gevrekleştirilmesi, lezzet ve aroma kazandırılması amacı ile tuz, fosfat, organik asit, baharat ve çeşitli katkı maddeleri ile işlem görmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Lemos vd., 1999; Ergezer ve Gökçe, 2004). Marinasyon işlemi oldukça eski bir yöntem olmasına rağmen yeni marinasyon sistemleri ile her geçen gün gelişmektedir. Günümüzde, birçok marinasyon yöntemi bulunmakla birlikte başlıcaları, daldırma, enjeksiyon ve tamburlama yöntemleridir.

En basit yöntem olarak bilinen daldırma yönteminde, et üzerine hazırlanan marinasyon karışımı eklenerek buzdolabı koşullarında (4.4°C'nin altında) bekletilmektedir (Smith ve Acton, 2001). Daldırma yöntemindeki en kritik nokta, hedeflenen duyuusal özelliklere ulaşabilmek adına etin marinasyon karışımı ile tamamen doldurulması gerektiğidir (Alarcon-Rojo, 2010). Düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir olmasının yanı sıra, daldırma yöntemi bekletme sırasında çalkalama, karıştırma gibi modifikasyonlarla geliştirilebilir bir yöntemdir (Fletcher, 1997).

Tamburlama yöntemi ise, marinasyon karışımının ete olan etkisinin artırılması amacı ile kullanılan mekanik hareketlere dayalı bir sistemdir. Tamburlama yönteminde, marinasyon karışımının içindeki yatay veya dikey kollar yardımı ile ete baskı uygulanarak hem marinasyon işleminin verimi arttırılmakta hem de marinasyon süresi hızlandırılmaktadır (Knip, 2014). Tamburlama yöntemi etkili bir yöntem olsa da ekipman maliyeti diğer marinasyon yöntemlerinden daha fazladır (Gao vd., 2015).

Enjeksiyon yöntemi, ilk olarak hindi karkaslarında kullanılan bir yöntem olup, ilerleyen süreçte, tavuk etinde ve kırmızı ette de kullanılmaya başlanan modern bir yöntemdir. Yöntemin prensibi marinasyon sıvısının iğne veya probalar yardımı ile ete enjekte edilmesine dayanmaktadır (Smith ve Acton, 2010). Bu yöntemde basınç ile marinasyon karışımının dokulara ulaşması kısa süre içerisinde

sağlanmakta ve enjekte edilemeyen soslar tekrar toplanıp filtre edilerek kullanılabilir (Doğu, 2009). Kurulum maliyetinin yüksek olması sebebi ile enjeksiyon yöntemi daha çok endüstriyel alanlarda tercih edilmektedir (Alvarado ve Sams, 2003).

2.3 Hindi Eti Bazlı İşlenmiş Ürünler

Son yıllarda kanatlı etinin tüketim oranları artmakla beraber kanatlı eti ürünleri kırmızı et ürünlerine rakip olmaktadır. Bu durumun sebepleri kanatlı işleme proseslerinin gelişmesi, üretim maliyetlerinin azalması, yeni ürün gelişimine açık olması, kanatlı etlerin kırmızı ete göre daha ucuz olması şeklinde sıralanabilmektedir. Bunun yanı sıra, hindi füme ve hindi jambonu gibi yeni ürünlerin üretilmesi ile tüketicilerin kanatlı etlerinin daha az yağ içermesi ve daha fazla doymamış yağ içermesi, bu alanda ki tüketici talebini arttırmaktadır (Barbut, 2001). Günümüzde birçok farklı kanatlı hayvan eti işlenerek tüketicilere sunulmaktadır. Bunun yanı sıra, kırmızı et ürün proseslerinin beyaz etlere uygulanma eğilimi sonucunda Türklere özgü geleneksel pastırma prosesinin tavuk ve hindi etlerine entegre edilerek sürecin ve ürünün incelendiği çalışmalar mevcuttur. Doğruer ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada; hindi eti kullanılarak gerçekleştirilen pastırma üretiminde farklı kürlenme teknikleri kullanılmış ve bu tekniklerin ürünün raf ömrüne, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu kalitesine olan etkileri incelenmiştir (Doğruer vd., 2007). Çalışmada, ileri işlemenin, şarküteri ürünleri şekliyle hindi eti olarak sunulmasında büyük önem taşıdığı belirtilmektedir.

Tüketiciler, işlenmiş hindi etlerinden daha ziyade taze kemiksiz ve derisiz göğüs eti satın almaya eğilim gösterse de bu durum yeni işlenmiş hindi eti alternatifleri ile değişim göstermektedir. Tütsülenmiş hindi göğüs, hindi jambon (kürlenmiş ürün), hindi bacon, kanatlı frankfurter (emülsifiye ürün), kanatlı bologna (emülsifiye ürün), hindi köftesi, tavuk nugget bu ürünlere örnek olarak verilebilir (Barbut, 2001). Bu durum üreticiler açısından ise, taze hindi etinin raf ömrünü olabildiğince uzatılması gerekliliği ile karşımıza çıkmaktadır. Hem et ürünlerini satın alınma aşamasında hem de katma değerli et ürünleri üreten üreticiler için pH, damlama kaybı, doku, hassasiyet ve raf ömrü oldukça önemlidir (Allen vd., 1997).

2.4 Atıştırılabilir Gıdalar ve Üretim Yöntemleri

Günümüz tüketici tercihlerinin sağlıklı gıdalara yönelmesi sonucunda, bu alanda faaliyet gösteren gıda sektörü ve bu sektöre alt yapı oluşturacak bilimsel çalışmalar hareketlenmiştir. Kuru gıda üretiminde ve özellikle atıştırılabilir ürünlerde, kurutulan ürüne gözenekli yapı kazandırmak diğer tüm kuru gıdanın karakteristik yapısını etkilediğinden oldukça önemli bir hale gelmiştir. Gerçekleştirilen çalışmalar ışığında, atıştırılabilir ürün üretiminde, genellikle ekstrüzyon, kızartma, dondurarak ve sıcak hava kurutma teknolojisinin kullanıldığı, fakat bu yöntemlerin belirli dezavantajlarının bulunmasından dolayı, bu alanda alternatif teknolojilerin yer almaya başladığı görülmektedir. Kullanılan kurutma yöntemi ve parametreleri, kurutma sırasında gerçekleşen ısı ve kütle transfer mekanizması, ürün kompozisyonu gıdanın gözenekli bir yapı kazandırma başta olmak üzere tekstürel özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Patlatmalı puf kurutma teknolojisi, ekstrüzyon teknolojisinin dokusal ve duyuşal kazanımlarını sağlayan ve bahsedilen kurutma yöntemlerinde olduğu gibi örneğin direkt kullanım avantajını da bir arada içeren alternatif bir kurutma yöntemidir. Patlamalı puf kurutma teknolojisi, modifiye edilmiş sıcaklık ve basınçta, son yıllarda özellikle meyve ve sebze cipsleri olmak üzere atıştırılabilir ürün üretilmesi için ortaya çıkan çevre dostu, enerji tasarruflu bir kurutma teknolojisidir.

Ekstrüzyon, yüksek sıcaklıklarda ve basınçta kısa sürede gerçekleştirilen termomekanik bir pişirme işlemi olup karışımın yoğrulması, ısıtılması ve kesme işlemi uygulanması gibi çok farklı işlemlerden bir veya birkaçının kombinasyonu ile karışım içindeki ingrediyeşlere şekil vermek ve/veya pişirmek amacıyla oluşturulmuş mekanik bir sistemden maddenin dışarıya çıkmaya zorlanması şeklinde tanımlanmaktadır. Bu nedenle, ekstrüzyon teknolojisi, bir ürünü doğrudan atıştırılabilir forma dönüştürememektedir. Derin yağda kızartma veya vakumlu kızartma (Nunes ve Moreira, 2009) yöntemi ise, elde edilen kızarmış ürünlerin, gevrek dokusu ve çekici lezzetleri nedeniyle tüketiciye oldukça cazip gelmektedir. Ancak, kızartılmış ürünler, insan sağlığı için oldukça zararlı düzeyde yağ içeriğine sahiptir (Nath ve Chattopadhyay, 2008; Tabtiang vd., 2012).

Klasik kurutma işlemi, başka bileşenler ile karıştırma basamağı olmaksızın elde edilebilmekte fakat, elde edilen bu atıştırılabilir ürünler ekstrüzyon ve kızartma teknolojileri kullanılarak elde edilen ürünlere kıyasla, dokusal ve duyuşal özellikler açısından düşük tüketici beğenisine sahiptir. Kurutma teknolojisinin

atıştırılmalık ürün üretiminde birincil tercih edildiği ürün grubu meyve ve sebzelerdir. Fakat yaygın kullanımı bulunan sıcak hava ile kurutma, mikrodalga ile kurutma ve dondurarak kurutmanın, meyve ve sebze kurutulmasında kullanımında kalite özellikleri ve maliyet açısından bazı kısıtlar söz konusudur. Tüm bu nedenler ile, alternatif kurutma yöntemlerine olan ihtiyaç giderek artmaktadır.

2.4.1 Kızartma

Kızartma işlemi, gıdanın doğrudan sıvı veya katı yağ ile temasına dayalı ısı ve kütle transferini içeren bir pişirme yöntemi olarak tanımlanmaktadır. Kızartma yönteminde kullanılan yağ sıcaklığı yaklaşık 160-180°C kadar olup, iki temel işlevi bulunmaktadır. Bunlardan biri, ısı transferi için ortam sağlamaktır diğeri ise son ürünün bir parçası olmaktır.

Etlerde kullanılan kızartma yöntemleri; derin yağda kızartma (deep fat frying), sote ve az yağda kızartma yöntemleridir (shallow fat frying). Sote pişirme yöntemi kuru ısıda pişirme yöntemi, az yağda kızartma (shallow fat frying) yöntemi ise, yağ ile ısıtılmış kızartma tavaında uygulanan pişirme yöntemi olarak değerlendirilmektedir. Az yağda kızartma metodunda kullanılan yağ genellikle bitkisel yağlar olmakla birlikte hayvansal yağlar da kullanılabilir. Yağda pişirme uygulaması bağ dokusu yoğun etler için uygundur. Yüksek ısıya sahip yağlar kısa sürede pişme işleminin gerçekleşmesini sağlar. Kullanılan yağların ısı seviyesinin yüksek olması etin dış yüzeyinde Maillard reaksiyonu sonucu kahverengi renk oluşumuna neden olur (Gisslen, 2009).

Kızartma ile üretilen atıştırılmalıkların yağ içeriğinin %40'a kadar ulaşması, tüketicilerin sağlık üzerindeki etkileri konusunda endişe duymasına sebebiyet vermektedir (Berk, 2018). Ayrıca, kızartılmış gıdalarda yağların yapısı ve kızartma işlemine bağlı olarak akrilamid ve 3-MCPD gibi kanserojen özellik gösterebilecek bileşenlerin de bulunması bu tip gıdaların atıştırılmalık üretiminde kullanılması açısından sorunlar oluşturmaktadır. Mısır cipsi, patates cipsi, çörekler, patates kızartması kızartma yöntemi ile üretilen atıştırılmalıklar grubundadır.

2.4.2 Fırınlama ve Kavurma

Kavurma ve fırınlama sıcak hava ile pişirme yöntemi olup, kavurma yağda pişirme anlamına gelmektedir (Berk, 2018). Kavurma ve fırınlama iletim, konveksiyon ve radyasyon ısı transferlerini içermektedir.

Fırınlarda uygulanan pişirme işlemlerinde genel olarak, 175-200°C sıcaklık kullanılmakta olup bu aralık gıdaların türüne ve boyutlarına göre değişirken daha düşük veya daha yüksek dereceler de kullanılabilir (Walker ve Lundberg, 2000). Fırıncılık ürünleri için yaygın pişirme yöntemleri, bir fırında, sıcak küllerde veya sıcak taşlarda uzun süreli kuru ısı ile pişirmektir. Ekmek, diğer pişmiş gıdalar arasında en popüler fırın ürünüdür. Unlu mamullerin pişirilmesi, hamurun esas olarak un ve su ile bir yiyeceğe dönüştürülmesi işlemidir. Üretim sürecinde şeker, yağ, yumurta veya diğer katkı maddeleri gibi orijinal duyuşal özelliklere sahip olmaları amacıyla ürüne bazı katkı maddeleri ilave edilebilir Bisküvi, kraker, kek ve kurabiye bu ürünlerin örneklerindedir (Purlis, 2010). Mikrodalga gibi fırınlama türü işlemlerin pişirme kabiliyeti açısından hamurun pişirilmesi için enerji sağlamada yeterli kapasiteye sahip olmasına rağmen kabuk oluşumu ve yüzey kızarmada yeterli olmadığı bulunmuştur. Sonuç olarak, mikrodalgaların daha yüksek verime ulaşmak için radyasyon desteğine ihtiyaç duyduğu sonucuna varılmıştır (Berk, 2018).

Kavurma, çekirdeklerin susuz kaldığı ve kahverengileşme reaksiyonuna maruz kaldığı, çoğunlukla fındık için yapılan bir işlemdir. Bu nedenle, ürünün görünümü, dokusu ve lezzeti önemli ölçüde değişir (Kita, 2010). Tereyağı veya tuzlu fındık üretimi için yapılan fındıkların kuru kavurmasının sürekli veya partiler halinde olması mümkündür. Araştırmacıların bir kısmına göre, kavrulmuş yer fıstığının fındık aromasının sebebinin Maillard tipinin esmerleşme reaksiyonlarıdır (Berk, 2018).

2.4.3 Ekstrüzyon

Kurutma ile benzer özellikte olan ancak, gıdaların kurutulması sürecini daha kısa hale getirip gıdalara dokusal nitelik kazandıran bir yöntem olan ekstrüzyon da yaygın kullanılan bir atıştırmalık üretim yöntemidir. Ekstrüzyon teknolojisinde hamur veya bir emülsiyon formda sisteme beslenen ürüne basınç ve sıcaklık aynı anda uygulanarak ürünün dokusal niteliği geliştirilmekte ve son ürün haline getirilmektedir. Gıda malzemesindeki fiziksel ve kimyasal değişiklikler ekstrüderlerden sağlanan termal ve kesme enerjisi ile sağlanır. Bu nedenle, ekstrüzyon işlemi sırasında, karmaşık fizikokimyasal dönüşümler (nişasta jelleşmesi, protein denatürasyonu, hidrojen bağı kopması vb.) gerçekleşmektedir (Thakur ve Saxsena, 2000). Sadece atıştırmalıklar değil, aynı zamanda evcil hayvan gıdaları, kurabiye hamurları ve diğer birçok unlu mamuller ekstrüzyon

teknikleri ile üretilebilir. Ancak ekstrüzyon yönteminde örneğin hamur formunda işlenmesi gerektiğinden taze etten direkt olarak atıştırılacak bir ürün üretimi mevcut olmamakta, bu durumda ürün formülasyonu geliştirilmesi ve işleme süreci ile ilgili problemler oluşturmaktadır.

2.4.4 Kurutma ve kurutma yöntemleri

Gıdaların kurutulması, mikroorganizmaların büyümesi ve bozulmasına katkıda bulunan kimyasal ve enzimatik reaksiyonlar için gerekli olan suyun varlığını sınırlandırmak için gıda matrisinde bulunan nem içeriğini azaltmaya dayanan bir koruma yöntemidir. Kurutma işlemi sadece yüksek nem içeriğine sahip ürünlerin raf ömrünü uzatmakla kalmaz, aynı zamanda uygulanabilirlik, taşıma ve dağıtım maliyetlerini de aza indirmektedir. Kurutma işlemi temelde, nemli ürüne kurutucu ortam sağlanarak üründen nemin uzaklaştırılması prensibine dayanmakta olup, konveksiyon transfer mekanizmasını içermektedir. Gıdaların kurutulmasında kullanılan en eski yöntem olan güneşte kurutma, bu yöntemin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik açıdan gıda için riskli olması, homojen bir kurutmanın gerçekleşmemesi ve çok uzun sürmesi sebebi ile çeşitli farklı yöntemler geliştirilmiştir. Günümüzde birçok farklı kurutma tekniğinin kullanılmasının yanı sıra, özellikle atıştırılacak ürünlerin üretilmesinde güneşte kurutma, sıcak hava ile kurutma, dondurarak kurutma, mikrodalga kurutma ve puf kurutma yöntemlerinin kullanıldığı bilinmektedir.

2.4.4.1 Sıcak hava ile kurutma

Sıcak hava ile kurutma gıdaların kurutulmasında kullanılan en yaygın ve en eski yöntemdir. Kurutma prensibi, malzemenin nemin buharlaştığı sürekli akan sıcak bir hava akımına maruz kalmasına dayanmakta olup, higroskopik, büzüşen bir sistemde eşzamanlı kütle ve ısı aktarımını içeren bir işlemdir. Sıcak hava ile kurutma yöntemini temel alan tepsili kurutucu, kabin kurutucu, tünel kurutucu ve akışkan yatak kurutucu gibi kurutma düzenekleri mevcuttur. Sıcak havayla kurutma, geleneksel (güneşte) kurutmaya alternatif olarak geliştirilmiş, mikrobiyal kontaminasyonun ve bileşen kaybının engellendiği ve kurutma süresi açısından güneşte kurutmaya göre avantajlı bir uygulamadır. Sıcak hava ile kurutulmuş bir ürünün kalitesi, orijinal gıda ürününe kıyasla genellikle önemli ölçüde azalmaktadır (Ratti, 2001). Isıl zararın yüksek olduğu özellikle biyoaktif bileşenler ile çeşitli enzimatik aktiviteler, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları,

protein denatürasyonu ve renk değişimi gibi bazı kalite kayıpları ve değişiklikleri sebebi ile bu yöntemin kullanımında kısıtlar bulunmaktadır.

2.4.4.2 Mikrodalga Kurutma

Mikrodalga, elektromanyetik sistemlerin bir çeşidi olup, dalga boyları 0.001- 1m arasında değişen bir radyasyon formudur. 300 MHz (100 cm) ve 300 GHz (0,1 cm) frekans aralığında olan elektromanyetik dalgalar; ısıtma frekansları, endüstriyel, bilimsel ve tıbbi kullanımlar için belirlenmiştir (Özkan vd., 2007). Mikrodalga kurutma işleminin prensibi, nemin uzaklaştırılması için gerekli itici gücün iç bölgedeki ve yüzeydeki su buharı basınçları arasındaki farka dayanmaktadır (Datta, 2001). Mikrodalga kurutma diğer kurutma yöntemlerine kıyasla düşük kurutma süresi ve enerji kullanımının az olması bakımından oldukça avantajlıdır. Fakat, üründe oluşan tekstürel bozukluklar ve enerjinin ürüne penetrasyonunda yaşanan zorluklar nedeni ile etkili bir kurutma işleminin gerçekleştirilmesinde problemler yaşanmaktadır. Bu nedenler ile mikrodalga kurutma işleminin diğer kurutma yöntemleri ile kombine şekilde kullanımının bu gibi sorunları engelleyeceği bildirilmektedir (Vadivambal ve Jayas, 2007).

2.4.4.3 Dondurarak Kurutma

Dondurarak kurutma işlemi, düşük sıcaklık ve basınç uygulanarak gıdadan donmuş suyun sübimasyon yolu ile uzaklaştırıldığı bir kurutma işlemidir. Düşük sıcaklık uygulaması nedeni ile ısıya duyarlı malzemeler için oldukça uygun olan dondurarak kurutma işleminin kullanım alanı karmaşık biyoteknolojik veya farmasötik ürünlere, çoğalan bakteri ve mantarlara kadar uzanmaktadır (Tsinontides vd., 2004). Yüksek kalitede ve dayanıklı ürün sunan dondurarak kurutma, biyojik sanayi sektöründe sıklıkla kullanılan bir teknik haline gelmiştir. Endüstriyel anlamda her ne kadar pahalı bir işlem olsa da özellikle gelişmiş ülkelerde popülerliği gittikçe artmaktadır (Barresi vd., 2010; Cieurzyńska ve Lenart, 2011). Bunun yanı sıra, diğer kurutma yöntemleri ile kıyaslandığında, dondurarak kurutma yöntemi uzun kurutma süreleri ve yüksek enerji maliyeti bakımından dezavantajlıdır (Jafar ve Farid, 2003).

Tüm, atıştırmalık üretim yöntemleri göz önüne alındığında, ekstrüzyon teknolojisinin dokusal ve duyusal kazanımlarını sağlayan ve bahsedilen kurutma yöntemlerinde olduğu gibi örneğin direkt kullanım avantajını da bir arada içeren

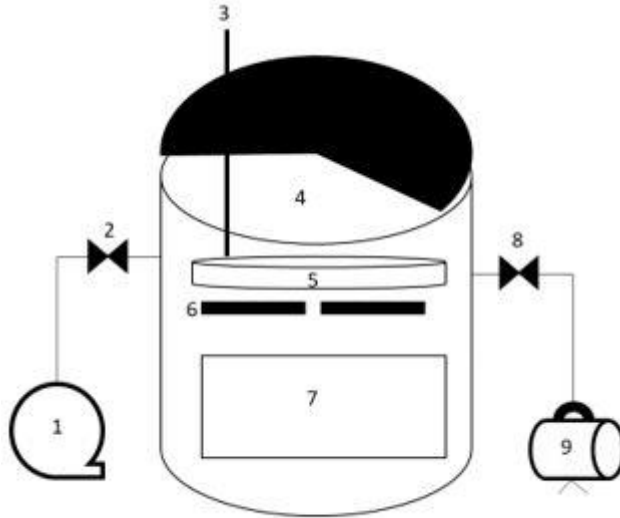
alternatif bir kurutma yöntemine ihtiyaç duyulmuştur. Nitekim, Kozempel vd. (1989) tarafından alternatif bir kurutma metodu geliştirilmiştir. Bu metodu patlatmalı puf kurutma (explosive-puff drying) olarak isimlendirmişlerdir. Sıcak havayla kurutmada büzüşen ürünün daha hızlı ve nitelikli kuruması için bal peteğine benzer puf bir yapı kazandırılması gerektiği belirtilmiştir. Bu temelde yapılan denemelerde, dondurularak kurutulmuş nitelikte ürün özellikleri gözlenirken, rehidrasyon yeteneğinin ise dondurarak kurutmadan kat kat daha fazla olduğu belirtilmiştir (Sullivan vd., 1984). Patlatmalı puf kurutmaya ilgili ilk çalışmalarda, meyve ve sebzelerin çok kolay ve düşük nem içeriklerine kadar kuruyabildiği (%4-5), son ürün kalite özelliklerinin çok yüksek olduğu, rehidre olma özelliklerinin yüksek ve maliyeti daha düşük ürünler elde edildiği ortaya konmuştur.

2.4.4.4 Patlatmalı Puf Kurutma

20. yüzyılın ikinci yarısından sonra ilk kez uygulanmış olan patlatmalı puf kurutma işleminin prensibi, yüksek basınç ve yüksek sıcaklık etkisiyle dokusu gevşetilen üründen vakum altında hızlı ve çokça uzaklaştırılan suyun, dokuda bal peteğine benzer yapı oluşturarak, etkin kurutma işleminin sağlanmasına dayanmaktadır.

Yüksek basınç ve sıcaklık ile puf edilen örneğin nemi, vakum altında denge nem içeriğine kadar düşürülebilmektedir (Kozempel vd., 1989; Sullivan vd, 1977). 1960'lı yıllarda oldukça popüler bir atıştırmalık olan patates cipsi üretimi ile başlayan puf kurutma sistemi, istenmeyen oksidasyon ve enzimatik reaksiyonların (esmerleşme reaksiyonu) minimuma indirilmesi amacı ile 1970'li yıllara doğru sürekli sistem halinde geliştirilerek, bugünkü puf kurutucu sistemlerine temel oluşturmaktadır (Kozempel vd., 1989). Sürekli patlatmalı puf kurutma yöntemi (CEPS), tek bir sistem içerisinde, örneğin sıcak hava ile %15-35 neme indirilmesi, ardından puf yapı kazandırılması amacı ile yüksek basınç ve sıcaklık uygulanan örneğin, tekrar güvenli nem içeriklerine kadar sıcak hava ile kurutulması basamaklarını içermektedir (Şekil 2.1) (Sullivan vd., 1977). Öncelikle patates cipsi için çalışmaların gerçekleştirildiği CEPS sistemi ile daha sonraları havuç ve elmanın tekstürize edilerek atıştırmalık forma getirilmesi ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Günümüzde bahsedilen bu sürekli sistem öncelikle ürün neminin çeşitli farklı ön kurutma yöntemleriyle belirli bir orana indirilip, sonrasında yüksek sıcaklık ve basınç etkisiyle kısa sürede puf edilerek vakum altında kurutulması şeklinde kesikli bir sistem haline dönüştürülmüştür (Şekil 2.1). Patlatmalı puf kurutma yönteminde, genellikle önce uygulanan ön kurutma işlemi ile ürün nemi %15-35 aralığına getirilip, sonrasında puf yapı kazandırma ünitesine beslenmektedir (Du vd., 2013). Ürün puf yapı kazandırılana (şişirilene kadar) kadar sistem içinde ısıtılmaktadır. Genelde 7 ile 15 dakika aralığında, ürüne puf yapısı kazandırılması için gerekli patlatma ısısının yüksek sıcaklık ve basınç ile sağlandığı bildirilmektedir. Patlatmalı puf kurutma sisteminde ürünler, 80-130°C'ta puf edilirken, hava basıncı 0.1-0.3 MPa arasındadır. Fakat bu basıncın 0.8-1.0 MPa'a kadar kullanılması mümkündür (Lee ve Lee, 2009). Şişirme, kurutma işleminde bir ara aşamada gerçekleştirilir. Daha sonraki aşamada, basınçtaki ani bir düşüş, malzemenin hücreleri içindeki suyun buharlaşmasına ve genişlemesine neden olur. Bir işlem, bir iç yapı oluşturmak veya mevcut bir parçayı genişletmek için, ürün içindeki suyun serbest kalmasını veya genişlemesini içerir. Şişirme işlemi gözenekli bir yapı oluşturabilmekte, kuruma süresini ve enerjisi koruyabilmektedir.



Şekil 2.1 Patlatmalı puf kurutucu (1. Vakum pompası 2. Vakum vanası 3. Infrared termometre 4. Kurutma odası 5. Örnek tepsisi 6. Infrared ısıtıcı plaka 7. Kontrol paneli 8. Basınç vanası 9. Kompresör)

Patlatmalı puf kurutma yöntemi ile elde edilen meyve sebze ürünlerine yönelik çalışmalar literatürde bulunmaktadır. Zou vd. (2013)'nın ozmotik ön kurutmanın puf kurutma üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, ozmotik ön kurutma yapılan meyvelerde çıtırılığın daha fazla, rengin taze mangoya daha yakın, su aktivitesinin daha düşük, lezzetin daha iyi olduğunu bulgulamışlardır. Chen vd. (2017) ise, sıcak hava ile kurutma, dondurarak kurutma, sıcak hava-patlatmalı kurutma ve dondurarak kurutma-patlatmalı kurutma kombinasyonlarının; karadutun fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini incelemişler, en iyi antosiyanin korunumunun dondurarak kurutmada gözlemlendiğini, dondurarak kurutma-patlatmalı kurutma kombinasyonunun ise renk korunumu, tat koruma niteliği ve tekstür bakımından en iyi sonucu verdiğini belirtmişler, siyanidin-3-glukozit açısından da en iyi korunumun sağlandığı ifade etmişlerdir. Yi vd. (2016) ise; mikrodalga kurutma ve patlatmalı kurutma işleminin, geleneksel kuru hava ve patlatmalı kurutma kombinasyonuna göre Pitaya meyvesinin fizikokimyasal özellikleri, mikro yapısı, tekstürü ve rehidrasyon yeteneği üzerine etkisini incelemişler ve patlatmalı kurutmanın mikrodalga kurutma ile kombinasyonunun geleneksel kuru havayla olan kombinasyona göre; daha iyi rehidrasyon yeteneği, daha gözenekli mikro yapı ve genişleme oranı kazandırdığını tespit etmişlerdir. Armut örneği ile yapılan bir çalışmada ise, Yi vd. (2016) patlatmalı puf kurutma kullanarak dondurarak, sıcak hava, kızılötesi ve vakum ile kurutma ön işlemlerinin etkileri araştırılmıştır. Kurutma ön işlemlerinin farklı parametrelerinin denendiği çalışmada, dondurarak kurutma ön işleminin renk bozulmasının en aza indirildiği ve taze armutla daha benzer bir renk verdiği gözlemlenmiştir. Elma üzerine yapılan bir çalışmada ise, Bi vd. (2014) dört farklı ön işlemin (dondurarak kurutma, maltoz şurubunda bekletme, kalsiyum klorit uygulaması ve pastörize süte daldırma), patlatmalı kurutucuda kurutulan (önce ve sonrasında sıcak hava ile kurutma mevcut) elma cipslerinin kuruma kinetikleri üzerine etkisini araştırmışlar, dondurarak kurutma ile elde edilen sonucun en iyisi olduğunu belirlemişlerdir. Yine Yi vd. (2017)'nin yaptığı bir diğer çalışmada puf kurutulan mango, pitaya ve papaya meyveleri üzerinde ön işlem olarak dondurarak kurutma ve sıcak hava ile kurutmanın etkisi incelenmiş, çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikler yönünden incelenen ürünler için dondurarak kurutma ve puf kurutma kombinasyonunun en verimli sonuçları verdiği belirtilmiştir. Du vd. (2013) yaptığı bir çalışmada ise hünnap meyvesinin, sıcak hava kurutma özelliklerinin ve patlatmalı puf kurutma

özelliklerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmada, patlatmalı puf kurutma yöntemi için mikrodalga ile kurutma ön işlemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, patlamalı puf kurutma tekniğinin, sıcak hava kurutmaya göre kuruma süresini önemli ölçüde azalttığı ve elde edilen meyvelerin daha yüksek fenolik içeriği ve antioksidan aktivitesine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Lyu vd. (2017)'nin yaptığı çalışmada ise şeftali örneği ozmotik dehidrasyon, ve kızılötesi kurutma yöntemleri ön işlem kullanılarak patlatmalı puf kurutma yöntemi ile atıştırmalık forma dönüştürülmüştür. Çalışma kapsamında, ozmotik dehidrasyon işlemi için farklı konsantrasyonlar kullanılmış ve şeftali cipsinin daha iyi doku özellikleri, 300 g/L sükröz çözeltisi ile ön işlem gören örneklerde en yüksek sertlik ve keskinlik, tipik gözenekli bir yapıya işaret eden en yüksek genişleme oranı ile birlikte gözlenmiştir. Yang vd. (2016) çalışmasında kavunu, ağartma, sitrik asite daldırma ve sodyum klorüre daldırma gibi farklı ön işlemler uygulayarak patlatmalı puf kurutma yöntemi ile kurutmuştur. Sonuç olarak, farklı konsantrasyonlarının denendiği sitrik asit çalışmasında, %2.5 sitrik asit uygulamasının en iyi gevreklik özelliklerini verdiği fakat ürün rengini etkilemediği belirlenmiştir. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar göz önüne alındığında puf kurutmanın atıştırmalık ürün geliştirilmesi için nitelikli, hızlı ve uygun maliyetli bir yöntem olduğu görülmektedir. Fakat patlatmalı puf kurutma ile yapılan çalışmalar meyve ve sebzeler üzerine yoğunlaşmış olup, peynir ve et gibi protein içeriği yüksek ürünlerin atıştırmalık forma dönüştürülmesinde kullanılmamıştır.

2.5 Et Atıştırmalıkları ve Yapılan Çalışmalar

Sağlıklı ve dengeli beslenmenin öneminin gittikçe arttığı günümüzde, tüketicilerin hem ana öğünlerde olduğu gibi ara öğünlerde de besin değeri yüksek gıdalara olan yönelimi artmıştır. Et ve et ürünleri de bu gibi ürünlerin başında gelmektedir. Etin direkt olarak kullanılmasının önündeki engeller, ara öğünlerde de hızlı şekilde tüketim için bazı işlemlerin gerekliliğini beraberinde getirmektedir. Taze etin pH'sı çoğu patojen mikroorganizmanın üreme aralığı ve enzimlerin de genelde çalıştıkları pH aralığı olan 5.5-7.0 değerlerindedir. Bunun yanı sıra, önemli bir kalite kriteri olan su aktivitesi ve nem içeriği değerleri de besi ve kümes hayvanları ile balık etleri için oldukça yüksektir (Deniz, 2009). Bahsedilen bu nedenler ile, et ürünlerinin herhangi bir işlem görmeden tüketilmesi, taşınması ve depolanması oldukça zordur. Etin işlenmesinde termal işlemler geleneksel olarak sıklıkla kullanılmakla birlikte çeşitli et işleme yöntemleri de mevcuttur. Ana öğünlerin yanı sıra etin bir kısmı işlenerek çeşitli coğrafyalarda farklı formlarda

atıştırıcılık olarak da üretilmektedir. Dünya çapında kurutma ve kurutmaya ek çeşitli işlemlerin uygulandığı et atıştırıcılık üretimleri gerçekleştirilmektedir. Kuru et atıştırıcılıklarının çoğu "jerky" şeklinde isimlendirilse de gerek üretim basamakları gerekse kültüre özgü farklılıklar nedeni ile çeşitli yöresel et atıştırıcılık ürünleri bulunmaktadır. Bunlardan genel anlamıyla, Afrika kıtasının çoğunda Biltong, Tunus ve Fas gibi Kuzey Afrika ülkelerinde Kaddid, genelde Brezilya'ya özgü olmakla birlikte çoğu Güney Amerika ülkesinde Charqui ve Türk kültüründe ise yaygın olarak pastırma şeklinde üretilmekte ve tüketilmektedir (Garcia vd., 2013; Engez vd., 2012).

Çizelge 2.1 Et atıştırıcılıkları üzerine yapılan çalışmalar

Ürün	Ön işlem	İşlem Koşulları	Sonuç	Referans
Tavuk eti	%1 NaCl, %2 NaCl %1 NaCl ve %1 KCl içeren sabit marinat karışımı ile (şeker, mısır unu, zencefil tozu, sarımsak tozu ve baharat karışımı) marine edilmiştir.	Sıcak hava kurutma Sıcaklık: 65, 75 ve 85°C Hava hızı: 2.5 m/s	<ul style="list-style-type: none"> NaCl azaltımının ve KCl kullanımının kuruma kinetiğine ve fiziksel özelliklere (renk, tekstür vb.) olumlu etkisi olduğu bulgulanmıştır. 	Luckose vd. 2017
Tavuk eti -		Dondurarak kurutma Basınç: 25 ve 30 Pa Birincil kurutma: 10 ve 12°C, 8 ve 12 saat İkincil kurutma: 7 saat	<ul style="list-style-type: none"> Ürün kalınlığının kalite üzerinde önemli bir etken olduğu belirtilmiştir. 30 Pa basıncın 25 Pa basınca göre daha iyi kalite sonuçları verdiği görülmüştür. Uygun parametrelerin kombinasyonu ile taze ete yakın kalitede ürün elde edilebileceği vurgulanmıştır. 	Babic vd. 2009
Dana eti -		Sıcak hava kurutma Güneşte kurutma Gölgede kurutma	<ul style="list-style-type: none"> Üç farklı kurutma işlemi için dana etinin aminoasit bileşiminde önemli bir fark gözlenmemiştir. Sıcak hava ile kurutulmuş örneklerin kesme kuvvetinin güneşte ve gölgede kurutmaya göre daha yüksek olduğu bulgulanmıştır. Duyusal analiz, en düşük beğenin sıcak hava ile kurutmada elde edildiğini göstermiştir. 	Nam vd. 2012
Dana eti	Aside dirençli Salmonella suşları eklenen ürünler, sodyum laktat, asetik asit ve %5 etanol içeren soya sosu kullanılarak marinatlanmıştır.	Amerikan Hasat Gardenmaster ile özel kurutma Sıcaklık ve süre :60 °C de 10 saat	<ul style="list-style-type: none"> Marinasyon ve kurutma işleminin aside dirençli <i>Salmonella</i> suşlarının inaktivasyonu açısından etkili olduğu bildirilmiştir. 	Calicioglu vd. 2003

Dana eti	Listeria monocytogenes eklenen ürünler soya sosu, karabiber, sarımsak tozu, soğan tozu ve tuz ile geleneksel marinasyon, 10 dk %5 asetik asit çözeltisine daldırma ile marinasyon işlemleri uygulanmıştır.	Sıcak hava kurutma Sıcaklık: 52, 57, ve 63,8°C Süre: 10 saat	• Kurutma sıcaklıklarının etkisinin düşük, marinasyon farklılığının inaktivasyon etkisinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.	Yoon vd. 2006
Dana eti	Örnekler 0, 5, 10, 15, 20 g NaCl/100g tuzlanmıştır.	Fırın kurutucu Sıcaklık: 70°C	•Tuz konsantrasyonu arttıkça kuruma sürelerinin azaldığı gözlenmiştir. •20 g NaCl/ 100 g d.b ile muamele edilen örneklerin daha yüksek kesme kuvveti gösterdiği belirtilmiştir.	Dinçer ve Erbaş, 2018
Dana sucuğu	-	Hızlı Dilimleme Sistemi (QDS) Geleneksel fermantasyon	•QDS ürünleri daha düşük pH değeri, daha yüksek toplam canlı sayımı ve laktik asit bakterileri (LAB) sayımı gösterdiği bulunmuştur. •QDS teknolojisinin endüstriyel olarak üretilen standart kuru fermente sosilerin hazırlanması için tamamen uygun olduğu belirtilmiştir.	Kamenik vd. 2017
Domuz eti	Sodyum nitritsiz tuzlu su:%20 su,%0.15 tuz ve%0.03 askorbik asit; Sodyum nitrit ilave edilmiş tuzlu su:%20 su,%0.15 tuz,%0.03 askorbik asit ve%0.01 sodyum nitrit ile hazırlanmıştır. Domuz dilimleri, her bir tuzlu su içinde 4°C'de 16 saat süreyle marine edilmiştir. Sodyum nitrit içermeyen brin içinde marine edilmiş domuz, 0, 20, 40 ve 60 dakika süreyle atmosferik basınç plazma (APP) sistemine maruz bırakıldı.	Sıcak hava kurutma Sıcaklık ve süre: 75°C'de 150 dakika, 65°C'de 90 dakika ve 55°C'de 90 dakika	• APP tedavi süresi arttıkça, a değeri (kızarıklık), nitrosoheme pigment içeriği ve artık nitrit içeriğinin artarken, lipit oksidasyonu azaldığı belirtilmiştir. • APP tarafından uygulanan işlemde sodyum nitrit ile yapılan işleme kıyasla benzer kalite özelliklerinin gözlemlendiği belirtilmiştir. • APP, sodyum nitrit eklenmeden ısıya dayanıklı patojenlerin inaktivasyonu ile potansiyel olarak daha güvenli domuz jerkysi üretimi için uygulanabilir olduğu gösterilmiştir.	Yong vd. 2017
Dana ve domuz eti	Örnekler %70 su,%1.5 tuz,%1.0 şeker,%0.02 sodyum nitrit ve%0.03 sodyum erithorbat (çiğ et ağırlığı; ağırlık / ağırlık bazında) içeren bir kür çözeltisi içinde 24 saat süreyle sertleştirildi.	Sıcak hava kurutma Sıcaklık ve süre: 70°C'de 8 saat Bağıl nem: %70 ila %40	• Domuz örneklerinin nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin dana örneklerinden daha düşük olduğu bulunmuştur. •Özellikle bonfile yapılan domuz örnekleri diğer örneklerle göre daha yüksek hafiflik, kesme kuvveti ve TBARS değerlerine sahip olduğu belirtilmektedir.	Yang vd. 2009

Hindi eti -	Dondurarak kurutma Basınç: 10 Pa Tepsi Sıcaklığı: 20°C	<ul style="list-style-type: none"> • Hindi etinin dondurarak kurutulması sırasında ısı ve kütle transferini tanımlayan matematiksel bir model oluşturulmuş ve bu çalışmada elde edilen sonuçlar bu makalede sunulan modele göre beklenenleri desteklediği görülmüştür. •Bu dinamik modelin dondurarak kurutma işleminin optimizasyonu için yararlı bir araç olduğu düşünülmüştür. 	Cumhur vd. 2016
-------------	--	---	--------------------

Güneşte ve gölgede kurutma eski zamanlardan beri kullanılan yöntemler olmakla birlikte, günümüzde de çeşitli et ürünlerinin üretiminde kullanılmaktadır. Gerek, et ürünlerine kurutulmadan önce uygulanan ön işlemlerin etkisinin incelenmesi gerek, et ürünleri için oldukça önemli olan mikrobiyolojik kalitenin belirlenmesi gerekse, kurutma işleminin ürün fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi bakımından bu temel kurutma tekniklerinin kullanıldığı çalışmalar literatürde bulunmaktadır. Sıcak hava ile kurutma, gölgede ve güneşte kurutmanın dana eti örneklerinin kesme kuvveti direnci, serbest amino asit içeriği, dipeptit yapısı ve duyu kaliteye olan etkisinin Nam vd. (2012) tarafından incelendiği çalışmada, tepsili kurutma için 60°C hava sıcaklığı kullanılmıştır. Sonuçlar, serbest amino asit içeriğinin güneşte kurutulan ürünlerde yüksek olduğunu gösterirken, dipeptit yapıları için gölgede kurutulan ürünlerin daha yüksek değere sahip oldukları belirlenmiştir. Kesme kuvveti sonuçlarının ise sıcak hava ile kurutulan ürünlerde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra, önemli bir kalite kriteri olan duyu analiz sonuçlarının sıcak havayla kurutulan ürünler için daha düşük olduğu belirtilmiştir. Yoon vd. (2006), gerçekleştirdiği çalışmada, marine edilen ve sıcak hava ile kurutulan dana eti örneklerinde sıcaklığın ve ön işlemlerin *Listeria monocytogenes*'e etkisini incelemişlerdir. Kurutma işleminin 52, 57 ve 63°C' ta 10 saat boyunca uygulandığı çalışmada, *L. monocytogenes* inokülasyonu yapılan etlere kurutma işlemi öncesinde; %5'lik asit çözeltisine daldırma ve % 0.6'lık soya sosu, 15 ml Worchestershire sosu, 0.6 g karabiber, 1.25 g sarımsak tozu ve 1.5 g soğan tozu, 4.35 g tuz içeren bir karışım ile marinasyon işlemi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, uygulanan sıcak hava kurutma işleminin mikrobiyal yükte ciddi bir etki yaratmadığı belirtilirken, asidik marinasyonun ön işlem olarak uygulanmasının organizma inaktivasyonunda daha fazla etkili olduğu saptanmıştır. Başka bir sıcak hava ile kurutma çalışmasında, Yang vd. (2009), domuz ve dana etlerini marine ederek, sıcak hava kurutmanın ürün üzerinde fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalite açısından karşılaştırılmasını

amaçlamıştır. Bu kapsamda, % 70 su, % 1.5 tuz, % 1.0 şeker, % 0.02 sodyum nitrit ve %0.03 sodyum eritrat marinyasyon karışımı olarak belirlenmiştir. Örnekler daha sonra 70°C'ta sıcak hava ile 8 saat boyunca kurutularak aw değeri 0.8 ve daha altına indirilmiştir. Sonuçlar, domuz eti örneklerinin daha düşük aw değeri ve daha yüksek pH değerine sahip olduğunu gösterirken, kesme kuvveti ve TBARS değerlerinin dana etinde daha düşük olduğunu göstermiştir. Çalışmada, mikrobiyolojik açıdan ise, domuz etlerinin daha güvenilir sonuçlar sunduğu belirtilmiştir. Luckose vd. (2017) tarafından kurutma işleminin 65, 75 ve 85°C sıcaklıktaki fırında gerçekleştirildiği çalışmada, ön işlem olarak sodyum oranı azaltılmış geleneksel tuzlama işleminin etkileri incelenmiştir. Bu amaç ile, üç farklı ürün (%1 NaCl içeren tavuk göğüs etleri, %2 NaCl içeren tavuk göğüs etleri ve %1 NaCl ve %1 KCl içeren tavuk göğüs etleri) sabit karışım bileşenleri de eklendikten sonra sıcak hava ile kurutularak karşılaştırılmıştır. KCl içeren ve NaCl miktarının %50 azaltıldığı (%1 NaCl içeren) ürünlerin kuruma niteliklerinin %2 NaCl içeren üründen daha uygun olduğu belirlenmiştir. Sıcak hava ile kurutulmuş örneklerin mikrobiyal açıdan incelendiği bir çalışmada ise Calicioglu vd. (2003), marinatlama ve ön kurutma işleminin aside adapte olan ve olmayan Salmonella cinsi bakterilerin değişimini incelemiştir. Marinatlama işleminde % 1.2 sodyum laktat, %9 asetik asit ve %5 etanol içeren %68'lik soya sosu kullanılmıştır. 24 saat boyunca marine edilen örneklere Salmonella suşları eklenerek, 60°C'ta fırında 10 saatlik bir süreyle kurutulmuştur. Gerçekleştirilen ön işleme, kurutma ve oda sıcaklığında depolama koşulları sonucunda, ürünlerde aside adapte olan Salmonella bulgulanmadığı belirtilmiştir.

Sıcak hava ile kurutma gibi yüksek sıcaklıklarda ürünlerin ısıl bozunmaya uğraması nedeni ile vakum altında, daha düşük sıcaklıklarda kurutma işlemi üzerine de çalışmalar yürütülmüştür. Vakum altında kurutma yöntemi kullanılarak dana etinin kurutulması ile ilgili Dinçer ve Erbaş, (2018), farklı tuz konsantrasyonlarında tuzlanmış ürünlerin kuruma kinetikleri ve sorpsiyon izotermi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada, örnekler %5-10-15 ve %20 oranında kuru tuzlanarak, 70°C' ta 25 mbar basınçta, kurutulmuş ve kuruma kinetikleri incelenerek modellenmiştir. Tuz konsantrasyonu arttıkça kuruma sürelerinin azaldığı gözlenirken, sonuçlar, tüm örneklere ait deneysel verilerin teorik modellerle yüksek uyum sağladığını göstermiştir.

Kurutma sıcaklığına bağlı olarak, ısıl zararın minimum seviyeye indirilerek, maksimum kalitede ürün elde edilebilmesi bakımından dondurarak kurutma

işlemi, etin kurutulması için eski çalışmalara dayanmakla birlikte, günümüzde de sıklıkla tercih edilen ve incelenen bir yöntemdir. Aitken vd. (1962) gerçekleştirdiği çalışmada, plaka sıcaklığının, hızlandırılmış dondurarak kurutma işlemi ile kurutulmuş domuz eti kasına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, domuz filetoları, ticari bir dondurucuda -35°C'ye kadar dondurulmuş ve 15 mm kalınlığında dilimlenmiştir. Plakalarının sıcaklığı 20, 40, 60, 80 veya 100°C de ve kabin basıncı 0.2-0.5 mm Hg de ürün kuruyana kadar sabit tutulmuştur. Sıcaklıklar arasında etin çeşitli özellikleri için elde edilen puanlamalarda anlamlı bir fark olmadığı görülmüş, sadece 100°C'de kurutulmuş etin kalitesi bir kayıp bulgulanmıştır. Ayrıca, 60°C üzerindeki plaka sıcaklıklarının, etin organoleptik ve sulandırma özellikleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Cumhuriyet vd. (2016), herhangi bir ön işlem uygulamadan örnekleri farklı iki kalınlıkta (diğer boyutlar sabit kalacak şekilde) boyutlandırılıp, - 40°C ve 10 Pa vakum koşulunda dondurarak kurutma için modelleme çalışması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada nümerik bir deneysel model oluşturulup, model ve deneysel verilerin uyumu belirlenmiş ve deneysel veriler ile modelin uyumunun yüksek olduğu bildirilmiştir. Tavuk göğüs etinden atıştırmalık üretiminde farklı dondurarak kurutma parametrelerinin incelendiği bir başka çalışmada ise, Babic vd. (2009); farklı basınç koşulları, farklı ürün kalınlıkları, farklı kurutma süreleri ve dondurma sürelerinin son ürünün dokusal yapısı, nem içeriği, aw değeri ve su absorplama özellikleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Örnek kalınlığının en önemli belirleyici parametre olduğu saptanmış olup, çalışma sonucunda, duyuusal ve görünüş açısından taze et özelliklerini koruyan nitelikli bir ürün elde edildiği vurgulanmıştır.

Yapılan çalışmaların yanı sıra, et ürünleri üretiminde ısıl zararın ve nitrit kullanımının azaltılmasına yönelik ürün bileşimine daha az zarar verecek atmosferik basınç plazma metodu Yong vd. (2017) tarafından çalışılmıştır. Çalışmada nitrit kullanılmadan domuz etinin atmosferik basınç plazma metodu ile kurutulması amaçlanmıştır. 40 ve 60 dakika atmosferik basınç plazma ünitesinde nitrit kullanılmadan üretilen ürünler, nitrit içeren kontrol grubuyla renk, yağ oksidasyonu ve çeşitli patojenlere açısından karşılaştırılmış, kullanılan yöntemin nitrit kullanımı gerektirmeden bir atıştırmalık et üretimi sağlamada kullanılabileceği bildirilmiştir.

Kurutma yöntemlerinin yanı sıra, et atıştırmalığı üretiminde ekstrüzyon teknolojisinin kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur. Kong vd. (2011) çalışmasında,

teriyaki, nane ve kürlleme ile 12 dakika muamele edilen somonlara kontrol grubu hariç farklı antioksidanlar ilave etmiş (biberiye, askorbil palmitat vb.) ve vida tipi ekstrüderde maksimum 150°C'ta (işlem 60-150°C arası) çıkış sıcaklığı 80°C olacak şekilde işlemiştir. Daha sonrasında sıcak hava ile 93°C' ta bir saat kurutulan örneklerin depolama aşamasında TBARS değerlerinin farklı antioksidan ilavelerinden etkilenmediği, asktansantin 8. haftaya kadar tüm bileşen kullanımlarıyla yüksek oranda korunduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ekstrüde edilen ürünün omega-3 korunumu açısından avantajlı olduğu bildirilmiştir.

2.6 Yanıt/Yüzey Yöntemi

Optimizasyon, tanımlanmış hedefler (yanıtlar) doğrultusunda bağımsız değişkenlerin bir araya getirilmesi, uygulanması ve bu bağımsız değişkenlerin yanıtlar üzerindeki etkilerinin dikkate alınması sürecidir. Optimizasyonun birçok avantajı vardır: (1) Sürecin daha kısa sürede gerçekleşmesini sağlar, (2) Enerji tasarrufu sağlar ve sürecin ekonomik yükünü azaltır, (3) Ürünün istenilen kalitesini sağlar, (4) bir ekipman veya işlem için gerekli ve doğru bilgileri edinme fırsatı sağlar, (5) Yeni bir ekipman tasarımı için girdi bilgilerini sağlar ve sürecin daha kısa sürede daha verimli çalışmasını sağlar (Banga vd. 2003).

Süreçlerin optimizasyonu genellikle sistemin performansını veya ürünün kalite kriterlerini belirleyen çok sayıda yanıtla eşzamanlı olarak gerçekleştirilir. Bu yanıtların bir kısmının maksimum düzeyde tutulması, bir kısmının minimum düzeyde tutulması ve kabul edilebilir değerlerin veya hedef değerlerin alınması arzu edilebilir. Birçok durumda, cevaplar birbiriyle rekabet halindedir, başka bir deyişle, bir yanıtın geliştirilmesi başka bir yanıt üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilir (Koç vd., 2017). Bu nedenle, optimizasyon çalışmalarında sistemi karakterize eden tüm cevapların birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (Koç ve Ertekin, 2009).

Geleneksel optimizasyon yöntemlerinin temeli, zaman içinde sadece bir parametreyi değiştirirken diğerlerini sabit tutmaktır. Bu yaklaşım, hem maliyet hem de zaman açısından önemli dezavantajlar getirir. Ek olarak, çeşitli işlem parametreleri ile işlem arasındaki etkileşimleri belirlemek için yeterli veri elde etmek zordur (Cochran ve Cox, 1957). Optimizasyon, bu faktörlerin üstesinden gelmek için tam faktöryel tasarım, D-optimal tasarım, tepki yüzeyi metodolojisi ve kombine tasarım gibi çok değişkenli istatistik teknikleri kullanılarak, çok

değişkenli bir teknik olan Yanıt yüzeyi metodolojisi (RSM) kullanılarak gerçekleştirilebilir. İstatistiksel gözlem ve analiz için iki veya daha fazla değişkeni içeren optimizasyon sürecinde (Bezerra vd., 2008). Yanıt yüzeyi yöntemi, sistemin yanıtını etkileyen çok sayıda değişkeni aynı anda inceler. Böylece, optimum noktayı tanımlayan en iyi proses değişkenleri hedefler doğrultusunda belirlenebilir.

“Denemelerin Optimum Koşullara Ulaşması” ismi ile 1951 yılında Box and Wilson tarafından geliştirilen ve tanımlanan, ilk olarak kimya endüstrisine uygulanmıştır. Son 50 yılda fiziksel bilimler ve mühendislik, sosyal bilimler, biyoteknoloji ve gıda endüstrisini de içeren çeşitli dallarda da uygulama alanı bulan yanıt yüzey yöntemi, gıda bilimi ve teknolojisi alanında da yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Fırında pişirme, osmotik dehidrasyon, kurutma, fırında kavurma, ekstraksiyon, ekstrüzyon, pastörizasyon ve biyoteknolojik işlemler, enzim üretimi, fermantasyon, mikroenkapsülasyon gibi çeşitli alanlarda pek çok araştırmacı tarafından başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Cui vd., 1994; Sacchetti vd., 2001; Eren and Kaymak Ertekin 2007; Mundra vd., 2007; Koç vd., 2010; Koç vd., 2011; Koç vd., 2015).

Yanıt yüzey yöntemi, sistemin yanıtı ve üzerinde etkili olan bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılan lineer olmayan proses tekniklerini, proses değişkenlerinin sistemin yanıtında istenilen etkiyi gösterdiği seviyelerinin bulunması için kullanılan optimizasyon tekniklerini içermektedir (Eren, 2004).

Yanıt yüzey metodolojisinin temeli, herhangi bir fiziksel sisteme ait k sayıdaki değişkene (x) bağlı olarak meydana gelen tepki ölçümüne dayanır. Bu durum fonksiyonel olarak şu şekilde ifade edilebilir:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k)$$

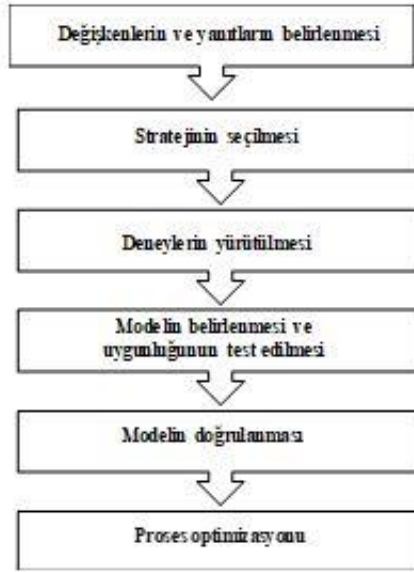
Bu eşitlikte;

y : Sistemin tepkisi (yanıtı)

x_k : Bağımsız değişkenlerdir.

Yanıt yüzey yöntemi 3 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar, eleme denemeleri, bölge araştırması ve işlemin veya ürünün optimizasyonu şeklinde sıralanmaktadır.

Eleme denemeleri, esas yapılacak olan denemelerin daha az sayıda ve daha verimli yapılmasına olanak sağlamaktadır. İkinci aşamada ise amaç, eleme denemeleri ile belirlenen bağımsız değişkenlerin sistemin belirlenen yanıtında oluşturdukları değerlerin, optimum noktaya yakın sonuçlar verip vermediğini incelemektir. İşlem optimum noktaya yaklaştığında ise yanıt yüzey yönteminin üçüncü aşaması başlar. Gerçek yanıt fonksiyonu optimum nokta etrafında gösterdiği eğriliğin tahminlenmesinde genellikle ikinci dereceden polinomial modeller, üssel modeller veya eksponensiyel modeller gibi lineer olmayan modeller kullanılır. Uygun bir model elde edildikten sonra, bu model optimum noktanın araştırılmasında kullanılır.



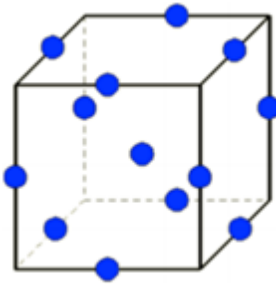
Şekil 2.2 Genel yanıt yüzey yöntemi metodolojisi konsepti

Her metodolojide olduğu gibi yanıt yüzey yönteminin de bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Yöntem, daha az deney yaparak, daha fazla bilgi sahibi olma imkânı vermektedir. Bağımsız değişkenlerin etkilerinin birlikte incelenmesini mümkün kılmaktadır. Matematikse bir model tanımlayarak bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkinin bu model ile ifade edilmesini sağlamaktadır. Yanıt yüzey yönteminin dezavantajı ise, elde edilen modelin doğrusal olmayan sistemlerin modellenmesinde başarılı olamamasıdır. Hiperbolik

ya da çan eğrisi şeklinde simetrik olmayan fonksiyonlar, polinomial modeller ile modellenememektedir (Myers ve Montgomery, 1995).

2.6.1 Box-Behnken deneme dizaynı

Box Behnken tasarımı mühendislik çalışmaları için en yaygın kullanılan deneysel tasarımlardan birisidir. Box-Behnken tasarımları 1960 yılında Box ve Behnken tarafından geliştirilmiş olup, dönersel tasarımların bir çeşididir. İkinci derece model parametrelerinin tahmininde kullanılan üç seviyeli tamamlanmamış çok etkenli bir tasarımdır. Box-Behnken tasarımında her bir etken üç düzeye sahiptir. Bu düzeyler -1, 0, 1 olarak tanımlanır. Tasarımdaki deney sayısı (N), k faktör sayısı ve n_0 merkezde tekrarlanan deney sayısı olmak üzere, $N = 2k(k-1) + n_0$ denkleminde hesaplanır. Deneme planında faktörlerden birinin değeri merkez değerinde sabitlenirken, diğer faktörlerin tüm düzeylerinin kombinasyonları uygulanır. Üç seviyeli bu sistem faktör ve cevap yüzeyi, sayısı artırılabilir ikinci dereceden çok değişkenli bir polinom veren tasarımdır. Cevap yüzeyi sonuçları değişkenlerin maksimum ya da minimum değerleri aralığında belirlenmesini sağlar. Faktöriyel tasarımlarına ilave olarak çalışma alanının köşe noktalarını birleştiren orta noktalar ve merkezde yapılan tekrar deneyleri kullanılır. Box-Behnken yöntemin en önemli avantajları, daha az deney sayısı ve merkezi bileşik tasarıma alternatif olarak gösterilmesidir (Khajeh, 2009; Tripathi vd., 2009). Bunun yanı sıra, Box-Behnken tasarımları merkezi bileşik tasarımlara kıyasla daha ekonomik bir tasarım sınıfıdır. Üç faktörlü Box-Behnken tasarımı için temsili gösterim Şekil 2.3'de gösterilmiştir (Açıklım, 2010). Özetle Box-Behnken tasarımları, ikinci dereceden modellerin tahminine, ardışık (sequential) tasarımların kurulumuna, modelin güven eksikliğinin analizine ve bloklara izin verdiği için kullanılan bir cevap yüzeyi tasarımıdır.



Şekil 2.3 Box-Behnken dizaynı şematik gösterimi

Yanıt yüzey yöntemi (RSM), birkaç bağımsız değişkenin süreçler üzerindeki etkilerini belirlemek için matematiksel ve istatistiksel bir tekniktir. Bireysel değişkenler arasındaki etkileşimin değerlendirilmesi için de kullanılabilir. Son çalışmalar RSM'nin kimyasal süreçlerden etkilenen faktörlerin optimizasyonu için yararlı olabileceğini göstermiştir (Baş ve Boyacı, 2007). Son yıllarda oldukça popüler olan RSM, ilgilenilen bir yanıtın çeşitli değişkenlerden etkilendiği süreçlerin geliştirilmesi, iyileştirilmesi ve optimize edilmesi için yararlı olan istatistiksel ve matematiksel tekniklerin bir koleksiyonudur ve amaç bu yanıtı optimize etmektir.

2.6.2 Optimizasyon

Optimizasyon, sistemden maksimum fayda elde etmek için bir sistemin, sürecin veya ürünün performansını iyileştirmeyi ifade eder. Optimizasyon terimi, mümkün olan en iyi yanıtı üreten bir prosedürün uygulanacağı koşulları keşfetmenin bir aracı olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Herhangi bir optimizasyon süreci, hedef fonksiyonu diye adlandırılan daha önce tanımlı olan değişkenlerin maksimize veya minimize edilmesi (örnek; maksimum ürün verimliliği) amacıyla belirlenen bağımsız değişken koşullarının değiştirilmesi ile gerçekleştirilir. Optimizasyon, işlemin daha kısa sürede gerçekleşmesini sağlaması, enerji ve ekonomik yükü azaltıcı olması ve en doğru, en uygun bilgiyi sağlaması gibi avantajlara sahiptir (Koç, 2009) Geleneksel olarak, bir faktörün deneysel bir tepki üzerindeki etkisini izleyerek gerçekleştirilmiştir. Sadece bir parametre değiştirilirken, diğerleri sabit bir seviyede tutulur. Bu optimizasyon tekniğine tek seferde bir değişken denir. En büyük dezavantajı, incelenen değişkenler arasındaki etkileşimli etkileri içermemesidir. Tek faktörlü optimizasyonun bir başka dezavantajı, araştırmanın yürütülmesi için gerekli deneylerin sayısındaki artıştır, bu da zaman ve masrafların artmasına ve ayrıca reaktiflerin ve malzemelerin tüketiminde bir artışa yol açar.

Proseslerin optimizasyonunda genellikle sistemin performansını veya ürünün kalite kriterlerini belirleyen çok sayıda yanıtla eş zamanlı olarak çalıştırılır. Bu yanıtların bazılarının maksimum seviyede tutulması, bazılarının minimum seviyede tutulması, bazılarının da kabul edilebilir değerler veya hedef değer alması arzu edilebilir. Birçok durumda, yanıtlar birbirleri ile rekabet halindedir, diğer bir ifadeyle bir yanıtın geliştirilmesi diğer bir yanıt üzerinde olumsuz bir etki oluşturabilir. Bu yüzden, optimizasyon çalışmalarında sistemi karakterize eden

tüm yanıtların hep birlikte ele alınması gerekmektedir. Ancak bu durumda, optimizasyon oldukça karmaşık bir hal almaktadır. Bu problemi çözmek için farklı yaklaşımlar öne sürülmüştür. Çok yanıtlı optimizasyon problemlerinin çözümünde:

- ✓ Lineer olmayan programlama,
- ✓ Yanıtların izohips eğrileri çizilerek üst üste yerleştirilmesi (superimposing),
- ✓ Desirability fonksiyonu gibi yaklaşımlar kullanılmaktadır.

Özellikle desirability fonksiyonu yaklaşımı hem endüstriyel hem de bilimsel çalışmalarda önemli bir optimizasyon çözümü sağlamaktadır. Bu yöntemde araştırmacının sistemin yanıtları üzerinde önceliklerini ve arzularını desirability fonksiyonları oluşturarak optimizasyon işlemine dahil etmesini sağlamaktadır. Desirability fonksiyonu, tüm yanıtların toplu olarak işlendiği, 0 ile 1 aralığında değer alan tek bir yanıt indeksidir ve bu değer 1'e yaklaştıkça, araştırmacının istediği kriterlerin sağlanmasının da ihtimali artmaktadır. Desirability fonksiyonu yaklaşımı öncesinde, yanıtların modeldeki etki düzeyleri ve hedeflenen durumları (maksimum, minimum veya kısıtlılık değeri) belirlenerek Desirability fonksiyonunun oluşturulması gerçekleştirilir (Eren, 2004).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

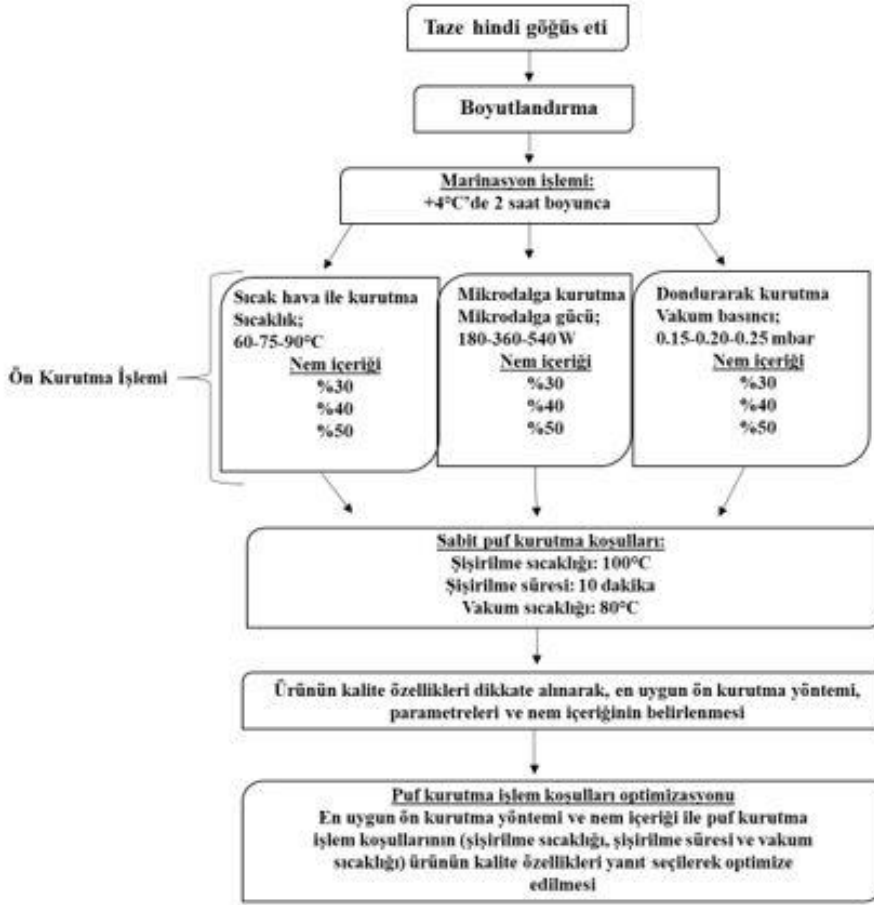
3.1 Materyal

Çalışmada kullanılan taze hindi göğüs eti Pınar Entegre Et ve Un Sanayi A.Ş. (İzmir)' den temin edilmiştir. Taze hindi göğüs etleri 4 farklı zamanda temin edilmiş olup, 4oC'de vakum ambalajda depolanmış, maksimum 1 hafta içerisinde kullanılmıştır. Denemeler sonucunda elde edilen ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş hindi göğüs etlerinin ambalajlanmasında polietilen terefitalat/Alüminyum metalize polietilen terefitalat/düşük yoğunluklu polietilen (PET/Al Metalize PET/LDPE) kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Deneme Planı

Ön denemeler ile belirlenmiş boyutlarda kesilen taze hindi göğüs etleri belirlenen marinasyon karışımında 4°C de 2 saat boyunca marine edilmiştir. Marine edilen parça hindi göğüs eti örnekleri, ön denemeler ile belirlenen 3 farklı nem içeriğine kadar sıcak hava (60, 75, 90°C) mikrodalga (180, 360, 540 Watt) ve dondurarak (0.15, 0.20, 0.25 mbar) kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. Ardından, ön kurutulan örnekler, sabit puf kurutma koşullarında (100°C'de 10 dakika puf işlemi ve 80°C' de ~% 5 (yaş temelde) nem içeriğine kadar (vakum altında kurutma) kurutulmuştur. Uygun ön kurutma yönteminin, parametresinin ve nem içeriğinin seçilmesinin ardından, belirlenen ön kurutma işlemi ile puf kurutma işlem koşullarının optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Box-Benhken deneme dizaynına göre gerçekleştirilen kurutma denemeleri sonucunda, belirlenen optimum koşulda üretimler gerçekleştirilerek doğrulama denemeleri yapılmıştır. Hindi göğüs eti örnekleri için izlenen çalışmaların özeti Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Hindi göğüs eti örneklerinin kurutulması çalışmalarındaki deneme planı şeması

3.2.2 Örnek Hazırlama ve Marinasyon

Hindi göğüs eti örneklerinin ön kurutma işlemleri öncesinde boyutlandırma ve marinasyon işlemleri için ön çalışmaları yürütülmüştür. Boyutlandırma işlemi ön çalışması için, hindi göğüs eti örnekleri görünür yağları alındıktan sonra 3x2x1 cm, 3x2x0.5 cm ve 3x2x0.1 cm boyutlarında olacak şekilde kesilerek farklı açılardan değerlendirilmiştir. 3x2x1 cm boyutunda kesilmiş örneklerin atıştırmalık forumdaki bir ürün için oldukça büyük olduğuna ve uzun kuruma süresine sahip olduğuna karar verilmiştir. 3x2x0.1 cm boyutuna sahip örneklerin ise; kalınlığın

çok az olmasından dolayı kurutma işlemlerinde yanma gözlenmiştir. Böylece 3x2x0.5 cm boyutuna sahip örneklerin en uygun örnek boyut olduğu sonucuna varılmıştır.

Gerçekleştirilen çalışmada, hindi göğüs eti örneklerinin kurutma işleminden önce marine edilmesi etin dokusunu yumuşatmak ve pH değerini izoelektrik pH'dan uzaklaştırıp daha güvenli pH değeri (~4.6) aralıklarına çekmek amacı ile uygulanmıştır. Marinasyon işlemi sabit oranlarda sodyum tripolifosfat, sitrik asit veya asetik asitin (Merck) (çözelti ağırlığının %1'i olacak şekilde), tuz (çözelti ağırlığının %2'si olacak şekilde) ile karıştırılması sonucunda elde edilen üç farklı formülasyon şeklinde gerçekleştirilmiştir. Ardından belirlenen marinasyon formülasyonu için bir dizi oran çalışması gerçekleştirilerek nihai formülasyona karar verilmiştir. Marinasyon işlemi, boyutlandırılan örneklerin 2 saat boyunca 4°C' ta marinasyon çözeltisi içinde bekletilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Marinasyon işlemi sonrası etler fazla suyu süzdürülerek ön kurutma işlemine hazır hale getirilmiştir.

3.2.3 Ön Kurutma Denemeleri ve Kurutma Kinetiğinin Belirlenmesi

Çalışmalarda puf kurutma öncesi hindi göğüs eti örneklerinin belirli nem içeriğine indirilmesi için sıcak hava ile kurutma (tepsili), mikrodalga ile kurutma ve dondurarak kurutma olmak üzere 3 farklı ön kurutma yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle, her bir kurutma yöntemi için 3 farklı parametrede kurutma işlemleri gerçekleştirilerek uygun nem içeriği aralıkları belirlenmiştir. Bu üç yöntem için de farklı sürelerde ve parametrelerde kurutma işlemleri gerçekleştirilmiş, örneklerin nem değerleri tespit edilmiştir. Gerçekleştirilen denemelerde, örnek nem içeriğinin % 20 ve altına düşürülmesinin oldukça uzun zaman aldığı, %20 ve altı nem değerlerinin puf kurutma işleminde hedeflenen dokusal ve duyuşal özellikleri sağlayamadığı görülmüştür. % 50 nem değerinin üstünde ise; tüm yöntemlerde örneklerin puf kurutma süresini uzatarak istenilen dokusal niteliği sağlayamadığı bulgulanmıştır. Böylece ön denemeler sonucunda örneklerin % 50.0 ± 2.0, % 40.0 ± 2.0 ve % 30.0 ± 2.0 nem değerlerine (yaş temelinde) sahip olması gerektiğine karar verilmiştir.

Örnek üç farklı ön kurutma yöntemi ve parametrede belirlenen nem içeriklerine gelme sürelerinin belirlenebilmesi amacı ile kuruma eğrileri oluşturulmuştur. Bu amaç ile, sıcak hava kurutma için üç farklı sıcaklıkta, mikrodalga için üç farklı

mikrodalga gücünde ve dondurarak kurutma için ise üç farklı vakum basıncında kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Belirli aralıklarla tartımları alınan örneklerin ağırlık kayıpları belirlenmiştir. Zamana bağlı nem içeriği değişimi göz önünde tutularak elde edilen kuruma eğrilerinden üç farklı yöntemin her koşulu için hedeflenen nem içeriklerine ulaşılma süreleri belirlenmiştir. Kuruma eğrileri her bir kurutma yöntemi için 2 tekrar şeklinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.1 Sıcak hava ile kurutma

Sıcak hava ile kurutma çalışmaları tepsili kurutucu (Eksis Kurutma Sistemleri, Isparta, Türkiye) ile gerçekleştirilmiştir. Sıcak hava ile kurutma çalışmasında kurutucu hava hızının belirlenebilmesi için 1.0, 1.2 ve 1.8 m/s değerlerinde ön denemeler gerçekleştirilmiştir. Denemeler kapsamında, ürün yüzeyinde kabuk oluşumunun puf kurutma işleminde ürünün istenilen dokusal yapısına katkıda bulunduğu gözlenmiş, kurutma hızının 1.8 m/s hava hızında gerçekleştirilmesinin uygun olduğuna karar verilmiştir. Belirlenen boyutlarda kesilen hindi göğüs eti örnekleri marine edilerek 60, 75 ve 90°C hava sıcaklıklarında, 1.8 m/s hava hızında kuruma eğrisinden belirlenen süreler boyunca kurutulmuş, belirlenen nem içeriği değerlerinde olması sağlanmıştır. Hindi göğüs etinin sıcak hava ile ön kurutulması işlemi 3 farklı sıcaklıkta 1.8 m/s hava hızında toplam 9 denemede 2 tekrerrür şeklinde gerçekleştirilmiştir (9x2=18 deneme). Ön kurutma işlemleri sonrasında örneklerin nem, protein, yağ ve tuz içeriği, yağ oksidasyon değeri (TBARS değeri) ağırlık kaybı, su aktivitesi (aw), pH değeri, yağın yoğunluğu, genişleme oranı, renk değerleri (L*, a*, b*) ve dokusal özellikleri (sertlik ve gevreklik) belirlenmiştir.

3.2.3.2 Mikrodalga ile kurutma

Hindi göğüs etlerin mikrodalga ile kurutulması işlemi mikrodalga fırın (Arçelik MD-55) ile gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga ile kurutulan marine edilmiş hindi göğüs eti örnekleri kuruma eğrileri çalışmalarında belirlenen nem içerikleri ve daha önce belirtilen üç farklı mikrodalga gücünde (540, 360 ve 180 W) belirlenmiş olan sürelerde kurutulmuştur. Farklı üç mikrodalga gücü ve nem içeriği için 9 adet deneme tekrerrür şeklinde gerçekleştirilmiştir (9x2=18 deneme). Mikrodalga ile ön kurutma işlemi sonrasında örneklere nem, protein, yağ, tuz içeriği ve oksidasyon değeri (TBARS), ağırlık kaybı, su aktivitesi (aw değeri), pH değeri, yağın

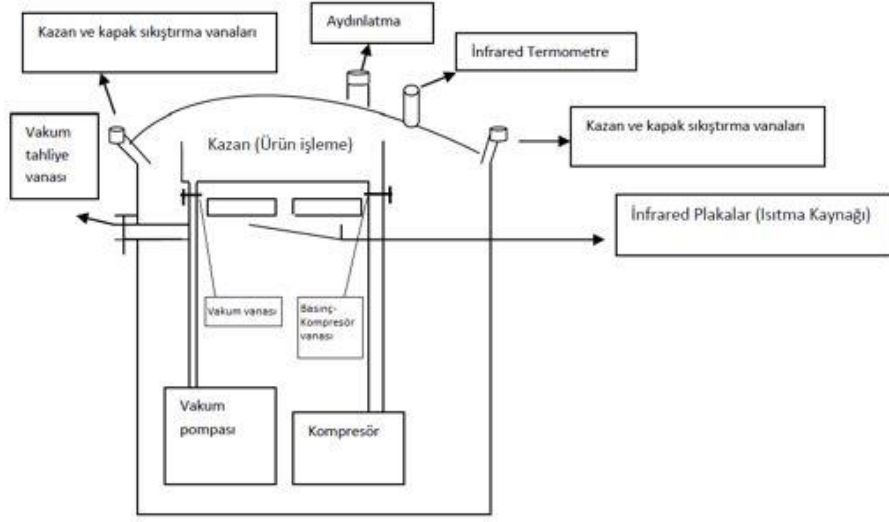
yoğunluğu, genişleme oranı, renk değerleri (L^* , a^* , b^*) ve dokusal özellik (sertlik ve gevreklik) analizleri yapılmıştır.

3.2.3.3 Dondurarak kurutma

Hindi göğüs etinin dondurarak kurutma çalışmaları liyofilizatör (Telstar, İspanya) ile gerçekleştirilmiştir. Boyutlandırılıp marine edilen hindi göğüs etleri -24°C ' ta dondurulduktan hemen sonra, donuk halde dondurarak kurutucuda 0.15, 0.20 ve 0.25 mbar vakum basınçlarında kuruma eğrileri sonucu elde edilen süreler boyunca belirlenen nem içeriklerine kadar kurutulmuştur. Dondurarak kurutma ile toplamda 9 deneme, 2 tekrür olacak şekilde gerçekleştirilmiştir ($9 \times 2 = 18$ deneme). Ön kurutma işlemi sonrasında ön kurutulmuş hindi göğüs etlerinin nem, protein, yağ ve tuz içeriği, yağ oksidasyonu değeri (TBARS), ağırlık kaybı, su aktivitesi (a_w değeri), pH değeri, yığın yoğunluğu, genişleme oranı, renk değerleri (L^* , a^* , b^*) ve dokusal özellikleri (sertlik ve gevreklik) belirlenmiştir.

3.2.3.4 Puf Kurutma Sistemi

Proje kapsamında hindi göğüs eti örneklerinin istenilen özellikleri sağlayacak şekilde kurutulması için kullanılan farklı basınçlandırma sistemine sahip puf kurutma düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 3.4'de verilmiştir. Kurutma işlemi Rapid Gıda A.Ş. (İzmir) firmasından temin edilen gıdalarda puf yapı oluşturma cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Sisteme ait dizayn Köprüalan, (2019) ve Bodruk (2020) tarafından gerçekleştirilen tez çalışmasında kullanılan dizayn ile aynı olup, kurutucu dizaynı, kurutucu görüntüsü ve kurutucu cihazın kullanıcı ekranı Şekil 3.5 te verilmiştir.



Şekil 3.2 Puf kurutucu şematik gösterimi



Şekil 3.3 Puf kurutma cihazı ve kullanıcı ekranı

Şematik gösterimi ve görselleri belirtilen puf kurutma cihazı basınç sınır koşulları; maksimum 1.9 bar mutlak şişirme basıncı ve minimum 0.25 bar mutlak vakum basıncıdır (-0.75 bar gösterge basıncında). Cihaz maksimum 150°C'ta çalışabilmekte ve vakum koşullarında ise çevre şartlarına bağlı olarak yaklaşık 20°C'a kadar düşebilmektedir. Cihaza ait sıcaklık (kazan ve tepsi sıcaklıkları), basınç (şişirme ve vakum) ve süre (basınçlandırma ve vakum kurutma) kontrolleri

PLC sistemi ile kullanıcı ekranından ayarlanabilmektedir (Şekil 3.2). Sistemin ısı kaynağı kazan altında bulunan iki adet infrared plaka ile sağlanmakta olup, cihazın üst kısmında bulunan lazer termometre ile sıcaklık verileri kullanıcı ekranından alınabilmektedir. Sistemde istenilen sıcaklık ürün sıcaklığı üzerinden ayarlanmakta olup, lazer termometre ise otomatik olarak ısıtıcının açılması ve kapatılması şeklinde sağlanmaktadır. PLC sistem sayesinde örnekler istenilen sıcaklık ve basınç koşulunda puf edilerek, istenilen sıcaklık ve sürede vakum altında kurutulabilmektedir.

3.2.4 Uygun Ön Kurutma İşleminin Seçimi

Uygun ön kurutma yönteminin, parametre ve nem içeriğinin belirlenmesi amacı ile örnekler ön kurutma işleminden sonra sabit (10 dakika boyunca 100 °C' de şişirme basıncı 1.9 bar mutlak basınç, ardından 80°C sistem sıcaklığında 0.25 bar mutlak basınç) puf kurutma koşullarında kurutulmuştur. Sabit puf kurutma koşulları optimizasyon için belirlenen puf kurutma koşullarının merkez noktası olarak belirlenmiştir.

Farklı yöntem ve parametrelerle farklı nem içeriklerine kadar ön kurutulduktan sonra sabit koşullarda puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin; protein, yağ, tba, nem ve tuz içeriği, pH değeri, su aktivitesi değeri, renk özellikleri (L^* , a^* ve b^*), rehidrasyon kapasitesi, genişleme oranı, ağırlık kaybı, yığın yoğunluğu, mikro ve makro yapısı (mikro-ct ve ışık mikroskobu ile), dokusal özellikleri (gevreklik ve sertlik) incelenmiştir.

3.2.5 Puf Kurutma İşlem Koşullarının Optimizasyonu

En uygun ön kurutma yöntem, koşul ve nem içeriğinin belirlenmesinin ardından, sınır koşulları Çizelge 3.1' de verilmiş olan puf kurutma işlem koşullarının optimizasyonu aşaması gerçekleştirilmiştir. Puf kurutma için bağımsız işlem koşulları; şişirme sıcaklığı, şişirme süresi ve vakum sıcaklığı olup, Box-Behnken deney tasarımına göre beş tanesi merkez noktada olmak üzere toplam 17 deneme gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.2). Şişirme sıcaklığı, şişirme süresi ve vakum sıcaklığı bağımsız değişkenlerine yanıt olarak; a_w değeri, maksimum genişleme oranı ve maksimum duyusal (gevreklik) özellikleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.1 Ön kurutulmuş hindi göğüs eti örnekleri için puf kurutma işlem parametreleri

Bağımsız İşlem Değişkenleri	-1	0	+1
Şişirme sıcaklığı (A) (°C)	100	112.5	125
Şişirme süresi (B) (dak)	10	15	20
Sistem sıcaklığı (C) (°C)	70	80	90

Çizelge 3.2 Hindi göğüs etinin puf kurutma koşullarının optimizasyonu aşamasında izlenecek olan Box- Behnken Deneme Dizaynı

Deneme No	Şişirme Sıcaklığı (°C)	Şişirme Süresi (Dak)	Sistem Sıcaklığı (°C)
	(A)	(B)	(C)
1	100	10	80
2	125	10	80
3	100	20	80
4	125	20	80
5	100	15	70
6	125	15	70
7	100	15	90
8	125	15	90
9	112.5	10	70
10	112.5	20	70
11	112.5	10	90
12	112.5	20	90
13	112.5	15	80
14	112.5	15	80
15	112.5	15	80
16	112.5	15	80
17	112.5	15	80

Puf kurutma işlemleri sonrasında elde edilen ürünlerin aw değeri, genişleme oranı ve duyuusal gevreklik verilerinin regresyon analizinde kullanılacak yanıt için ikinci dereceden polinomial denklem oluşturulmuştur.

Bir matematiksel modelin oluşturulması sonrasında yanıt için model, çoklu lineer regresyon analizi ile değerlendirilmektedir. Yanıt için modeldeki önemli terimler varyans analizi (ANOVA) ile bulunmuş ve polinomların maksimize, minimize edilmesi veya hedeflenmesi ile yani optimum noktanın aranması işlemi gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon için grafiksel veya sayısal yöntemler (Derringer ve Suich, 1980) kullanılmıştır. Modele göre belirlenmiş optimum nokta (optimum işlem koşullarında) beş deneme yapılarak deneysel olarak da doğrulanmıştır.

3.3 Analiz Yöntemleri

Taze, marine, ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerine yapılan analizler Çizelge 3.3' te verilmiştir.

Çizelge 3.3 Çalışma boyunca uygulanan analizler

Taze hindi göğsü	Marine hindi göğsü	Ön Kurutulmuş Hindi göğsü	Puf Kurutulmuş Hindi göğsü
Nem içeriği (%)	Nem içeriği (%)	Nem içeriği (%)	Nem içeriği (%)
Protein içeriği (%)	Protein içeriği (%)	Protein içeriği (%)	Protein içeriği (%)
Tuz içeriği (%)	Tuz içeriği (%)	Tuz içeriği (%)	Tuz içeriği (%)
Yağ içeriği (%)	Yağ içeriği (%)	Yağ içeriği (%)	Yağ içeriği (%)
aw değeri	aw değeri	TBARS değeri	TBARS değeri
pH değeri	pH değeri	aw değeri	aw değeri
Yığın yoğunluğu	Yığın yoğunluğu	pH değeri	pH değeri
Renk özellikleri (L*, a*, b*)	Genişleme oranı	Yığın yoğunluğu	Yığın yoğunluğu
Dokusal özellik	Renk özellikleri (L*, a*, b*)	Genişleme oranı	Genişleme oranı
	Dokusal özellik	Renk özellikleri (L*, a*, b*)	Rehidrasyon oranı
	Mikrobiyoloji (toplam canlı sayımı)	Dokusal özellik	Renk özellikleri (L*, a*, b*)
		Mikrobiyoloji (toplam canlı sayımı)	Dokusal özellik
		Ağırlık kaybı (%)	Mikrobiyoloji (patojen mikroorganizma aranması)
			Makro ve mikro yapı belirlenmesi
			Duyusal Değerlendirme
			Ağırlık kaybı (%)

3.3.1 Bileşim Analizleri

Taze, marine edilmiş, ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş hindi göğsü eti örneklerinin; nem içeriği gravimetrik yöntem ile (AOAC, 2005), protein içeriği tayini, Kjeldahl yöntemi ile (AOAC, 2005) ve tuz içeriği ise Mohr yöntemi ile (Ludorf ve Meyer, 1973) belirlenmiş olup sonuçlar % olarak verilmiştir. Tüm örneklerin pH değeri ise, 5 g kadar tartılan örneğin, 50 ml yaklaşık 70° C' deki saf su içerisinde homojenize edilerek, AOAC (2012) yöntemine göre belirlenmiştir. Yağ içeriğinin belirlenmesi yağ ekstraksiyonu işlemi ile gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemi, homojenize olarak tartılan 10 g örneğin kloroform: metanol karışımı (2:1) ile muamele edilerek ayırma hunisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ekstrakte edilmiş örneklerdeki çözgen evaporasyon yöntemi ile uzaklaştırılmış ve toplam yağ içeriği gravimetrik yöntem ile belirlenmiştir. Sonuçlar % cinsinden ifade edilmiştir (Flynn ve Bramblett, 1975).

3.3.2 Su Aktivitesi (a_w)

Su aktivitesi (a_w) değeri Testo su aktivitesi ölçüm probu (Testo, Freiburg, Almanya) ile belirlenmiştir. Probun bulunduğu paslanmaz çelikten sızdırmaz hazne içerisine %70'i dolacak şekilde örnek konulmuştur. Su aktivitesi cihazı ara yüzünde dengenin sağlandığı noktada su aktivitesi değeri kaydedilmiştir. Ölçümler üç tekrar olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.3.3 Renk Analizi

Örneklerin renk analizi L^* , a^* , b^* değerlerinin ölçümü şeklinde renk ölçüm cihazı (Minolta, CR-300) kullanılarak tespit edilmiştir. Renk analizi örneklerden homojen şekilde farklı noktalardan çok sayıda ölçüm alınarak gerçekleştirilmiştir.

3.3.4 Yıgın Yoğunluğu

Örneklerin yığın yoğunlukları, 100 ml' lik mezür kullanılarak örnek ağırlıklarının örnek hacimlerine oranı (kg/m^3) şeklinde hesaplanmıştır. Ölçümler üç tekrar olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.3.5 Genişleme Oranı

Örneklerin genişlemesi analizi örneklerin puf kurutma öncesi ve sonrasında hacimlerinin kolza tohumu ile yer değiştirme metodu kullanılarak belirlenmiştir (AACC, 2000). Genişleme oranı ise, bu hacimler kullanılarak Eş. 2' ye göre hesaplanmış olup üç tekrar olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Genişleme oranı (\%)} = (V_e - V_i) / V_i * 100 \quad (2)$$

V_i =puf kurutma öncesi örnek hacmi, V_e =puf kurutma sonrası örnek hacmi

3.3.6 Ağırlık Kaybı

Ağırlık kaybı, örneklerin her bir kurutma öncesi ve sonrasında tartımlarının alınması ile belirlenmiş olup, her aşama için gravimetrik ağırlık kayıpları verilmiştir. Ağırlık kaybı sonuçları % olarak ifade edilmiştir (Arimi vd., 2008).

3.3.7 Rehidrasyon Oranı

Rehidrasyon oranı puf kurutulmuş örneklerin tartılarak bir süzgeç içerisinde 25°C' deki su banyosunda bekletilmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Su banyosunda alınan örnek peçete yardımı ile fazla suyu alınarak tartılmıştır. Bu aşama iki ardışık tartım arasındaki fark 0.001 g' dan düşük olana kadar tekrarlama yapılmıştır. Rehidrasyon oranı Eş. 3' e göre hesaplanmıştır (Yi vd., 2016);

$$\text{Rehidrasyon oranı} = M_r/M_0 \cdot 100 \quad (3)$$

Burada; M_0 ve M_r puf kurutulmuş örneklerin belirli zaman aralığındaki ilk ve son ağırlıkları (g) dır. Örnek rehidrasyonları üç tekrar olacak şekilde belirlenmiştir.

3.3.8 Doku Analizi

Örneklerin dokusal özelliklerinin belirlenmesinde Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Pilot Tesisinde bulunan doku analiz cihazı (Texture Analyzer TA-XT2, Stable Micro Systems, Haslemere, UK) kullanılmıştır. Taze, marine, ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerde silindirik prob ile sıkıştırma işlemine bağlı sertlik analizi gerçekleştirilmiş, gevreklik analizi ise kırılma sayıları ile test edilmiştir (Paula ve Conti-Silva, 2014). Dokusal analizler sırasında örneklerden homojen şekilde ve farklı noktalardan beşer ölçüm alınmıştır.

3.3.9 Makro ve Mikro Yapının Belirlenmesi

Puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin makro yapısı eşit boyutta ikiye kesilmiş örneklerin tarayıcı ile fotoğraflanmasıyla belirlenmiştir (Hp Officerjet Pro 8600). Mikro yapıları ise Ege MATAAL tarafından hizmet alımı yapılarak, Mikro Bilgisayar Tomografi (Micro-CT) cihazı (Scanco Medical μ CT 50, İsviçre) kullanılarak belirlenmiştir. X-ışınları kullanılarak numunenin kesit alan görüntüleri ile 3 boyutlu modeller oluşturulmuştur. Puf kurutulmuş örneklere ait ortalama gözenek çapı (μ m) da belirlenmiştir.

3.3.10 Oksidasyon derecesi (TBARS değeri)

Ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin oksidasyon derecesinin belirlenmesi analizi Tarladgis vd. (1960) yöntemine göre yapılmıştır. Tartılan 20 g örnek % 20' lik Trikloroasetikasit (TCA) ve 1:1 oranındaki TCA : saf

su içeren çözeltiler ile blender yardımı (Arzum, Soppa 600) ile parçalanarak kaba filtreden süzölmüş ardından balon jöjeye Watmann No.1 filtre kağıdından süzölerek aktarılmıştır. Örnekle hacmi 1:1 oranındaki TCA:saf su karışımı ile 100 ml' ye tamamlanmıştır. Bu çözeltiden 5 ml tüplere aktarılmış ve örneklere 5 ml 0.02 M TBA (Tiyobarbitürikasit) çözeltisi eklenerek sıcak su banyosunda (80°C) yarım saat süre ile bekletilmiştir. Örneklelerin absorbans değerleri spektrofotometrede 532 nm' de okunmuştur. Bulunan absorbans değerleri 5.2 değeri ile çarpılarak örneklere ait mg malonaldehit/kg ürün cinsinden TBARS değerleri belirlenmiştir. Analiz üç tekrar olarak gerçekleştirilmiştir.

3.3.11 Duyusal Değerlendirme

Puf kurutulmuş et örneklelerinin duyusal olarak değerlendirilmesinde renk, dış görünüş, lezzet yoğunluğu, sertlik, gevreklik, okside lezzet ve tüm izlenim tanımları unipolar skalalar ile değerlendirilmiştir (Altuğ ve Elmacı, 2005; Paula ve Conti-Silva, 2014). Değerlendirmeler 1-9 puan arasında ve 10 kişilik eğitilmiş panel grubu tarafından gerçekleştirilmiştir. Ön kurutma yönteminin belirlenmesinde kullanılmış olan duyusal değerlendirme formu ise Ek Şekil A1' de verilmiştir.

3.3.12 Mikrobiyolojik Analiz

Mikrobiyolojik analizler kapsamında marine örneklelerde toplam canlı sayımı (ISO2293, 1998) ve ön kurutulmuş örneklelerden ise her bir ön kurutma yöntemi için en az süre ısıya maruz kalmış örneklelerde koagülaz pozitif stafilkok (ISO6888, 2018), Salmonella (ISO6579, 2017), E.coli (ISO16649, 2018), E.coli O:157 H:7 (ISO16654, 2001) ve Listeria monocytogenes (ISO11290, 2017) sayımları Pınar Entegre Et ve Un Sanayi A.Ş. tarafından projeye destek olarak gerçekleştirilmiştir.

3.3.13 İstatistiksel Analiz

Puf kurutma işlem koşullarının kurutulmuş hindi göğüs eti örnekleleri üzerine etkisini belirlemek için gerçekleştirilen ANOVA analizi ise Design Expert 7.0.0 (State Ease) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca optimum noktanın doğrulanması aşamasında elde edilen sonuçlar SPSS (IBM SPSS Statistic Base 15.0) paket programı kullanılarak tek örnek t-testi ile analiz edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1 Taze Hindi Göğüs Eti Bileşimi

Taze hindi göğüs etleri Pınar Entegre Et ve Un Sanayi A.Ş' den 4 farklı zaman diliminde temin edilmiştir. Farklı zaman dilimlerinde temin edilen her taze örnek için Çizelge 4.1'de verilen analizler gerçekleştirilip örnekler arası farklılıklar belirlenmeye çalışılmıştır. Taze hindi göğüs eti örneklerine ait ortalama analiz sonuçları Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Taze hindi göğüs eti örneklerine ait ortalama analiz sonuçları

Analizler		Taze Örnek
Bileşim Analizleri	Nem içeriği (%)	74.42±0.04
	Su aktivitesi (aw)	0.974±0.017
	pH	5.12±0.34
	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	699.06±24.76
	KM'de Yağ(%)	3.46±0.18*
	KM'de Protein(%)	93.43±2.82
Renk Analizleri	L*	56.42±0.86
	a*	7.22±2.29
	b*	0.04±0.02
Doku Analizleri	Sertlik (g)	16659.43±3343.41
	Gevreklik	-

* :Ürün grubu arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak $p < 0.05$ düzeyinde önemlidir.

Taze hindi göğüs eti örnekleri sonuçları incelendiğinde, bileşim analizlerinden yağ analizi dışında diğer analizlerde 4 farklı grup için istatistiksel olarak bir fark saptanmamıştır ($p > 0.05$). Yağ içeriğindeki farklılığın ise et üzerinde görünür yağların uzaklaştırılabilme oranına bağlı olarak değişebildiği düşünülmektedir. Taze et örneklerinin pH ve a_w değerlerinin gıda güvenliği açısından riskli değerlerde olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra gevreklik ve sertlik değerlerinin ise oldukça düşük olduğu bulgulanmıştır. Bu durumun asidik marinasyon ile güvenli seviyelere getirilebileceği öngörülmüştür.

4.2 Marinasyon Formülasyonunun Belirlenmesi ve Marine Hindi Göğüs Eti Bileşimi

Gerçekleştirilen çalışmada, hindi eti örneklerinin kurutma işleminden önce marine edilmesi etin dokusunu yumuşatmak, mikrobiyal güvenliği sağlamak ve pH değerini izoelektrik pH' dan uzaklaştırıp daha güvenli pH değeri (~4.6) aralıklarına çekmek amacı ile uygulanmıştır. Marinasyon denemelerinde öncelikle, mikrobiyal açıdan güvenilirliğin sağlanması bakımından pH ve tuz analiz sonuçları esas alınmıştır. Marinasyon işlemi sabit oranlarda fosfat, sitrik asit ve asetik asitin (çözelti ağırlığının %1'i olacak şekilde), tuz (çözelti ağırlığının %2'si olacak şekilde) ile karıştırılması sonucunda elde edilen üç farklı formülasyon şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu aşamadaki örneklere ait sonuçlar Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Üç farklı marinat kullanılarak hazırlanmış marine etlerin pH ve tuz sonuçları

Marinasyon Çözeltisi	pH	Tuz (%)
***	6.44±0.08 ^b	0.34±0.09 ^a
%1 Fosfat +%2 Tuz	6.36±0.17 ^b	1.56±0.34 ^c
%1 Sitrik Asit +%2 Tuz	4.23±0.19 ^a	1.07±0.09 ^b
%1 Asetik Asit +%2 Tuz	4.13±0.24 ^a	1.29±0.13 ^{bc}

***: Marinasyon Uygulanmamış örnek, a, b, c: Aynı sütündeki farklı harfler $p < 0.05$ düzeyinde önemlidir.

Fosfat ve tuz ile marine edilmiş hindi göğüs etlerinin pH ve tuz değerlerinin sitrik asit ve asetik asit marinasyonları ile hazırlanmış örneklere göre daha yüksek bulunması nedeniyle, mikrobiyal güvenilirlik açısından uygun olmadığına karar verilmiştir. Sabit konsantrasyonlarda sitrik asit ve asetik asidin tuz ve pH bakımından istatistiksel olarak önemli farklılık göstermemesi nedeni ile ($p > 0.05$), bu iki formülasyon için farklı oranlarda denemelerin yapılmasına karar verilmiştir. Çizelge 4.3' de görüldüğü gibi farklı oranlarda sitrik asit ve asetik asit ile marine edilen örneklerin tuz içeriği ve pH değerlerinin yanı sıra nem içerikleri ve dokusal sertlikleri de analiz edilmiştir.

Çizelge 4.3 Dört farklı marinasyon formülasyonu kullanılarak hazırlanmış etlerin pH, tuz, nem içeriği ve sertlik sonuçları

Marinat Türü ve Konsantrasyonu	Nem (%)	pH	Tuz (%)	Sertlik (g)
***	68.40±1.86 ^a	6.44±0.08 ^b	0.34±0.09 ^a	816.26±26.08 ^b
% 1 Sitrik Asit+% 2 tuz	79.58±1.25 ^{bc}	4.45±0.06 ^a	1.36±0.18 ^b	383.83±32.67 ^{ab}
% 1.5 Sitrik Asit+% 2 tuz	75.40±0.89 ^b	4.56±0.22 ^a	1.59±0.21 ^b	420.21±24.13 ^{ab}
% 1 Asetik Asit+% 2 tuz	81.16±1.36 ^c	4.49±0.09 ^a	1.51±0.13 ^b	95.90±17.15 ^{ab}
% 1.5 Asetik Asit+% 2 tuz	77.09±0.49 ^b	4.42±0.06 ^a	1.92±0.07 ^c	92.89±14.61 ^a

***: Marinasyon Uygulanmamış örnek, a, b, c: Aynı sütündeki farklı harfler $p<0.05$ düzeyinde önemlidir.

Genel olarak marinasyon işleminin ürünleri hem izoelektrik pH' tan uzaklaştırıp mikrobiyolojik açıdan daha güvenilir hale getirdiği, hem de dokusal sertliği önemli oranda düşürdüğü belirlenmiştir. Bu aşamada iki farklı marinasyon çözeltisi değerlendirilirken kullanılan Asetik asit ve Sitrik asitin etlerin tuz, pH ve nem içerikleri üzerinde önemli bir farklılık yaratmadığı, ancak etlerin sertliğini önemli düzeyde etkilediği ($p<0.05$), asetik asitin sertlik değerini sitrik asite göre daha fazla düşürdüğü belirlenmiştir. Özellikle % 1 ve 1.5 sitrik asit ile marine edilen örneklerin sertlik değerlerinin yüksek, asidik tat ve kokunun yüksek olması nedeniyle uygun bulunmamıştır. Sonuç olarak, taze ürünlere uygulanan marinasyon işlemlerindeki pH ve doku analiz sonuçları yanı sıra belirgin tat ve kokunun sağlanması da dikkate alındığında, % 1.5 asetik asit ve % 2 tuz içeren marinasyon çözeltisinin daha uygun olduğu belirlenmiştir. % 1.5 asetik asit ve % 2 tuz içeren çözelti ile marine edilen et örneklerine ait ortalama analiz sonuçlar Çizelge 4.4 te verilmiştir.

Çizelge 4.4 % 1.5 asetik asit ve % 2 tuz içeren çözelti ile marine edilmiş hindi göğüs eti örneklerine ait ortalama analiz sonuçları

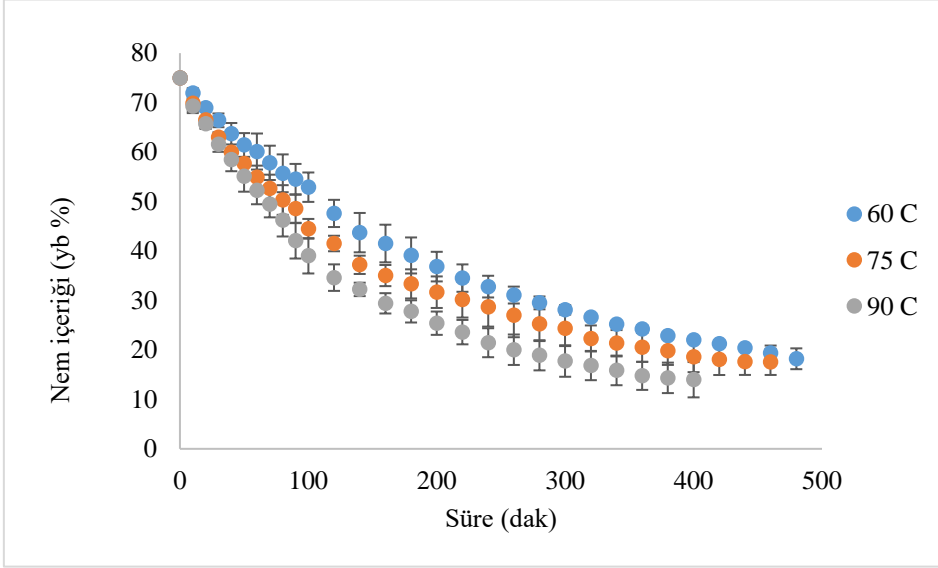
Analizler	Marine Örnek	
Bileşim Analizleri	Nem içeriği (%)	73.58±0.33
	Su aktivitesi (aw)	0.987±0.000
	pH	4.61±0.035
	KM'de Yağ(%)	4.23±0.18
	KM'de Protein(%)	91.83±0.57
Renk Analizleri	L*	71.60±0.21
	a*	4.92±0.34
	b*	3.45±2.09
Doku Analizleri	Sertlik (g)	20302.43±4556.05
	Gevreklik	82.72±16.86

Sonuçlar, örneklerin marine edilerek pH'ın düşürülmesi ve izoelektrik noktadan uzaklaştırılması hedefine ulaştığını göstermiştir. Marine edilen örneklerin pH değeri taze örneklerle göre düşük bulunmuştur. Kimyasal ve fiziksel özellikler bakımından marine edilen örnekler arasında istatistiksel olarak fark saptanmamıştır ($p>0.05$). Marine örneklerin sertlik ve gevreklik değerleri taze örneklerle göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum tuz ve suyun ozmotik taşınımına bağlı örneğin marinasyon sonrası kısmen daha düşük nem içeriğine sahip olması ve sertliklerinin yükselmesi şeklinde açıklanabilmektedir. Renk değerleri incelendiğinde ise, örneklerin marinasyon sonrası parlaklıklarının arttığı (yüksek L*) ve taze beyaz et görünümünden uzaklaştığı (düşük a*) görülmüştür.

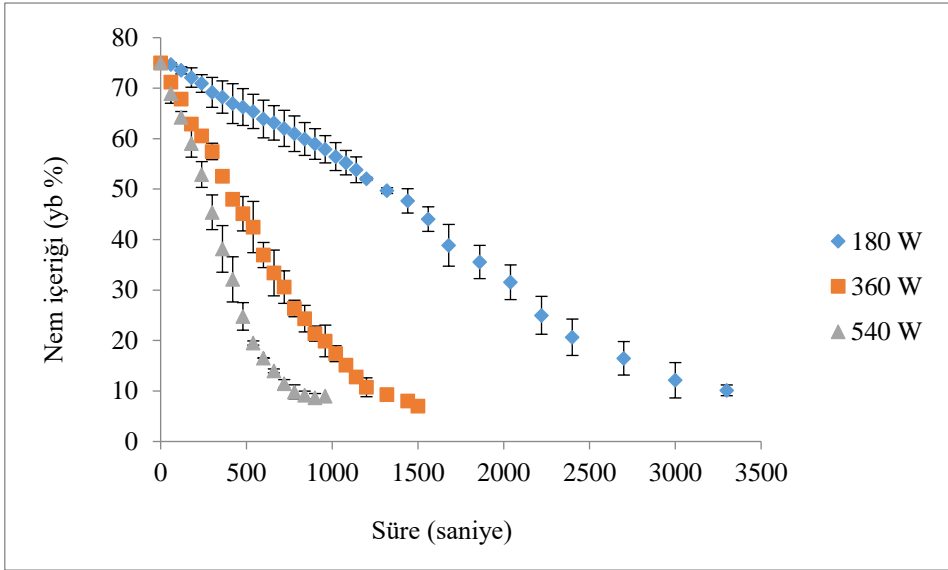
Marine edilmiş hindi göğüs etinde marinasyon işleminin mikrobiyolojik etkisinin belirlenebilmesi amacı ile analizler de gerçekleştirilmiştir. Marine örnekler için toplam mikrobiyal yükün belirlenmesi amacı ile toplam canlı sayımı yapılmıştır. Marine hindi göğüs eti örneklerinde toplam canlı yükün 2×10^5 kob/ g olduğu tespit edilmiştir. Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği' ne göre örneğin referans olarak görüleceği grup ısıtılmış işlem görmemiş et ürünleri olarak belirlenmiştir. Bu ürün grubu için Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği'nde azami toplam canlı sayımı 5×10^6 kob/g olarak belirtilmiş olup, çıkan sonuç örneğin mikrobiyal yükünün sınır değeri için uygun olduğunu göstermiştir.

4.3 Ön kurutma İşlem Sürelerinin Belirlenmesi

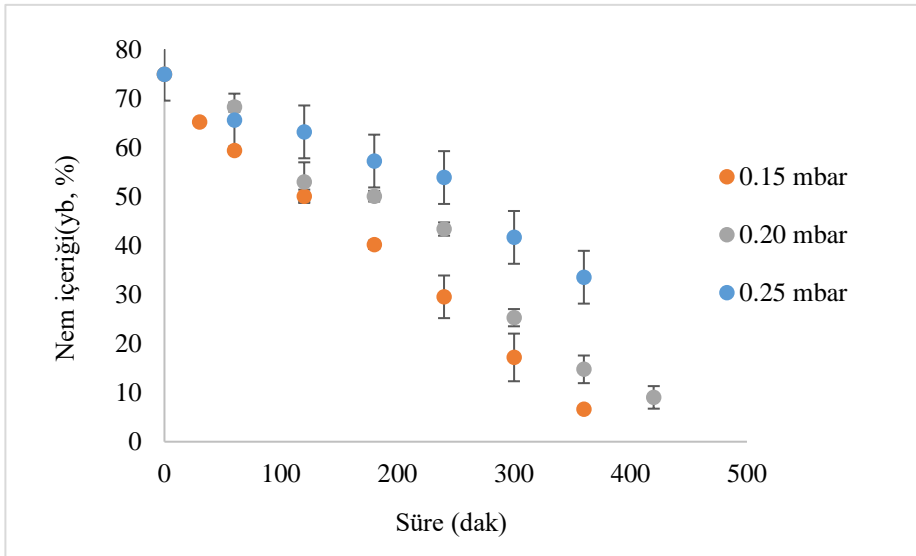
Belirlenen nem içeriklerinde (50.0 ± 2.0 , 40.0 ± 2.0 ve 30.0 ± 2.0) her bir kurutma yöntemi ve parametresi için ön kurutma işlemleri gerçekleştirilerek ürüne bağlı kuruma eğrileri elde edilmiştir (Şekil 4.1-4.3). Kurutma eğrileri 3 tekrar olarak gerçekleştirilmiş olup, belirlenen nem içeriklerinde ürün elde etmek için gerekli olan süreler belirlenmiştir.



Şekil 4.1 Sıcak hava ile kurutma yöntemi ile kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin kuruma eğrileri



Şekil 4.2 Mikrodalga ile kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin kuruma eğrileri



Şekil 4.3 Dondurarak ile kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin kuruma eğrileri

Ön kurutma yöntemleri kurutma hızları açısından karşılaştırıldığında en hızlı kurutma yönteminin mikrodalga olduğu belirlenmiştir.

Sıcak hava ile kurutma, mikrodalga ve dondurarak kurutma yöntemleri ile hindi göğüs etinin kurutma kinetikleri dikkate alındığında % 50, % 40 ve % 30 nem içeriklerine ulaşılma süreleri ve sabit puf kurutma koşullarında gereken kurutma süreleri Çizelge 4.5 'te verilmiştir. Sabit koşullarda gerçekleştirilecek olan puf kurutma süreleri hindi göğüs etinin ön kurutulmuş nem içeriğine ve puf kurutma cihazına konulacak örnek miktarına göre değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.5 Hindi göğüs etinin farklı ön kurutma ve puf kurutma işlem parametreleri ve süreleri

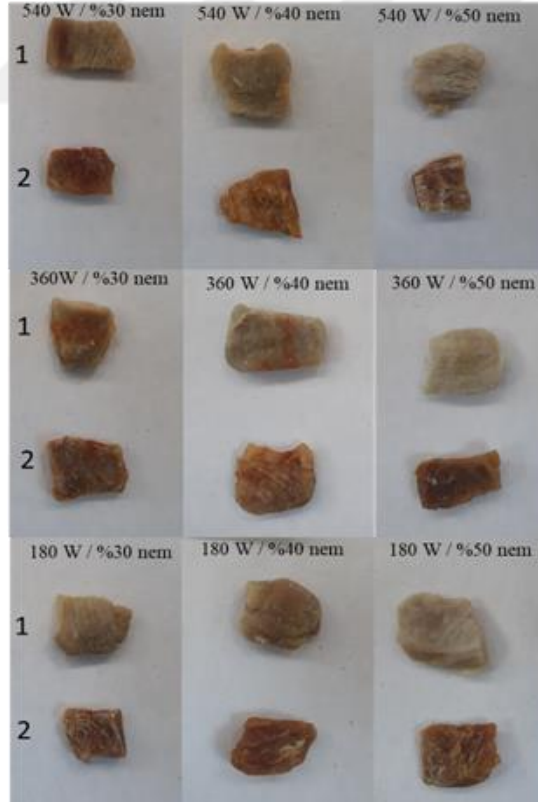
Mikrodalga Kurutma	Ön kurutma işlemi		Puf kurutma işlemi	
	Nem İçeriği (%)	Süre (saniye)	Sıcaklık (°C)	
Güç (W)				100°C
			Süre (dakika)	Süre (dakika)
180	50.0±2.0	1240		160
	40.0±2.0	1700		135
	30.0±2.0	2160		110
360	50.0±2.0	400		160
	40.0±2.0	610	10	135
	30.0±2.0	820		110
540	50.0±2.0	250		160
	40.0±2.0	370		135
	30.0±2.0	500		110
Dondurarak Kurutma	Ön kurutma işlemi		Puf kurutma işlemi	
Basınç (mbar)	Nem İçeriği (%)	Süre (dakika)	Sıcaklık (°C)	
			100°C	80°C
			Süre (dakika)	Süre (dakika)
0.15	50.0±2.0	210		225
	40.0±2.0	240		190
	30.0±2.0	360		150
0.20	50.0±2.0	330	10	225
	40.0±2.0	360		190
	30.0±2.0	480		150

	50.0±2.0	360		225
0.25	40.0±2.0	450		190
	30.0±2.0	570		150
Sıcak Hava ile kurutma	Ön kurutma işlemi		Puf kurutma işlemi	
Sıcaklık (°C)	Nem İçeriği (%)	Süre (dakika)	100°C Süre (dakika)	80°C Süre (dakika)
60°C	50.0±2.0	130		160
	40.0±2.0	220		140
	30.0±2.0	310		120
75°C	50.0±2.0	100		160
	40.0±2.0	180	10	140
	30.0±2.0	270		120
90°C	50.0±2.0	75		160
	40.0±2.0	140		140
	30.0±2.0	210		120

4.4 Ön Kurutma Denemeleri

4.4.1 Mikrodalga ile Kurutma

Mikrodalga ile ön kurutma işleminde örnekler 180, 360, 540 Watt mikrodalga gücünde % 50, % 40 ve % 30 nem içeriklerine kadar, daha sonra ise sabit koşullarda puf kurutma işlemi ile son nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Mikrodalga ile ön kurutulmuş ve sonrasında puf kurutulmuş örneklere ait görüntüler Şekil 4.4'de verilmiştir. Mikrodalga ile ön kurutma işleminde, her bir mikrodalga gücü için daha düşük nem içeriğine sahip örneklerde daha fazla küçülme gözlenmiş olup, daha koyu renge sahip örnekler elde edilmiştir. Bunun yanı sıra, benzer şekilde her bir nem içeriği için, yüksek mikrodalga gücünde örneklerin renginde koyulaşmanın olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.4 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin görüntüleri (1; ön kurutma sonrası, 2; puf kurutma sonrası)

Çizelge 4.6 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin nem içeriği, su aktivitesi değeri ve pH analiz sonuçları

Güç (W)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		Ağırlık Kaybı (%)	Elde edilen Nem İçeriği (%)	aw	pH	Ağırlık Kaybı (%)	Nem İçeriği (%)	aw	pH
180	50.0±2.0	52.53±6.40 ^a	50.93±1.59 ^c	0.923±0.014 ^{c,d}	4.70±0.05 ^{a,b}	40.77±4.36 ^d	9.05±0.33 ^{a,b}	0.659±0.012 ^b	5.05±0.01 ^a
	40.0±2.0	55.74±0.87 ^{a,b,c}	41.35±1.62 ^b	0.896±0.021 ^{a,b}	4.93±0.09 ^d	30.74±1.56 ^{b,c}	9.29±0.73 ^{a,b}	0.654±0.012 ^b	5.03±0.02 ^a
	30.0±2.0	52.70±1.25 ^a	31.35±1.24 ^a	0.839±0.005 ^a	4.81±0.02 ^{b,c}	20.75±7.22 ^a	10.19±1.83 ^b	0.653±0.022 ^b	5.31±0.31 ^b
360	50.0±2.0	55.62±8.27 ^{a,b,c}	50.81±2.93 ^c	0.949±0.006 ^d	4.74±0.01 ^{a,b,c}	41.28±3.60 ^d	7.001±0.27 ^a	0.523±0.041 ^a	4.92±0.08 ^a
	40.0±2.0	53.41±1.69 ^{a,b}	40.46±0.74 ^b	0.907±0.014 ^{c,d}	4.93±0.14 ^d	29.34±0.42 ^{b,c}	7.29±0.83 ^{a,b}	0.488±0.088 ^a	4.86±0.05 ^a
	30.0±2.0	64.36±0.98 ^c	31.90±1.01 ^a	0.852±0.042 ^{a,b}	4.84±0.02 ^{c,d}	26.98±2.09 ^{a,b,c}	7.70±0.84 ^{a,b}	0.486±0.064 ^a	4.79±0.02 ^a
540	50.0±2.0	49.62±0.16 ^a	49.60±2.37 ^c	0.963±0.006 ^d	4.63±0.02 ^a	41.10±1.84 ^d	7.45±0.81 ^{a,b}	0.491±0.034 ^a	4.77±0.01 ^a
	40.0±2.0	55.07±1.09 ^{a,b}	39.74±1.25 ^b	0.944±0.005 ^d	4.94±0.04 ^d	32.49±1.18 ^c	7.50±0.82 ^{a,b}	0.440±0.016 ^a	5.11±0.04 ^{a,b}
	30.0±2.0	62.78±2.02 ^{b,c}	32.49±1.80 ^a	0.901±0.003 ^{b,c}	4.83±0.03 ^{c,d}	23.65±3.67 ^{a,b}	8.14±1.07 ^{a,b}	0.438±0.019 ^a	4.78±0.02 ^a

a,b,c,d,e; Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir

Çizelge 4.7 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin ağırlık kaybı, nem içeriği, aw değeri ve pH değeri özelliklerine ait ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri							
		Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		Ağırlık Kaybı (%)	Elde edilen nem içeriği (%)	Su aktivitesi (aw)	pH	Ağırlık Kaybı (%)	Nem içeriği (%)	Su aktivitesi (aw)	pH
Model	8	0.044*	0.000*	0.001*	0.001*	0.001*	0.217	0.006*	0.017*
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.176	0.529	0.003*	0.533	0.629	0.022*	0.000*	0.007*
X ₂	2	0.020*	0.000*	0.000*	0.005*	0.000*	0.457	0.607	0.482
X ₁ * X ₂	4	0.108	0.303	0.243	0.396	0.575	0.997	0.96	0.031*
R ²		0.750	0.993	0.903	0.903	0.897	0.605	0.85	0.805

X₁: Mikrodalga gücü, X₂: Hedeflenen nem içeriği, *: değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Mikrodalga ile ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklere ait ağırlık kaybı, nem içeriği, su aktivitesi ve pH analizi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Elde edilen verilerden, her bir analiz sonucunun kendi içinde istatikselsel olarak birbirinden farklı olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Ön kurutulmuş örneklerde, su aktivitesi değerleri mikrodalga gücünün ve hedeflenen nem içeriğinin azalması ile azalma göstermiştir. Yüksek mikrodalga gücünün ürün yüzeyinde oluşturduğu kabuk suyun uzaklaşmasını engelleyerek yüksek su aktivitesi değerlerine neden olmuştur. Puf kurutulmuş örneklerde ise nem içeriği değerleri % 7.00 ile % 10.19 arasında, su aktivitesi değerleri ise 0.440 ile 0.659 arasında değişmektedir. Ön kurutma ile daha yüksek mikrodalga gücünde kurutulan örneklerin puf kurutma sonrası daha düşük nem içeriği ve su aktivitesine sahip olduğu görülmektedir. Yüksek mikrodalga gücünün yüksek kuruma oranı ile sağladığı dokusal yapı puf kurutma işleminde nemin uzaklaştırılmasına olanak sağlamıştır. Düşük mikrodalga gücündeki düşük kuruma oranlarına bağlı örneklerin elastik yapılarının artması puf kurutma sırasında kuruma işlemini zorlaştırarak yüksek nem içeriklerine neden olmuştur. Chaijan ve Nisoa (2017), farklı güçlerde mikrodalga kurutmanın yarı kurutulmuş tilapinin fizikokimyasal değişiklikleri üzerine etkisini incelediği çalışmada, en yüksek mikrodalga gücünün en hızlı kurutma oranına sahip olduğunu belirtmiştir. Ön kurutulmuş örneklerin pH değerleri 4.63 ile 4.94 arasında değişim göstermiş olup, istatikselsel olarak birbirinden farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Mikrodalga kurutmada karşılaşılabilecek olan yüksek pH değerleri, mikrodalga fırındaki hızlı ısıtma oranlarına atfedilebilmekte, bu da serbest asidik grupların daha yüksek salınımını ile açıklanabilmektedir (Vasanthi vd., 2007). Mikrodalga ile ön kurutulan örneklerin pH değerlerinin puf kurutma işleminden sonra arttığı gözlenmiştir. Bu duruma sıcaklık artışının neden olduğu proteinlerden kalsiyum ve magnezyum iyonlarının salınması ile birlikte mevcut protein karboksil gruplarının azalması neden olabilmektedir (Medyński vd., 2000). Benzer şekilde, Benjakul vd. (2002) azotlu bileşiklerin ayrışmasının balık etinde pH'da bir artışa neden olduğunu bildirmiştir.

Bağımsız işlem değişkenleri olan mikrodalga gücü ve hedeflenen nem içeriği parametrelerinin, ürünün ağırlık kaybı, nem içeriği, su aktivitesi ve pH değeri üzerine istatistiksel olarak etkileri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Mikrodalga gücünün ön kurutulmuş örneklerde su aktivitesi üzerinde istatistiksel olarak etkisi görülürken, puf kurutulmuş örneklerde ise ağırlık kaybı dışında diğer analizler üzerinde etkili görülmektedir ($p<0.05$). Tablodan görüldüğü gibi, hedeflenen nem içeriğindeki değişimler ise ön kurutulmuş örneklerdeki tüm analizler üzerinde, puf kurutulmuş örneklerde ise ağırlık kaybı üzerinde istatistiksel olarak etkili bulunmuştur ($p<0.05$). Her iki bağımsız değişkenin kombinasyonunun etkisinin ise yalnızca puf kurutulmuş örneklerin pH değeri üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.8 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik, gevreklik ve rehidrasyon oranı sonuçları

Güç (W)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası				
		Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Sertlik (g)	Gevreklik (pik sayısı)	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Rehidrasyon Oranı (%)	Genişleme Oranı (%)	Sertlik (g)	Gevreklik (pik sayısı)
180	50.0±2.0	324.8±19.1 ^{a,b}	26448.7±8390.9 ^a	1.00±0.00 ^a	362.0±36.5 ^a	112.7±2.5 ^a	120.2±21.6 ^b	>30000 ^a	2.12±0.89 ^{a,b}
	40.0±2.0	369.7±20.4 ^c	>30000 ^a	1.00±0.00 ^a	362.4±14.1 ^a	114.2±1.3 ^a	100.0±11.9 ^{a,b}	>30000 ^a	4.80±1.15 ^{a,b}
	30.0±2.0	337.0±15.3 ^b	>30000 ^a	1.00±0.00 ^a	362.0±16.7 ^a	113.7±0.9 ^a	111.1±12.5 ^b	>30000 ^a	1.60±0.54 ^a
360	50.0±2.0	303.5±12.6 ^{a,b}	24741.6±9147.5 ^a	1.00±0.00 ^a	345.9±26.3 ^a	119.6±2.8 ^{a,b}	122.1±16.5 ^b	>30000 ^a	6.33±1.50 ^b
	40.0±2.0	317.2±10.9 ^{a,b}	>30000 ^a	1.00±0.00 ^a	369.1±24.2 ^a	115.6±1.9 ^a	114.2±13.5 ^b	>30000 ^a	2.62±1.22 ^{a,b}
	30.0±2.0	336.5±7.6 ^b	30608.7±5782.2 ^a	1.00±0.00 ^a	375.2±58.1 ^a	114.6±3.1 ^a	115.7±11.3 ^b	>30000 ^a	3.12±0.83 ^{a,b}
540	50.0±2.0	303.3±12.3 ^a	20649.2±4471.2 ^a	1.00±0.00 ^a	349.9±32.5 ^a	132.3±3.4 ^b	105.6±15.2 ^{a,b}	>30000 ^a	3.33±1.52 ^{a,b}
	40.0±2.0	320.2±6.5 ^{a,b}	30755.9±9744.1 ^a	1.00±0.00 ^a	352.7±17.5 ^a	122.7±2.6 ^{a,b}	73.8±4.8 ^a	>30000 ^a	4.22±0.89 ^{a,b}
	30.0±2.0	328.3±25.8 ^{a,b}	14923.4±16444.1 ^a	1.00±0.00 ^a	382.9±20.9 ^a	118.8±0.8 ^{a,b}	106.0±11.1 ^{a,b}	>30000 ^a	3.44±1.30 ^{a,b}

a,b,c,d,e; Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.8'den görüldüğü gibi, ön kurutulmuş örneklerde yığın yoğunluğu değerleri 303.3 ile 369.7 kg/m³ arasında, puf kurutulmuş örneklerde ise 345.9 ile 382.9 kg/m³ arasında değişim göstermektedir. Ön kurutulmuş örneklerin yığın yoğunluğu değerlerinin düşük nem içeriklerinde daha yüksek olduğu açıkça görülmektedir. Örnekler daha düşük nem içeriklerinde daha fazla mikrodalga gücüne maruz kalarak, büzülme eğilimi göstermiş, böylece yığın formunda örnekler arası boşluklu yapı azalarak yığın yoğunluğu değerlerinin yükselmesine neden olmuştur. Guo vd. (2017) gerçekleştirdikleri çalışmalarında, düşük kütle yoğunluğunun düşük bir büzülme derecesi ile iyi bir korelasyon gösterdiğini belirtmiştir. Örneklerin puf kurutulduktan sonra yığın yoğunluğu değerlerinin ortalama bir aralıkta değişim gösterdiği söylenebilir. Bu durum, istatistiksel olarak da yığın yoğunluğu değişiminin, ön kurutulmuş örneklerde önemli olduğunu ($p < 0.05$), puf kurutulmuş örneklerde ise önemli olmadığını göstermiştir ($p > 0.05$). Ön kurutulmuş örneklerde sertlik değerlerinin yüksek olduğu, gevreklik değerlerinin ise hedeflenen nem içeriği değerinin azalması ile arttığı gözlenmiştir. Mikrodalga ile kurutmada, etin sertleşmesi düşük nem içeriklerinden kaynaklanabilmektedir Özcan ve Bozkurt (2015) pişirme süresi (10-50 dk) ve işlemlerin (atmosferik, basınç ve mikrodalgada pişirme) kavurma (yemeye hazır et ürünü) üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, atmosferik ve mikrodalga pişirme tekniğinde, suyun büyük bir kısmının serbest kaldığı noktaya kadar proteinlerin pıhtılaşmaya başladığını ve sonuçta etin büzülmeye, kurumaya ve sertleşmeye başladığını belirtmiştir. Puf kurutulmuş örneklerin ise sertlik değerlerinin, uygulanan maksimum yükün üzerinde ve oldukça sert olduğu, istatistiksel olarak ise birbirinden farklı olmadığı görülmektedir ($p > 0.05$). Gevreklik değerlerinin ise, ön kurutulmuş örneklere göre puf kurutulmuş örneklerde arttığı görülmektedir. Örneklerin puf kurutulduktan sonra nem içeriklerinin oldukça düşmesi gevreklik değerlerinin artmasına neden olmuştur. Bunun yanı sıra, hedeflenen nem içeriği, istatistiksel olarak ön kurtulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin gevreklik değerleri üzerine etkili bulunmuştur (Çizelge 4.9). Puf kurutulmuş örnekler için incelenen genişleme oranı, ürünün mikrodalga gücü ve hedeflenen nem içeriğinin artması ile maksimum seviyeye ulaşmıştır. Uygulanan yüksek mikrodalga gücü ile ürün yüzeyinde oluşturulan kabuk ve yüksek nem içeriği ile de ürünün iç yapısındaki suyun korunması, puf kurutma işleminde örneğin genişlemesine olanak sağlamıştır. Puf kurutulmuş örnekler için en yüksek rehidrasyon oranı % 132.3 ile 540 Watt % 50 nem içeriği için elde edilirken, en düşük değer ise % 112.7 ile 180 Watt % 50 nem içeriği için elde edilmiştir.

Mikrodalga gücünün artması, puf kurutulmuş örneklerin rehidrasyon özelliğini geliştirmiştir. Yüksek mikrodalga gücünde ön kurutulan örneklerin puf kurutulduktan sonra nem içeriğinin diğer örneklere göre görece düşük olması, ürünün su absorplama özelliğini geliştirerek, yüksek rehidrasyon oranı sonucunu doğurmuştur. Mikrodalga gücünün etkisi rehidrasyon değerleri üzerinde istatistiksel olarak da anlamlı görülmektedir (Çizelge 4.9). Giri, (2007) yüksek rehidrasyon oranı değerlerinin yüksek mikrodalga gücünde kurutularak elde edildiğini belirtmiştir. Daha yüksek mikrodalga gücünde daha yüksek rehidrasyon oranını, daha yüksek güç seviyelerinde kurutma sırasında daha fazla iç stresin gelişmesine bağlanmıştır. Hızlı mikrodalga enerji emilimi, suyun hızlı bir şekilde buharlaşmasına neden olmakta, büzülme ve kasın sertleşmesini önlemeye yardımcı olan ve böylece rehidrasyon özelliklerini geliştiren hızlı bir şekilde dışarı çıkan buhar akısı oluşmaktadır (Giri, 2007). Benzer sonuçlar Drouzas ve Schubert (1996), Durance ve Wang (2002), Pappas, Tsami ve Marinos-Kouris (1999) tarafından da elde edilmiştir.

Çizelge 4.9 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma işlemi uygulanan örneklerin yığın yoğunluğu rehidrasyon oranı, genişleme oranı, sertlik ve gevreklik değerlerine ait ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri							
		Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası				
		Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Sertlik (g)	Gevreklik (pik sayısı)	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Rehidrasyon Oranı (%)	Genişleme Oranı (%)	Sertlik (g)	Gevreklik (pik sayısı)
Model	8	0.009*	0.369	0.000*	0.979	0.115	0.000*	0.010*	0.016*
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.004*	0.305	0.071	0.997	0.029*	0.051	0.362	0.005*
X ₂	2	0.065	0.307	0.000*	0.629	0.281	0.073	0.373	0.017*
X ₁ * X ₂	4	0.039*	0.393	0.006*	0.939	0.556	0.578	0.051	0.381
R ²		0.834	0.527	0.921	0.161	0.784	0.674	0.828	0.808

X₁; Mikrodalga gücü, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

İstatiksel olarak mikrodalga gücü ve hedeflenen nem içeriğinin ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin üzerindeki etkisi Çizelge 4.9'dan görülmektedir. Mikrodalga gücü, puf kurutulmuş örneklerin rehidrasyon oranı ve gevreklik değerleri üzerinde de etkilidir ($p<0.05$). Hedeflenen nem içeriğinin istatistiksel olarak etkisi yalnızca ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin gevreklik değerleri üzerinde görünmektedir ($p<0.05$). Bağımsız değişkenlerin kombine etkisi ise ön kurutulmuş örneklerde yığın yoğunluğu ve gevreklik üzerinde etkili iken, puf kurutma sonrası ürün üzerinde herhangi bir etki göstermemiştir ($p>0.05$).

Çizelge 4.10 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin renk değeri sonuçları

Güç (W)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
180	50.0±2.0	66.05±4.73 ^{c,d}	5.16±0.55 ^a	13.65±1.27 ^{a,b}	48.09±2.85 ^b	8.50±1.40 ^a	16.53±2.84 ^a
	40.0±2.0	51.41±7.23 ^b	7.97±1.89 ^{a,b,c}	16.68±1.38 ^{c,d,b}	47.69±2.29 ^{a,b}	10.16±1.98 ^{a,b}	20.77±3.73 ^{b,c}
	30.0±2.0	46.52±3.62 ^a	8.64±2.58 ^{b,c}	17.81±3.40 ^{c,d}	40.03±5.22 ^a	14.83±3.29 ^{a,b}	21.92±5.59 ^b
360	50.0±2.0	68.85±3.18 ^d	6.57±0.96 ^{a,b}	13.81±2.48 ^{a,b}	48.73±2.64 ^b	8.45±1.43 ^a	17.38±3.47 ^{a,b}
	40.0±2.0	53.02±3.10 ^b	7.18±0.54 ^{a,b}	15.99±1.37 ^{b,c}	48.68±1.47 ^b	8.86±1.65 ^a	22.38±2.55 ^b
	30.0±2.0	53.52±3.00 ^b	8.62±1.72 ^{b,c}	19.17 ±2.81 ^{d,e}	47.41±3.11 ^b	11.13±1.92 ^{a,b}	22.61±3.27 ^b
540	50.0±2.0	63.82±3.18 ^{c,d}	6.28±0.62 ^{a,b}	12.76±1.51 ^a	49.96±3.50 ^{a,b}	9.30±2.79 ^a	21.68±3.56 ^b
	40.0±2.0	57.66±2.90 ^{b,c}	9.30±1.21 ^{a,b}	14.08±3.35 ^{a,b}	47.49±2.41 ^b	11.29±1.86 ^{a,b}	23.21±3.46 ^b
	30.0±2.0	49.93±3.67 ^b	10.57±3.09 ^d	21.51±4.38 ^e	46.69±5.58 ^{a,b}	11.49±2.36 ^b	23.69±2.65 ^b

a,b,c,d,e; Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Termal işleme sırasında, pigmentlerinin bozulması, askorbik asidin oksidasyonu, enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları gıdada renk değişimlerine neden olmaktadır (Ling vd., 2014). Et ürünlerinde ise proteinlerin denatürasyonu renk değişimlerinde oldukça etkilidir. Denatüre proteinler tarafından ışık saçılımından kaynaklanan ışığın artan yansımaları daha az parlaklığa neden olurken, miyoglobinin ve diğer proteinlerin termal denatürasyonu daha az kırmızılığa neden olmaktadır (Guo vd., 2017). Ön kurutulmuş örneklerde nem içeriği düşüldükçe L* (parlaklık) değerinin azaldığı, a* (kırmızılık/yeşillik) ve b* (sarılık/mavilik) değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Bu durum Şekil 4.10'dan da görülmekte olup, bu duruma düşük nem içeriklerine kadar kurutulan örneklerin uzun süre mikrodalga gücüne maruz kalması oldukça etkilidir. Özcan ve Bozkurt (2015) mikrodalga fırında işlenen kavurmanın pişirme süresinin artmasıyla daha az parlaklık (L*), daha fazla kırmızılık (a*) ve daha az sarılık (b*) değerine sahip olduğunu bulmuşlardır. Bunun yanı sıra, mikrodalga gücünün artmasıyla da L* ve a* değerlerinin azaldığı, b* değerlerinin arttığı görülmektedir. P oltorak vd. (2015) %100 mikrodalga konveksiyon ısıtması ile muamele edilen sığır gluteus kasının %30 mikrodalga yoğunluğunda muamele edilenlerden daha az parlaklık (L*), daha fazla kırmızılık (a*) ve daha az sarılık (b*) gösterdiğini belirtmişlerdir. Puf kurutulmuş örneklerde de benzer şekilde L* değeri azalırken a* ve b* değerlerinin hedeflenen nem içeriğinin azalmasıyla arttığı gözlenmiştir. Ön kurutma ile ürünlerde elde edilen renk akımının puf kurutma sonrası kısmen korunduğu söylenebilir. Bunun yanı sıra, puf kurutulmuş örneklerin ön kurutulmuş örneklere göre parlaklıkları (L*) azalmışken, kırmızılıklarının (a*) arttığı gözlenmiştir. İstatistiksel verilere göre ise ön kurutma ve puf kurutma sonrası tüm renk değerlerindeki değişim önemli görünmektedir ($p < 0.05$) (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin renk değerlerine ait ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri					
		Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Model	8	0.146	0.000*	0.000*	0.151	0.296	0.009*
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.223	0.031*	0.004*	0.211	0.316	0.020*
X ₂	2	0.030*	0.000*	0.000*	0.047*	0.100	0.002*
X ₁ * X ₂	4	0.654	0.035*	0.000*	0.452	0.592	0.416
R ²		0.650	0.942	0.000	0.647	0.562	0.832

X₁; Mikrodalga gücü, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Bağımsız değişkenlerden mikrodalga gücü ön kurutulmuş örneklerde a* ve b* değeri üzerine etkili iken, puf kurutulmuş örneklerde ise yalnızca b* değeri üzerinde etkili olmuştur ($p<0.05$). Hedeflenen nem içeriği değeri ise ön kurutulmuş örneklerde tüm renk değerlerinde, puf kurutulmuş örneklerde a* değeri haricinde tüm renk değerleri üzerinde etkili olmuştur ($p<0.05$). Bağımsız değişken kombinasyonunun etkisi ise yalnızca ön kurutulmuş örneklerde b* değeri üzerinde etkili görünmektedir. Bu durum ile hedeflenen nem içeriği değişiminin, renk değerleri üzerinde istatistiksel olarak da oldukça etkili olduğu söylenebilmektedir.

Çizelge 4.12 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin kimyasal bileşim analizi sonuçları

Güç (W)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ (%)	KM'de Protein (%)	TBARS (mgmalonaldehit/kgürün)	KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ (%)	KM'de Protein (%)	TBARS (mgmalonaldehit/kgürün)
	50.0±2.0	8.21±0.09 ^c	3.37±1.01 ^a	88.50±2.12 ^{a,b}	0.26±0.02 ^{b,c}	6.24±0.26 ^c	1.33±1.01 ^a	88.71±2.06 ^a	0.29±0.019 ^{a,b}
180	40.0±2.0	6.46±0.17 ^{b,c}	2.42±0.52 ^a	90.43±1.97 ^b	0.37±0.01 ^{a,b,c}	5.56±0.25 ^{b,c}	1.50±0.31 ^a	90.39±2.71 ^a	0.38±0.028 ^{a,b}
	30.0±2.0	4.09±0.09 ^a	2.44±0.41 ^a	91.08±1.38 ^b	0.30±0.03 ^{a,b}	7.58±0.23 ^d	1.89±1.74 ^a	91.33±0.71 ^a	0.61±0.02 ^{a,b}
	50.0±2.0	6.85±0.25 ^{b,c}	2.58±0.94 ^a	89.57±1.00 ^{a,b}	0.32±0.01 ^{a,b}	4.28±0.15 ^a	1.34±0.49 ^a	92.76±5.35 ^a	0.30±0.01 ^{a,b}
360	40.0±2.0	4.21±0.18 ^a	2.07±0.69 ^a	91.73±0.87 ^b	0.60±0.017 ^c	5.68±0.19 ^{b,c}	1.38±0.49 ^a	91.05±2.65 ^a	0.40±0.011 ^{a,b}
	30.0±2.0	3.97±0.22 ^a	1.98±0.57 ^a	90.94±2.02 ^b	0.40±0.04 ^{b,c}	5.35±0.16 ^{a,b,c}	2.68±0.46 ^a	90.89±3.31 ^a	0.58±0.11 ^c
	50.0±2.0	6.83±0.11 ^{b,c}	2.93±0.81 ^a	82.52±5.05 ^a	0.17±0.03 ^a	5.80±0.09 ^{b,c}	1.62±0.77 ^a	87.07±3.74 ^a	0.27±0.02 ^a
540	40.0±2.0	5.17±0.28 ^{a,b}	2.62±1.3 ^a	88.37±7.05 ^{a,b}	0.23±0.05 ^{a,b}	4.74±0.02 ^{a,b}	2.59±1.51 ^a	88.73±4.24 ^a	0.57±0.04 ^{b,c}
	30.0±2.0	5.04±0.11 ^{a,b}	2.73±0.33 ^a	91.00±3.21 ^b	0.27±0.03 ^{a,b,c}	5.79±0.09 ^{b,c}	2.86±0.99 ^a	89.06±5.18 ^a	0.39±0.01 ^{a,b}

a,b,c,d,e; Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Kimyasal bileşim analiz sonuçları incelendiğinde (Çizelge 4.12), ön kurutulmuş örneklerde, hedeflenen nem içeriğinin azalması ile tuz içeriklerinde azalma görülmektedir. Düşük nem içeriklerinde mikrodalga ile kurutma süresinin uzaması ile örnekten marinyasyon esnasında kütle taşınımı ile kazandığı tuzun sızmalar sonucunda azaldığı gözlenmiştir. Hedeflenen nem içeriğinin azalması aynı zamanda örneklerin puf kurutma sonrasında da tuz içeriklerinin düşmesine neden olmuştur. Mikrodalga gücü ve hedeflenen nem içeriği değişkenleri örneklerin tuz içeriğine istatistiksel olarak da etkili görünmektedir (Çizelge 4.13). Örneklerin yağ içeriği incelendiğinde ise, puf kurutma sonrası yağ içeriklerinde düşüş gözlenmiştir. Bu durum, puf kurutma sırasında nem içeriğinin düşmesi ile yağ salınımına bağlıdır. Örneklerin protein içeriklerinde istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmezken ($p>0.05$), puf kurutulmuş örneklerin ön kurutulmuş örneklere göre daha düşük protein içeriğine sahip olduğu söylenebilir. Puf kurutma sonrası yüksek kurutma sıcaklıklarına ve sürelerine bağlı protein denatürasyonu artmış ve protein değerlerinin ön kurutmaya kıyasla düşmesine neden olmuştur. Örneklerin yağ ve protein içerikleri mikrodalga gücü ve hedeflenen nem içeriğinden istatistiksel olarak etkilenmemiştir ($p>0.05$) (Çizelge 4.13).

TBARS, et ve et ürünü bileşiklerinde oksitlenen malonaldehit miktarını belirlemek için kullanılmaktadır (Jo ve Ahn, 1998). Lipidler ve lipit içeren gıdaların, lipitlerin özgül ısısının düşük olması nedeni ile mikrodalga işlem özelliklerine duyarlı olup, lipit oksidasyonu oluşumuna açık olduğu belirtilmiştir. Et ürünleri için maksimum TBARS sınır değeri olarak 2 mg malonaldehit/kg ürün verilmektedir (Connell, 1990). Mikrodalga ile ön kurutulmuş örneklerde, mikrodalga gücünün ve nem içeriğinin artması ile TBARS değerlerinin düştüğü gözlenmiştir. Burada, hedeflenen nem içeriği ve mikrodalga gücünün birlikte etkisi incelendiğinde, yüksek mikrodalga gücünde ve yüksek nem içeriklerinde, ürünün minimum kurutma süresine sahip olması TBARS değerlerinin düşmesinde etkili olduğu açıkça görülmektedir. Tersine düşük mikrodalga gücünde örneğin düşük nem içeriklerine kadar kurutulması, uzun kuruma süreleri nedeni ile yüksek TBARS değerlerine neden olmuştur. Rodriguez-Estrada vd. (1997) ise mikrodalga işleminin daha kısa süre ve daha düşük sıcaklık koşullarında yüksek oksidasyona neden olduğunu belirtmiştir. Puf kurutma sonrasında ise tüm TBARS değerlerinin güvenli seviye de olduğu, en yüksek TBARS değerinin 180 Watt % 30 nem içeriğinde, en düşük değer ise 540 Watt için % 50 nem içeriğinde elde edildiği bulgulanmıştır. Puf kurutulmuş örneklerde TBARS değerleri daha düşük nem

içeriği ve su aktivitesi değerleri nedeni ile ön kuru örneklere göre kısmen daha yüksek bulunmuştur. Literatürde, a_w değeri düştükçe, lipid oksidasyonunda oransal bir artış olduğu belirtilmiştir (Chen vd., 2002). Ayrıca, mikrodalga gücü ve hedeflenen nem içeriği değişkenlerinin kombine etkisi de puf kurutulmuş örneklerin TBARS değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.13).



Çizelge 4.13 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin kimyasal bileşimlerine ait ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri							
		Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein (%)	TBA(%)	KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein (%)	TBA(%)
Model	8	0.003*	0.810	0.214	0.058*	0.004*	0.404	0.791	0.037*
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.002*	0.453	0.171	0.182*	0.002*	0.337	0.276	0.200
X ₂	2	0.000*	0.406	0.091	0.054	0.019*	0.166	0.892	0.071
X ₁ * X ₂	4	0.187	0.97	0.547	0.129	0.019	0.65	0.866	0.030*
R ²		0.877	0.319	0.607	0.731	0.868	0.511	0.330	0.761

X₁ ; Mikrodalga gücü, X₂ ; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

İstatiksel olarak mikrodalga gücünün etkisi ön kurutulmuş örneklerde TBARS değerleri üzerinde görünürken, puf kurutulmuş örneklerin tuz değerleri üzerinde etkili görünmektedir ($p<0.05$). Hedeflenen nem içeriği ise hem ön kurutulmuş hem de puf kurutulmuş örneklerin tuz içeriğinde etkili olmuştur ($p<0.05$). Bağımsız değişken kombinasyonunun istatistiksel etkisi ise yalnızca puf kurutulmuş örneklerin TBARS değerleri üzerinde görünmektedir.

Çizelge 4.14 ve 4.15’de görüldüğü üzere duyuşal değerlendirme parametrelerinden asidik, yabancı ve okside lezzet dışındaki sonuçlar, istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur ($p<0.05$). Örneklerin asidik, yabancı ve okside lezzetinin tüm örneklerde ya bulunmadığı ya da oldukça düşük miktarlarda var olduğu görülmektedir. Birçok farklı duyuşal parametre açısından incelenen örneklerden 7.00 ile tüm izlenim açısından en yüksek puanı alan örnek 540 Watt’ta, % 40 nem içeriğine kadar ön kurutulan ve ardından puf kurutulan örnektir. Tüm izlenim açısından en yüksek puanı alan örneğin, renk beğenisinin yüksek olduğu, şişme derecesinin ve gevrekliğinin yüksek, sertlik ve elastikliğinin diğer örneklere göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, lezzet ve doku beğenisinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Mikrodalga gücü bağımsız değişkeni örneklerin renk, dokusal özellikler (sertlik, gevreklik, elastiklik), dokusal beğeni, asidik lezzet ve tüm izlenim üzerinde istatistiksel olarak etkilidir ($p<0.05$) (Çizelge 4.17). Hedeflenen nem içeriği değişkeni ise, örneklerin renk özellikleri, gevreklik, dokusal özellikler ve tüm izlenim üzerinde istatistiksel olarak etkili bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.14 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuusal değerlendirme sonuçları

Güç (W)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Duyusal Değerlendirme						
		Renk (Tanımlama)	Renk (Beğeni)	Şişme Derecesi	Sertlik	Elastiklik	Gevreklik	Doku (Beğeni)
180	50.0±2.0	6.13±2.12 ^b	3.80±1.75 ^a	4.72±1.79 ^a	4.81±1.94 ^{a,b}	2.33±1.56 ^b	2.11±1.05 ^a	3.30±1.49 ^{a,b}
	40.0±2.0	6.37±1.97 ^b	5.37±2.03 ^{a,b}	4.91±1.81 ^a	4.77±1.83 ^{a,b}	1.87±0.95 ^{a,b}	3.65±1.70 ^a	4.37±1.67 ^{a,b,c,d}
	30.0±2.0	7.00±1.04 ^b	5.17±1.75 ^b	4.42±1.83 ^a	4.50±1.72 ^{a,b}	2.00±0.81 ^{a,b}	3.33±1.87 ^a	3.40±1.26 ^{a,b,c}
360	50.0±2.0	5.80±1.68 ^b	4.91±1.76 ^{a,b}	5.45±1.44 ^a	5.37±1.77 ^b	1.12±0.35 ^{a,b}	2.70±1.56 ^a	3.11±1.05 ^a
	40.0±2.0	6.20±1.39 ^b	6.18±1.17 ^b	5.09±1.37 ^a	5.40±1.64 ^b	1.11±0.33 ^a	6.18±1.99 ^{b,c,d}	5.00±1.76 ^d
	30.0±2.0	6.73±0.79 ^b	6.18±1.17 ^b	5.09±1.37 ^a	5.18±1.66 ^{a,b}	1.54±0.93 ^{a,b}	5.72±1.79 ^{b,c}	4.82±1.47 ^{c,d}
540	50.0±2.0	4.27±1.62 ^a	4.75±1.42 ^{a,b}	5.40±1.69 ^a	5.11±1.69 ^{a,b}	1.20±0.63 ^{a,b}	4.90±1.28 ^b	4.82±1.40 ^{b,c,d}
	40.0±2.0	6.08±1.31 ^b	6.33±1.37 ^b	5.91±0.94 ^a	3.72±0.90 ^a	1.58±0.99 ^{a,b}	7.50±1.18 ^d	6.63±1.12 ^e
	30.0±2.0	6.18±1.32 ^b	6.18±1.08 ^b	5.73±0.78 ^a	4.10±1.19 ^{a,b}	1.58±0.67 ^{a,b}	6.45±1.51 ^{c,d}	6.80±0.42 ^e

a,b,c,d,e: Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.15 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değerlendirme sonuçları (devam)

Güç (W)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Duyusal Değerlendirme				
		Lezzet (Beğeni)	Asidik Lezzet	Yabancı Lezzet	Okside Lezzet	Tüm İzlenim
180	50.0±2.0	3.33±1.65 ^a	2.50±0.85 ^{a,b}	1.18±0.60 ^a	1.00±0.00 ^a	2.61±1.41 ^a
	40.0±2.0	4.79±1.80 ^{a,b,c}	1.66±0.71 ^b	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	4.33±1.43 ^{b,c,d}
	30.0±2.0	4.42±0.99 ^{a,b,c}	3.42±1.93 ^b	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	3.75±0.96 ^{b,c}
360	50.0±2.0	3.82±1.33 ^{a,b}	2.10±1.37 ^a	1.18±0.60 ^a	1.00±0.00 ^a	3.09±1.37 ^{a,b}
	40.0±2.0	5.40±1.50 ^{b,c,d,e}	1.89±0.93 ^a	1.16±0.57 ^a	1.00±0.00 ^a	4.91±1.64 ^{c,d,e}
	30.0±2.0	5.72±1.42 ^{c,d,e}	1.89±0.78 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	5.18±1.66 ^{d,e}
540	50.0±2.0	5.30±1.34 ^{b,c,d}	1.62±0.74 ^a	1.08±0.28 ^a	1.08±0.28 ^a	5.89±1.36 ^{e,f}
	40.0±2.0	6.45±1.63 ^{d,e}	1.66±0.71 ^a	1.08±0.28 ^a	1.08±0.28 ^a	7.00±1.34 ^g
	30.0±2.0	6.55±1.01 ^e	1.80±0.78 ^a	1.08±0.78 ^a	1.00±0.00 ^a	6.50±0.97 ^g

Çizelge 4.16 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuusal değerlendirmelerine ait ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri						
		Renk (Tanımlama)	Renk (Beğeni)	Şişme Derecesi	Sertlik	Elastiklik	Gevreklik	Doku (Beğeni)
Model	8	0.017*	0.015*	0.455	0.138	0.096	0.000*	0.000*
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.090	0.032*	0.071	0.032*	0.008*	0.000*	0.000*
X ₂	2	0.006*	0.003*	0.847	0.261	0.431	0.000*	0.000*
X ₁ * X ₂	4	0.421	0.989	0.726	0.636	0.686	0.048*	0.132
R ²		0.201	0.205	0.09	0.138	0.15	0.621	0.526

X₁; Mikrodalga gücü, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir

Çizelge 4.17 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değerlendirmelerine ait ANOVA sonuçları (devam)

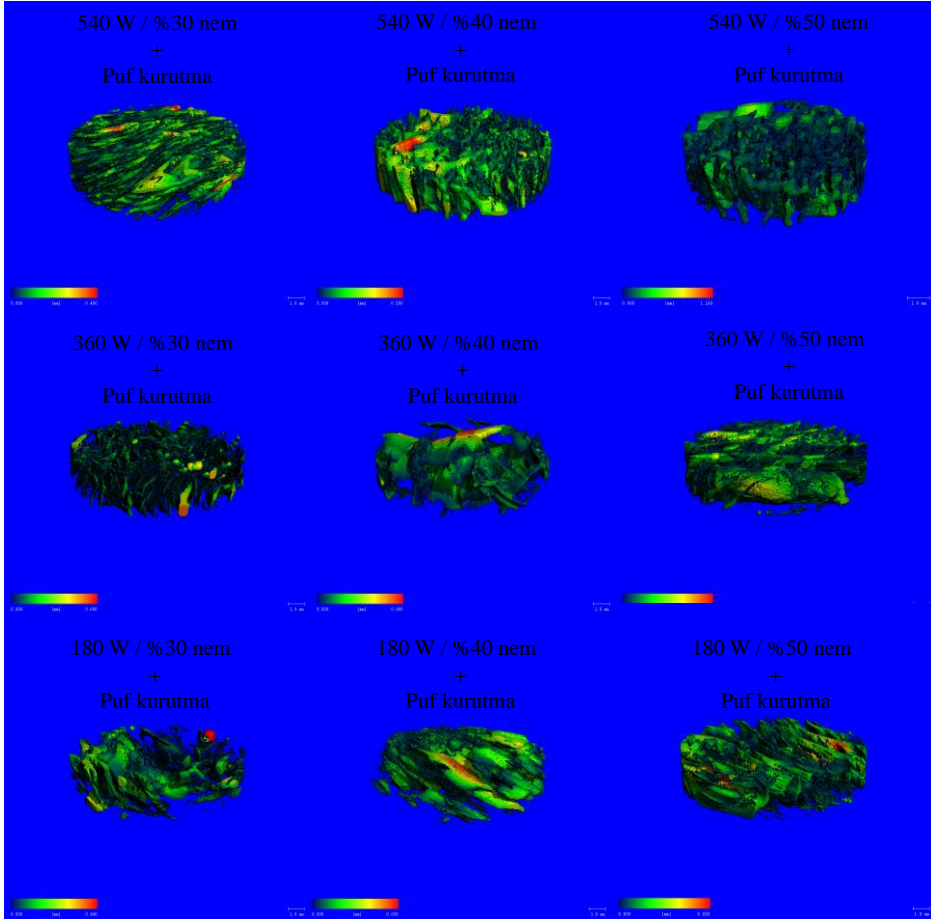
Duyuşal Değerlendirme						
Kaynak	SD					
		Lezzet (Beğeni)	Asidik Lezzet	Yabancı Lezzet	Okside Lezzet	Tüm İzlenim
Model	8	0.000*	0.003*	0.733	0.659	0.000*
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.000*	0.000*	0.61	0.385	0.005*
X ₂	2	0.000*	0.581	0.616	0.384	0.000*
X ₁ * X ₂	4	0.970	0.563	0.542	0.747	0.488
R ²		0.408	0.242	0.061	0.069	0.571

X₁; Mikrodalga gücü, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir

Farklı mikrodalga ön kurutma parametrelerinde ve ardından sabit puf kurutuma koşullarında kurutulan örneklere ait makro yapı görüntüleri Şekil 4.5'te verilmiştir. Şekilden, örneklerin iç yapılarının oldukça sıkı olduğu ve boşluklu yapının minimum seviyede olduğu görülmektedir. Pawlak vd. (2018), mikrodalga vakum kurutma ve şişirme sırasında etin genişlemesini en üst düzeye çıkarabilecek şişirme koşullarını araştırdıkları çalışmasında, mikrodalga vakum kurutma ile işlenmiş et dokusunun oldukça yırtılmış, süngerimsi ve düzensiz olduğunu belirtmiştir. Bu durumun, çeşitli meyve, sebze ve balık türleri üzerinde yapılan çalışmaların sonuçları ile de uyumlu olduğu belirtilmiştir. Her bir mikrodalga gücü için, hedeflenen nem içeriğinin yüksek olması ürünün dış yapısı gibi iç yapısının da renginin daha açık olmasına neden olmuştur. Daha düşük nem içeriklerine kadar kurutulan örneklerin iç yapılarının daha koyu renkte olduğu göze çarpmaktadır.



Şekil 4.5 Mikrodalga ile ön kurutma ve ardından puf kurutma uygulanan örneklerin makro yapı görüntüleri



Şekil 4.6 Mikrodalga ile ön kurutma ve ardından puf kurutma uygulanan örneklerin mikro yapı görüntüleri

Çizelge 4.18 Mikrodalga ile ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanan örneklerin ortalama gözenek çapı ve porozite sonuçları

Güç (W)	Hedeflenen Nem içeriği (%)	Ortalama Gözenek çapı (µm)	Porozite (%)
180	50.0±2.0	318.10±30.12 ^a	14.45±3.10 ^a
	40.0±2.0	257.95±22.98 ^a	19.78±5.57 ^{a,b}
	30.0±2.0	311.25±74.59 ^a	20.11±4.67 ^{a,b}
360	50.0±2.0	315.45±68.80 ^a	24.23±1.51 ^{a,b}
	40.0±2.0	194.60±95.32 ^a	18.93±4.69 ^{a,b}
	30.0±2.0	255.70±87.54 ^a	22.89±2.35 ^{a,b}
540	50.0±2.0	249.70±26.44 ^a	24.15±1.19 ^{a,b}
	40.0±2.0	264.20±98.15 ^a	25.4±5.50 ^b
	30.0±2.0	161.85±2.62 ^a	18.44±4.92 ^{a,b}

a,b,c,d,e; Aynı sütündeki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Örneklerin porozite ve gözeneklilik dağılımını gösteren mikro yapı görüntüleri Şekil 4.6'da, mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma sonrası ortalama gözenek çapı ve yüzde porozite değerleri Çizelge 4.18'de verilmiştir. En iyi gözenek çapı ve porozite değerleri 540 Watt'ta % 40 nem içeriğine kadar ön kurutulan ve puf kurutulan örnek için elde edilmiş olup, bu durumu Şekil 4.5'ten de doğrulanmaktadır. Yüksek mikrodalga gücünde ürünün yüzeyinde kabuk oluşturulması ve yüksek nem içeriği ile de iç yapıdaki nemin korunması, örneklerin puf kurutma sırasında gözenekliliğinin artmasına neden olmuştur. Bunun yanı sıra, literatürde, yüksek mikrodalga gücü ile kurutulan numunelerin gözenekliliğinin, hızlı bir buharlaşmaya yol açan hızlı ve homojen ısınmaya bağlı olduğu belirtilmiştir (Schiffmann, 1986). Genişleyen hava-buhar karışımı, bazı iç bölgelerde meydana gelebilecek katı büzülmeyi azaltma eğilimindedir. Büzülme, daha büyük gözeneklerin oluşturulmasıyla dengelenir. Hızlı buharlaşma sırasında, büzülme oluşturma eğilimindeki kılcal basınç, gözenekli matrisi açma eğilimi gösteren gaz genleşmesi ile rekabet etmektedir (Bampi vd., 2019).

Çizelge 4.19 Mikrodalga ile ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanan örneklerin ortalama gözenek çapı ve porozitelerine ait ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri	
		Ortalama Gözenek Çapı	Porozite
Model	8	0.659	0.277
Sabit	1	0.000	0.000
X ₁	2	0.344	0.166
X ₂	2	0.526	0.931
X ₁ * X ₂	4	0.714	0.200
R ²		0.397	0.527

X₁ ; Mikrodalga gücü, X₂ ; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Bağımsız işlem değişkenlerinin örneklerin gözenek çapı ve porozite özellikleri üzerine istatistiksel olarak bir etkisi görülmemektedir ($p>0.05$) (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.20 540 Watt mikrodalga gücünde %30 nem içeriğine kadar ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneğin mikrobiyolojik analiz sonuçları

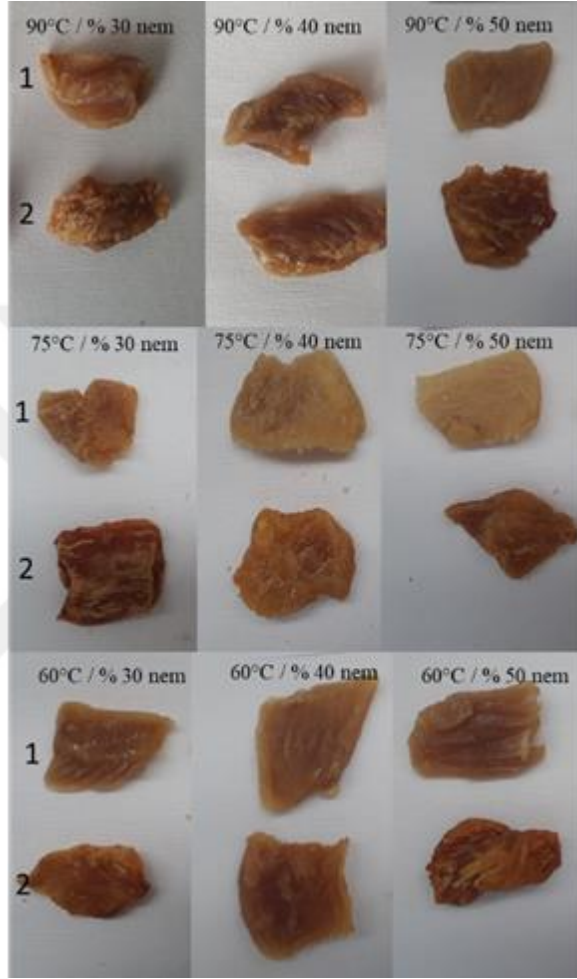
Ön Kurutulmuş		Puf Kurutulmuş				
Toplam Canlı Sayımı (kob/g)	Toplam Canlı Sayımı (kob/g)	<i>Salmonella</i> (kob/25g)	<i>E.coli</i> O:157 H:7 (kob/25g)	<i>E.coli</i> (kob/25g)	<i>Listeria monocytogenes</i> (kob/25g)	koagülaz (+) <i>Staphylacoccus aureus</i> (kob/25g)
<10	40	negatif	negatif	<10	negatif	<10

Mikrodalga sterilizasyonu gıdalardaki mikroorganizmaların koloni sayısını azaltabildiği gibi mikrodalga gücünün ve süresinin uzatılması veya sterilizasyon sıcaklığının artırılması gerçekleştirilen işlemin etkinliğini de artırabilmektedir (Valero vd., 2014). Öte yandan, mikroorganizmaların mikrodalga işlemi ile tamamen engellenmesi üzerindeki etkilerini incelemek için de çalışma yapılmıştır (Zeinali vd., 2015). Mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. Çalışmada, mikrobiyolojik analizlerin, mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma ile toplamda en az süre sıcaklığa maruz kalmış örneğe yapılması uygun görülmüştür. Mikrobiyolojik açıdan oldukça önemli olan sıcaklığın, minimum süre uygulanması koşulunda herhangi bir mikrobiyolojik gelişimin gözlenmemiş olması, diğer koşulların da güvenli olduğunu kanıtladığı düşünülmektedir. Bu

anlamda, mikrobiyolojik analizlerin gerçekleştirildiği 540 Watt mikrodalga gücünde %30 nem içeriğine kadar ön kurutulan ve puf kurutulan örnek, toplamda 2 saat boyunca sıcaklığa maruz kalmıştır. 9 dakika ön kurutulan ve 110 dakika puf kurutulan örneğin analiz sonuçları, tüm örneklerin mikrobiyolojik açıdan güvenli seviyede olduğunu kanıtlar niteliktedir. Örnekler, Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği (2011)'nde kurutulmuş veya ısıl işlem görmüş et ürünlerinde istenen şartları sağlamaktadır.

4.4.2 Sıcak Hava ile Ön Kurutma

Sıcak hava ile ön kurutma işleminde örnekler 60, 75, 90°C kurutma sıcaklığında ve 1.8 m/s kurutucu hava hızında % 50, % 40 ve % 30 nem içeriklerine kadar daha sonra sabit koşullarda puf kurutma işlemi ile son nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Sıcak hava ile ön kurutulmuş ve sonrasında puf kurutulmuş örneklere ait görüntüler Şekil 4.7'de verilmiştir. Örneklerin görüntüleri genel olarak incelendiğinde, özellikle sıcak hava kurutma sıcaklığının yükselmesi ile örneklerin renklerinin oldukça koyulaştığı göze çarpmaktadır. Genel olarak kurutma parametrelerinden ve ön kurutmada hedeflenen nem içeriğinden bağımsız olarak tüm et parçalarının boyutlarında büzölmeye bağılı küçölmeler oldukça net bir şekilde görünmektedir.



Şekil 4.7 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin görüntüleri (1; ön kurutma sonrası, 2; puf kurutma sonrası)

Çizelge 4.21 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin nem içeriği, su aktivitesi değeri ve pH analiz sonuçları

Sıcaklık (°C)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		Ağırlık Kaybı (%)	Elde edilen Nem İçeriği (%)	aw	pH	Ağırlık Kaybı (%)	Nem İçeriği (%)	aw	pH
60	50.0±2.0	52.53±6.40 ^c	50.93±1.59 ^e	0.923±0.014 ^a	4.70±0.05 ^{a,b}	40.77±4.36 ^{a,b}	9.05±0.33 ^a	0.659±0.012 ^{a,b}	5.05±0.01 ^{a,b}
	40.0±2.0	55.74±0.87 ^{a,b}	41.35±1.62 ^d	0.896±0.021 ^a	4.74±0.09 ^{a,b,c}	30.74±1.56 ^{c,d}	9.29±0.73 ^a	0.654±0.012 ^a	5.03±0.02 ^a
	30.0±2.0	52.70±1.25 ^{b,c}	31.35±1.24 ^b	0.839±0.005 ^a	4.81±0.02 ^{a,b,c}	20.75±7.22 ^{b,c,d}	10.19±1.83 ^a	0.653±0.022 ^c	5.31±0.31 ^{a,b,c}
75	50.0±2.0	55.62±8.27 ^a	49.51±0.39 ^e	0.914±0.009 ^a	4.39±0.02 ^a	41.28±3.60 ^d	12.34±1.85 ^a	0.769±0.032 ^{a,b,c}	4.87±0.010 ^{a,b}
	40.0±2.0	57.73±0.90 ^{b,c}	42.87±1.93 ^{c,d}	0.930±0.014 ^a	4.53±0.02 ^{a,b}	27.15±0.38 ^{a,b,c}	10.72±2.51 ^a	0.763±0.005 ^c	4.95±0.01 ^{b,c}
	30.0±2.0	59.51±6.03 ^{b,c}	33.05±3.65 ^{a,b}	0.874±0.008 ^a	5.11±0.04 ^c	23.98±0.17 ^{a,b}	9.84±2.31 ^a	0.705±0.022 ^{b,c}	5.13±0.05 ^d
90	50.0±2.0	60.67±0.13 ^c	49.60±2.37 ^e	0.933±0.010 ^a	4.93±0.05 ^{b,c}	27.92±0.31 ^{a,b,c}	10.15±2.02 ^a	0.701±0.023 ^{b,c}	4.96±0.10 ^{b,c}
	40.0±2.0	60.96±4.36 ^c	39.27±1.65 ^c	0.883±0.001 ^a	5.03±0.08 ^{b,c}	22.19±4.23 ^{a,b}	10.29±0.45 ^a	0.737±0.012 ^{b,c}	5.08±0.06 ^{c,d}
	30.0±2.0	63.30±3.22 ^c	30.34±0.41 ^a	0.872±0.015 ^a	5.04±0.06 ^{b,c}	19.97±3.50 ^a	10.35±1.46 ^a	0.712±0.011 ^{b,c}	5.29±0.04 ^e

a,b,c,d,e; Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin nem içeriği, su aktivitesi değeri ve pH analiz sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir. Ön kurutulmuş örneklerin nem içeriğinin azalması ile su aktivitesi değerlerinin azaldığı açıkça görülmektedir. Bunun yanı sıra, kurutucu hava sıcaklığının ve hedeflenen nem içeriğinin ön kurutulmuş örneklerin su aktivitesi üzerinde önemli bir etkisi görülmemiştir (Çizelge 4.21). Ön kurutulmuş örneklerin pH değerlerinin ise nem içeriğinin artması ile azaldığı, kurutucu hava sıcaklığından ise etkilenmediği görülmüştür (Çizelge 4.21). Puf kurutulduktan sonra örneklerin pH değerlerinin arttığı ve istatikselsel olarak birbirinden farklı olduğu görülmektedir ($p < 0.05$) (Çizelge 4.22). Candoğan vd. (2004) ısıtma işlemi görmüş fermente sosislerin pH değerlerinin, kurutma aşamasından sonra hafif artışlar gösterdiğini ve 5.43, 5.30 ve 5.42 değerlerine kadar ulaştığını bildirmiştir. Bunun yanı sıra, Candoğan (2000) gerçekleştirdiği başka bir çalışmada, ısıtma ve kurutma aşamalarının fermente sosislerin pH değerinde benzer artışlara neden olduğunu bildirmiştir. Örneklerin puf kurutulduktan sonraki görece yüksek nem içeriği değerleri, örneklerin sıcak hava kurutma sırasında yüksek büzülme göstererek nemin uzaklaşmasına engel olması ile ilgilidir. Ayrıca, bağ dokusunun büzülmesi, karışık lifler arasındaki boşluğun azalmasına neden olabilmekte, bu da gözenekliliğinin azalmasına ve kuruma sırasında et içinde su göçünün yavaşlamasına neden olabilmektedir (Bertram vd., 2004). Bunun yanı sıra puf kurutulduktan sonraki yüksek pH içeriklerinin de yüksek nem içeriklerine sebebiyet verdiği söylenebilir. Asitlenmemiş kurutulmuş etlerde, yüksek pH nedeniyle suyun uzaklaştırılması daha zordur. Et dokusunda, et proteinlerinin su tutma kapasitesi genellikle daha yüksek pH’da tercih edilir. Kurutulmuş etlerde ise, suyun verimli bir şekilde giderilmesi ve böylece nem içeriğini ve su aktivitesinin azaltılması için etin düşük su tutma kapasitesinde olması istenir. Ph düşürüldükçe, et proteinleri, ürünün suyu serbest bırakmasını sağlar (Ensor vd., 1987). Yüksek sıcaklıklarda ön kurutulan örneklerin, puf kurutulduktan sonra nem içeriğinin ve su aktivitesi değerlerinin daha düşük sıcaklıklarda ön kurutulan örneklere göre yüksek olduğu görülmektedir. Yüksek sıcaklıklarda büzülme yoğunlaştıran gıda maddesinin hücresel yapısında büyük oranda kasılma gerilmeleri meydana gelir (Bor, 2011). Bu durum, yüksek sıcaklıkta ön kurutulmuş, yüksek büzülme sahip bu ürünlerin, puf kurutma sırasında suyun uzaklaştırılmasını daha fazla zorlaştırarak yüksek nem içeriği ve su aktivitesi değerlerine neden olması ile ilgilidir. Sıcak hava kurutucu sıcaklığının puf kurutulduktan sonra örneklerin nem içeriği ve su

aktivitesi değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

İstatistiksel olarak, kurutucu hava sıcaklığının etkisi puf kurtulduktan sonra tüm veriler üzerinde etkili iken, ön kurutulmuş örneklerde yalnızca elde edilen nem içeriği üzerinde etkili görünmektedir ($p<0.05$). Hedeflenen nem içeriği değerleri ise, ön kurutma sonrası su aktivitesi dışında tüm analizlerde etkili, puf kurutulmuş örneklerde ise yalnızca pH değeri üzerine etkili bulunmuştur ($p<0.05$). Değişkenlerin kombine etkisi incelendiğinde ise, ön kurutma ve puf kurutma sonrası yalnızca nem içerikleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür ($p<0.05$) (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin ağırlık kaybı, nem içeriği, aw değeri ve pH değeri özelliklerinin ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri							
		Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		Ağırlık Kaybı (%)	Elde edilen nem içeriği (%)	Su aktivitesi (aw)	pH	Ağırlık Kaybı (%)	Nem içeriği (%)	Su aktivitesi (aw)	pH
Model	8	0.014*	0.000*	0.384	0.055	0.015*	0.532	0.027*	0.001*
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.136	0.000*	0.095	0.113	0.031*	0.021*	0.003*	0.000*
X ₂	2	0.019*	0.012*	0.748	0.039*	0.130	0.237	0.735	0.001*
X ₁ * X ₂	4	0.017*	0.677	0.587	0.121	0.014*	0.705	0.240	0.066
R ²		0.814	0.976	0.520	0.735	0.810	0.454	0.780	0.904

X₁; Mikrodalga gücü, X₂; Hedeflenen nem içeriği, *; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.23'den görüldüğü gibi, sıcak hava ile ön kurutulmuş örneklerin yığın yoğunluğu değerleri özellikle hedeflenen nem içeriğinin değişiminden etkilenmiştir. Örneklerin nem içeriğinin azalması ile yığın yoğunluğu değerlerinde artış görülmektedir. Bu durum düşük nem içeriklerinde, ürünlerin daha uzun süre sıcak havaya maruz kalması ve daha fazla büzülme göstermesi ile yığın halinde boşluklu yapının azalması ile ilgilidir. Puf kurutulduktan sonra ise, yığın yoğunluğu değerlerinin azalması, örneklerin ön kurutmaya göre nem içeriklerinin oldukça düşmesinden kaynaklı olabilir. Puf kurutulmuş örneklerin yığın yoğunluğu değerleri kurutucu hava sıcaklığı ve nem içeriğinden istatistiksel olarak etkilenmemiştir ($p>0.05$). Puf kurutulmuş örneklerin rehidrasyon değerleri ön kurutma aşamasında kurutucu hava sıcaklığı ve nem içeriğinden istatistiksel olarak etkilenmemiş olsa da ($p>0.05$), puf kurutma işlemi sonrası son nem içeriğinden oldukça etkilendiği söylenebilir. Puf kurutulmuş örneklerde en yüksek rehidrasyon oranı % 120.5 ile en düşük son nem içeriğine sahip olan örneğe ait iken, en düşük oranı ise %110.7 ile en yüksek son nem içeriğine sahip örneğe aittir. Örneklerin son nem içeriğinin düşük olması rehidre olma özelliğini geliştirmiştir. Puf kurutulmuş örneklerin genişleme oranı ise kurutucu sıcaklığından etkilenmezken, hedeflenen nem içeriğinden istatistiksel olarak etkilenmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.23 Sıcak hava ile ön kurutma örneklerine ait yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik, gevreklik ve puf kurutma uygulanan örneklere ait yığın yoğunluğu, genişleme oranı, rehidrasyon oranı, sertlik, gevreklik sonuçları

Sıcaklık (°C)	Ön kurutma işlemi sonrası					Puf kurutma işlemi sonrası				
	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Genişleme Oranı (%)	Sertlik (g)	Gevreklik (pik sayısı)	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Rehidrasyon Oranı (%)	Genişleme Oranı (%)	Sertlik (g)	Gevreklik (pik sayısı)
60	50.0±2.0	318.3±25.8 ^a	148.6±20.7 ^a	23127.9±13807.9 ^a	1.16±0.41 ^a	382.9±20.9 ^a	118.8±0.8 ^{a,b}	106.0±11.1 ^a	24966.4±5530.6 ^a	2.50±0.52 ^{a,b}
	40.0±2.0	307.4±29.6 ^a	158.3±25.1 ^a	24971.7±11769.1 ^a	1.33±0.52 ^a	318.3±10.7 ^a	117.4±3.9 ^{a,b}	152.1±7.2 ^{a,b}	21820.6±7317.8 ^a	2.00±0.53 ^a
	30.0±2.0	286.9±18.9 ^a	179.7±19.9 ^a	24284.6±11812.2 ^a	1.50±0.84 ^a	262.8±20.4 ^a	115.7±4.7 ^{a,b}	201.1±24.7 ^{b,v}	>30000 ^a	1.75±0.71 ^b
75	50.0±2.0	341.9±48.1 ^a	134.4±34.3 ^a	>30000 ^a	1.20±0.44 ^a	338.6±23.1 ^a	113.7±1.1 ^{a,b}	133.3±16.0 ^{a,b}	>30000 ^a	2.00±1.07 ^a
	40.0±2.0	341.3±22.2 ^a	133.2±16.6 ^a	29675.4±9263.9 ^a	1.50±0.84 ^a	291.8±19.6 ^a	111.2±2.1 ^a	171.5±17.7 ^{a,b}	>30000 ^a	2.17±0.96 ^a
	30.0±2.0	305.4±38.7 ^a	1614±33.5 ^a	22414.3±17513.5 ^a	1.83±1.33 ^a	232.2±36.8 ^a	120.5±1.5 ^b	249.9±54.9 ^c	>30000 ^a	1.37±0.52 ^a
90	50.0±2.0	300.2±21.0 ^a	163.9±18.2 ^a	>3000 ^a	1.20±0.44 ^a	334.4±31.6 ^a	112.4±0.4 ^{a,b}	138.5±24.4 ^{a,b}	>30000 ^a	5.00±1.00 ^{a,b}
	40.0±2.0	288.4±28.6 ^a	175.0±26.5 ^a	>30000 ^a	1.16±0.41 ^a	315.9±12.7 ^a	113.8±2.4 ^{a,b}	149.9±10.1 ^{a,b}	>30000 ^a	1.87±0.69 ^a
	30.0±2.0	345.0±9.2 ^a	128.4±6.0 ^a	>30000 ^a	1.00±0.00 ^a	310.3±20.3 ^a	113.8±1.1 ^{a,b}	155.47±17.9 ^{a,b}	>30000 ^a	2.89±0.96 ^{a,b}

a,b,c,d,e; Aynı sütündeki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Örneklere ait sertlik ve gevreklik değerleri incelendiğinde, ön kurutma ve puf kurutma sonrası sertlik değerlerinin oldukça yüksek olduğu ve özellikle puf kurutma sonrası tüm örneklerde maksimum gücün üstünde olduğu görülmektedir. Sıcak hava kurutmada, et örneklerinin büzülme göstererek elastik bir yapı sergilemesi bu durumun ana sebebidir. Zang vd. (2019) etin sıcak hava kurutulmasındaki dokunun suyun hareketine olan etkisini inceledikleri çalışmasında, kurutma sırasında kas lifleri ve kas demetleri arasındaki boşluğun azaldığını bununda kurutma sırasında bağ dokunun büzülmesini indüklediğini belirtmişlerdir. Ön kurutma ve puf kurutma sonrası sertlik değerleri kurutucu hava sıcaklığı ve hedeflenen nem içeriğinden istatistiksel olarak da etkilenmemiştir ($p>0.05$). Ön kurutma sonrası örneklerin gevreklik değerleri, kurutucu sıcaklığının ve nem içeriğinin azalması ile artmıştır. Bu durum istatistiksel olarak da işlem değişkenlerinin ön kuru ürünlerin gevreklik değerleri üzerinde etkili olduğu görülmektedir (Çizelge 4.24). Örneklerin puf kurutulduktan sonra artan gevreklik değerleri, elastikiyetlerini kaybetmesine ve daha gevrek bir yapı sergilemesine bağlı olarak açıklanabilmektedir.

Kurutucu hava sıcaklığının etkisi istatistiksel olarak yalnızca ön kurutulmuş örneklerin gevreklik değerleri üzerinde etkili bulunurken, hedeflenen nem içeriği ise ön kurutulmuş örneklerin yığın yoğunluğu ve gevreklik, puf kurutulmuş örneklerin ise genişleme oranı değerleri üzerine etkili bulunmuştur ($p<0.05$). Değişkenlerin kombine etkisi istatistiksel olarak anlamlı görülmemiştir ($p>0.05$).

Çizelge 4.24 Sıcak hava ile ön kurutma örneklerine ait yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik, gevreklik ve puf kurutma uygulanan örneklere ait yığın yoğunluğu, genişleme oranı, rehidrasyon oranı, sertlik, gevreklik değerlerinin ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri							
		Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası				
		Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Sertlik (g)	Gevreklik (g)	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Rehidrasyon Oranı (%)	Genişleme Oranı (%)	Sertlik (g)	Gevreklik (g)
Model	8	0.219	0.483	0.003	0.617	0.197	0.022	0.711	0.128
Sabit	1	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.825	0.390	0.019*	0.212	0.159	0.106	0.291	0.316
X ₂	2	0.039*	0.386	0.000*	0.689	0.427	0.004*	0.672	0.08
X ₁ * X ₂	4	0.118	0.462	0.084	0.749	0.175	0.216	0.794	0.165
R ²		0.604	0.475	0.877	0.416	0.617	0.792	0.372	0.664

X₁; Mikrodalga gücü, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.25 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin renk değeri sonuçları

Sıcaklık (°C)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
60	50.0±2.0	65.11±4.93 ^c	10.45±2.45 ^a	14.56±1.14 ^{a,b}	42.41±3.48 ^{a,b,c}	9.64±3.11 ^a	22.61±2.58 ^b
	40.0±2.0	56.78±2.84 ^b	12.04±2.78 ^a	16.36±1.93 ^b	43.27±2.62 ^{a,b,c}	12.02±1.77 ^a	16.43±3.22 ^{a,b}
	30.0±2.0	53.83±2.89 ^b	11.91±2.17 ^a	13.76±2.51 ^{a,b}	43.78±2.39 ^{a,b,c}	11.15±0.76 ^a	13.48±1.67 ^a
75	50.0±2.0	65.32±3.59 ^c	12.14±1.33 ^a	15.03±2.16 ^b	39.24±2.86 ^a	8.84±2.05 ^a	13.93±2.79 ^a
	40.0±2.0	54.96±3.68	13.07±1.94 ^a	16.54±1.69 ^b	45.43±4.05 ^{b,c}	11.58±1.63 ^a	15.17±1.82 ^{a,b}
	30.0±2.0	47.20±5.49 ^a	11.51±2.49 ^a	12.46±2.58 ^a	47.11±2.17 ^c	12.04±1.42 ^a	15.39±2.45 ^{a,b}
90	50.0±2.0	54.11±3.25 ^b	10.72±1.82 ^a	18.77±2.77 ^b	39.38±3.21 ^{a,b}	10.01±1.22 ^a	12.62±2.88 ^a
	40.0±2.0	50.93±4.40 ^{a,b}	10.46±0.98 ^a	17.78±1.70 ^b	42.93±2.17 ^{a,b,c}	10.67±2.29 ^a	15.09±2.49 ^{a,b}
	30.0±2.0	51.08±2.86 ^{a,b}	11.42±0.98 ^a	16.92±1.17 ^b	42.38±3.85 ^{a,b,c}	10.29±1.74 ^a	12.91±1.37 ^a

a,b,c,d,e; Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklere ait renk analizi sonuçları Çizelge 4.25' te verilmiştir. Sonuçlara göre, örneklerin özellikle parlaklıklarının (L^*) sıcak hava ile ön kurutma sonrası düştüğü ve işlem parametrelerinden etkilendiği söylenebilir (Çizelge 4.26). Genel olarak sıcak hava kurutma sonrası gözlenen düşük parlaklık değerleri, sıcak hava kurutma sisteminin yüksek sıcaklık nedeni ile üründe meydana getirdiği bir dizi kimyasal değişim ile ilgilidir. Konvektif kurutmada, sıcak hava bazı oksidasyon işlemlerine neden olmakta ve biyolojik olarak aktif bileşiklerin içeriği de dahil olmak üzere bazı kimyasal farklar meydana getirmektedir. Literatürde, geleneksel kurutma yönteminin ürünlerin tadı, rengi ve beslenmesinde bozulmaya yol açtığı belirtilmiştir (Figiel ve Michalska, 2017). Üren ve Babayığıt (1997), fermente edilmiş ve ısıl işlem görmüş hindi sosisin L^* değerinin kurutma aşamasından sonra azaldığını belirtmiştir. Dellaglio ve diğ. (1996), kuruduktan sonra 42.79 olan İtalyan kuru fermente edilmiş sosisin L^* değerinin kurutulduktan sonra azaldığı ile ilgili benzer sonuçlar bildirmiştir. Gimeno vd. (2000) kuru fermente edilmiş sosislerin L^* değerlerinin 46.87 ile 54.29 arasında olduğunu belirtmiştir. Ön kurutulmuş örneklerin L^* değerleri, sıcak hava kurutma ve nem içeriği değişiminden istatistiksel olarak da etkilenmiştir ($p>0.05$). Ön kurutulmuş örneklerin a^* değerlerinin kurutucu hava sıcaklığının artması ile azaldığı bulgulanmıştır. Birçok araştırmacı, kurutma aşamasından sonra a^* değerindeki azalmanın muhtemelen laktik asidin miyogloblin, nitrosomyogloblin ve oksimiyogloblin üzerindeki denatüre edici etkisinden kaynaklandığını belirtmiştir (Wanangkran vd. 2012). Puf kurutulduktan sonra, örneklerin parlaklıklarının daha da azaldığı, fakat renk özelliklerinin hiçbirinin işlem değişkenlerinden istatistiksel olarak etkilenmediği bulgulanmıştır (Çizelge 4.26).

Çizelge 4.26 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin renk değerlerine ait ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri					
		Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası		
		L	a	b	L	a	B
Model	8	0.001*	0.523	0.120	0.135	0.424	0.203
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.000*	0.196	0.095	0.279	0.751	0.146
X ₂	2	0.005*	0.821	0.068	0.035*	0.098	0.432
X ₁ * X ₂	4	0.027	0.544	0.378	0.406	0.673	0.194
R ²		0.915	0.458	0.670	0.659	0.020	0.613

X₁; Mikrodalga gücü, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Bağımsız işlem değişkenlerinin ürünlerin renk değerleri üzerine olan istatistiksel etkisi incelendiğinde, kurutucu hava sıcaklığının ön kurutulmuş örneklerin L* değeri üzerine, hedeflenen nem içeriğinin ise hem ön kuru hem de puf kuru örneklerin L* değeri üzerine etkisi görülmektedir ($p < 0.05$). Bağımsız işlem değişkenlerinin kombinasyonunun ise istatistiksel olarak bir etkisi saptanmamıştır ($p > 0.05$).

Çizelge 4.27 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin kimyasal bileşim analizi sonuçları

Sıcaklık (°C)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein(%)	TBARS (mgmalonaldehit/ kgürün)	KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein(%)	TBARS (mgmalonaldehit/ kgürün)
60	50.0±2.0	7.71±0.26 ^{c,d}	3.87±0.82 ^b	82.70±2.15 ^a	0.26±0.11 ^a	8.61±0.44 ^a	3.07±0.11 ^a	82.69±2.05 ^a	0.35±0.01 ^{a,b}
	40.0±2.0	6.18±0.32 ^a	2.73±0.33 ^{a,b}	85.45±1.08 ^a	0.48±0.10 ^b	7.68±0.09 ^a	2.66±0.99 ^a	80.09±3.47 ^a	0.48±0.02 ^b
	30.0±2.0	8.06±0.35 ^{c,d}	2.73±0.33 ^{a,b}	84.59±2.65 ^a	0.32±0.05 ^{a,b}	7.95±0.02 ^a	2.16±0.99 ^a	83.45±1.26 ^a	0.31±0.09 ^{a,b}
75	50.0±2.0	8.83±0.12 ^d	3.38±1.45 ^{a,b}	88.98±4.22 ^a	0.32±0.01 ^c	8.04±0.32 ^a	1.52±1.16 ^a	84.13±1.42 ^a	0.30±0.01 ^c
	40.0±2.0	7.57±0.13 ^{b,c}	2.09±0.63 ^{a,b}	90.25±3.44 ^a	0.23±0.03 ^a	6.51±0.09 ^a	2.07±0.57 ^a	80.04±0.37 ^a	0.20±0.01 ^a
	30.0±2.0	6.61±0.15 ^{a,b}	1.83±0.07 ^{a,b}	91.64±4.22 ^a	0.34±0.03 ^{a,b}	7.44±0.02 ^a	2.18±0.67 ^a	84.76±1.30 ^a	0.34±0.02 ^{a,b}
90	50.0±2.0	8.67±0.73 ^{c,d}	1.91±0.28 ^{a,b}	89.31±2.66 ^a	0.29±0.04 ^{a,b}	7.76±0.15 ^a	1.45±0.35 ^a	83.03±0.07 ^a	0.47±0.03 ^{a,b}
	40.0±2.0	8.49±0.40 ^{c,d}	2.54±0.73 ^{a,b}	89.19±3.46 ^a	0.32±0.05 ^{a,b}	7.66±0.17 ^a	1.42±0.32 ^a	80.03±2.27 ^a	0.42±0.01 ^b
	30.0±2.0	7.81±0.37 ^{c,d}	1.61±0.30 ^a	87.66±2.86 ^a	0.35±0.01 ^{a,b}	7.59±0.14 ^a	1.39±0.19 ^a	82.35±0.46 ^a	0.47±0.02 ^b

a,b,c,d,e; Aynı sütündeki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Örneklerin kimyasal bileşim özellikleri üzerine, bağımsız işlem değişkenlerinin etkisi Çizelge 4.27’ de verilmiştir. Puf kurutulmuş örneklerin yalnızca TBA değerleri üzerine istatistiksel olarak bağımsız işlem değişkenlerinden hedeflenen nem içeriğinin ve değişkenlerin kombinasyonunun etkisi görülmektedir ($p<0.05$). Ön kurutulmuş örneklerin tuz içerikleri ve TBARS değerleri üzerine hem her bir bağımsız değişkenin ayrı etkisi hem de kombinasyon etkisi anlamlıdır. Ayrıca, ön kurutulmuş örneklerin yağ içerikleri hedeflenen nem içeriğinden istatistiksel olarak etkilenmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 4.28).

Sıcak hava ile ön kurutulan ve ardından puf kurutulan örneklere ait duyuşal değerlendirme sonuçları Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30 ’da verilmiştir. Elde edilen değerlerin, kendi kategorisinde diğer ön kurutma yöntemlerine göre düşük olduğu görülmektedir. Geleneksel bir kurutma yöntemi olan sıcak hava ile kurutma özellikle yüksek sıcaklık uygulamaları nedeni ile örneklerin duyuşal özelliklerini de etkilemektedir. Nam vd. (2012) gerçekleştirdiği çalışmada duyuşal olarak sıcak havayla kurutulan ürünlerin genel beğeni açısından düşük puana sahip olduklarını bildirmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, renk beğenilerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı gözlenirken, özellikle doku özelliklerindeki farklılık göze çarpmaktadır. Özellikle 60°C de % 50 nem içeriğine kadar ön kurutulan örneğin diğer örneklere göre sertliklerinin ve gevrekliklerinin daha yüksek, elastik yapının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, dokusal özellikleri iyi olan bu örneğin lezzet beğenisinin de diğer örneklere göre yüksek olduğu görülmektedir. Tüm izlenim açısından ise, 60°C ‘de % 50 nem içeriğine kadar kurutulan örneğin 5.00 puan ile diğer örneklere göre oldukça yüksek puan aldığı, istatistiksel olarak da diğer örneklerden farklı olduğu göze çarpmaktadır. Asidik, yabancı ve okside lezzet sonuçları arasında istatistiksel bir fark gözlenmezken, asidik lezzetin minimum seviyede, yabancı ve okside lezzetin hiç hissedilmediği görülmektedir.

Bağımsız işlem değişkenlerinin istatistiksel etkisi incelendiğinde ise, örneklerin gevreklik ve elastiklikleri bağımsız işlem değişkenlerinden ve kombinasyonlarından etkilendiği, şişme derecesi ve doku beğenisinin yalnızca kurutucu hava sıcaklığından etkilendiği görülmektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.31-32).

Çizelge 4.28 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin kimyasal bileşimlerinin ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri							
		Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein (%)	TBARS	KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein(%)	TBARS
Model	8	0.003*	0.214	0.410	0.001*	0.591	0.571	0.852	0.000*
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.013*	0.430	0.056	0.035*	0.360	0.103	0.857	0.079
X ₂	2	0.009*	0.027*	0.833	0.041*	0.282	0.912	0.258	0.009*
X ₁ * X ₂	4	0.007*	0.919	0.921	0.000*	0.818	0.922	0.991	0.000*
R ²		0.871	0.607	0.508	0.902	0.428	0.437	0.293	0.927

X₁; Mikrodalga gücü, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.29 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değerlendirme sonuçları

Sıcaklık (°C)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Duyuşal Değerlendirme						
		Renk (Tanımlama)	Renk (Beğeni)	Şişme Derecesi	Sertlik	Elastiklik	Gevreklik	Doku (Beğeni)
60	50.0±2.0	7.50±1.19 ^b	5.12±0.64 ^a	5.25±1.39 ^{a,b}	5.93±1.83 ^b	1.87±0.83 ^{a,b}	5.87±1.96 ^b	4.50±1.41
	40.0±2.0	6.75±0.89 ^{a,b}	5.25±1.58 ^a	6.00±2.56 ^b	3.28±1.70 ^a	5.25±1.83 ^e	2.50±1.31 ^a	4.12±1.81
	30.0±2.0	5.75±1.38 ^a	5.50±1.07 ^a	6.00±1.93 ^b	3.85±1.67 ^a	3.85±1.47 ^{c,d,e}	2.62±1.51 ^a	3.87±1.35
75	50.0±2.0	7.00±0.92 ^{a,b}	5.12±1.73 ^a	5.25±1.98 ^{a,b}	4.57±1.99 ^{a,b}	3.43±1.62 ^{b,c,d}	2.75±1.58 ^a	4.12±1.36
	40.0±2.0	6.00±1.31 ^a	5.62±1.30 ^a	4.25±1.91 ^a	4.75±1.91 ^{a,b}	4.85±1.95 ^{d,e}	2.50±1.69 ^a	3.37±1.41
	30.0±2.0	6.50±1.31 ^a	5.25±1.39 ^a	5.00±1.51 ^{a,b}	4.57±1.72 ^{a,b}	3.57±1.72 ^{b,c,d}	2.50±1.19 ^a	3.62±1.51
90	50.0±2.0	6.12±1.64 ^a	5.37±1.51 ^a	4.25±1.75 ^a	3.50±1.97 ^a	1.40±0.55 ^a	2.06±1.26 ^a	3.12±0.99 ^a
	40.0±2.0	6.12±0.99 ^a	5.25±1.58 ^a	5.12±1.96 ^{a,b}	4.87±1.81 ^{a,b}	2.60±1.14 ^{a,b,c}	2.25±0.88 ^a	3.37±0.52
	30.0±2.0	6.75±1.65 ^{a,b}	4.87±1.64 ^a	4.37±1.51 ^{a,b}	5.37±1.85 ^{a,b}	3.28±1.38 ^{b,c,d}	2.00±0.92 ^a	3.00±1.07 ^a

a,b,c,d,e; Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.30 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuusal değerlendirme sonuçları (devam)

Sıcaklık (°C)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Duyuusal Değerlendirme				
		Lezzet (Beğeni)	Asidik Lezzet	Yabancı Lezzet	Okside Lezzet	Tüm İzlenim
60	50.0±2.0	5.25±1.58 ^{a,b}	2.12±1.35 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^{aa}	5.00±1.41 ^b
	40.0±2.0	4.25±1.91 ^b	1.50±0.75 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	4.12±1.88 ^{a,b}
	30.0±2.0	4.75±1.16 ^{a,b}	1.42±0.53 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	4.00±1.31 ^{a,b}
75	50.0±2.0	4.00±1.60 ^{a,b}	1.37±0.74 ^a	1.25±0.71 ^a	1.00±0.00 ^a	3.43±1.51 ^a
	40.0±2.0	4.00±1.51 ^{a,b}	1.37±0.74 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	3.14±1.07 ^a
	30.0±2.0	4.25±1.49 ^{a,b}	2.12±1.35 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	3.62±0.91 ^{a,b}
90	50.0±2.0	3.75±1.39 ^a	1.56±1.59 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	3.25±1.16 ^a
	40.0±2.0	4.62±1.19 ^{a,b}	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	3.87±0.99 ^{a,b}
	30.0±2.0	4.43±0.97 ^{a,b}	1.57±0.79 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	3.67±0.52 ^a

a,b,c,d,e: Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.31 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuusal değerlendirme ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri						
		Duyusal Değerlendirme						
		Renk (Tanımlama)	Renk (Beğeni)	Şişme Derecesi	Sertlik	Elastiklik	Gevreklik	Doku (Beğeni)
Model	8	0.079	0.939	0.074	0.021*	0.000*	0.000*	0.154
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.341	0.978	0.022*	0.283	0.001*	0.001*	0.017*
X ₂	2	0.032*	0.604	0.688	0.390	0.000*	0.014*	0.804
X ₁ * X ₂	4	0.294	0.725	0.290	0.005*	0.056*	0.000*	0.634
R ²		0.171	0.042	0.173	0.211	0.407	0.148	0.081

a,b,c,d,e; Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.32 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuusal değerlendirme sonuçları (devam)

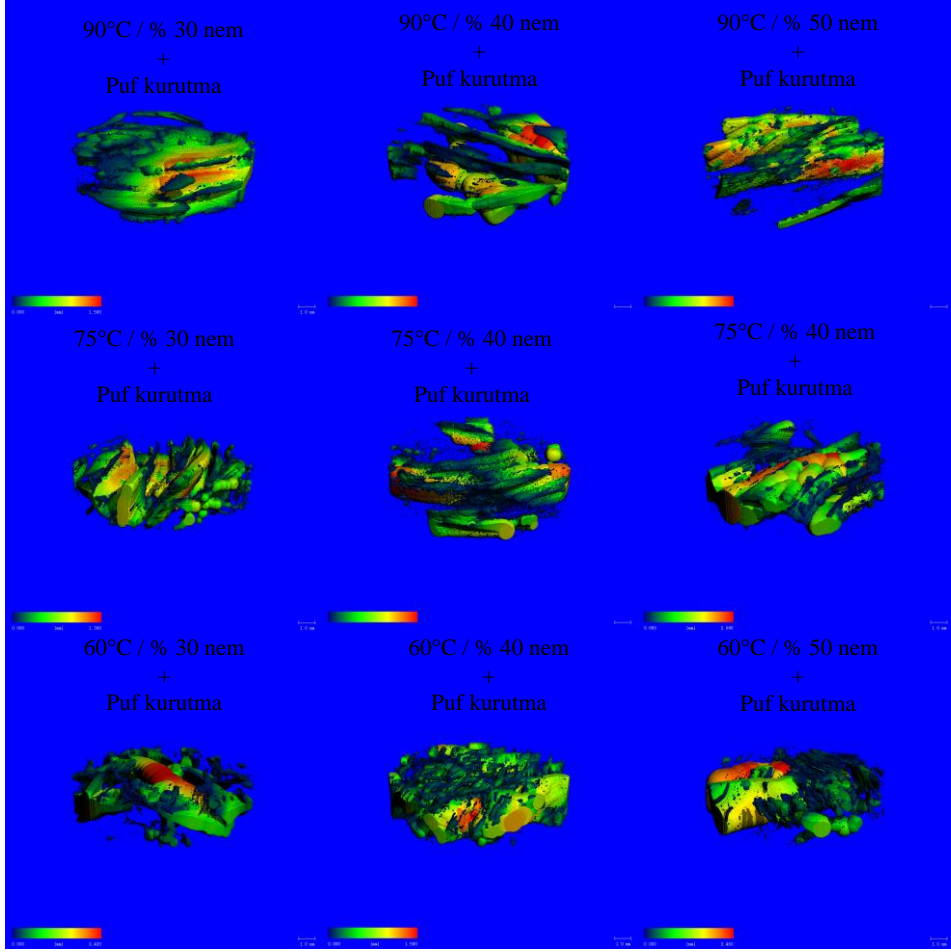
Kaynak	SD	p-değeri				
		Duyuusal Değerlendirme				
		Lezzet (Beğeni)	Asidik Lezzet	Yabancı Lezzet	Okside Lezzet	Tüm İzlenim
Model	8	0.643	0.022	0.559	0.559	0.078
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.228	0.067	0.591	0.591	0.077
X ₂	2	0.913	0.069	0.386	0.386	0.696
X ₁ * X ₂	4	0.675	0.139	0.430	0.430	0.086
R ²		0.210	0.090	0.090	0.090	0.171

a,b,c,d,e; Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.8 Sıcak hava ile ön kurutma ve ardından puf kurutma uygulanan örneklerin makro yapı görüntüleri

Örneklere ait makro yapı görüntüleri Şekil 4.8’ de verilmiştir. Örneklerin iç yapısının oldukça sıkı olduğu ve gözenekli yapının oldukça az seviyede olduğu açıkça görülmektedir. Karşılaşılan bu yapının, sıcak hava kurutmada uygulanan yüksek kurutma sıcaklıklarının protein yapısında ciddi değişimlere sebebiyet vermesinden kaynaklı olduğu söylenebilir. Candoğan vd. (2014) en yüksek sertlik değerlerinin elde edilmesinin hızlı asitleştirme ve ısıl işlem sonucunda proteinin denatürasyonu ile açıklanabildiğini belirtmiştir. Özellikle düşük nem içeriklerine kadar ön kurutulmuş örneklerin iç yapısının oldukça sıkı ve büzülmüş şekilde olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra 60°C de % 50 nem içeriğine kadar ön kurutulmuş ve ardından puf kurutulmuş örneğin diğer örneklere göre daha boşluklu bir yapıya sahip olduğu söylenebilir.



Şekil 4.9 Sıcak hava ile ön kurutma ve ardından puf kurutma uygulanan örneklerin mikro yapı görüntüleri

Örneklerin porozite ve gözeneklilik dağılımını gösteren mikro yapı görüntüleri Şekil 4.9'da, mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma sonrası ortalama gözenek çapı ve yüzde porozite değerleri Çizelge 4.33'de verilmiştir. Sonuçlar en yüksek gözenek çapına ve en yüksek porozite oranına sahip örneğin 60°C de % 50 içeriğine kadar ön kurutulan ve puf kurtulan örnek olduğunu göstermiştir. Örneklerin ön kurutmada daha düşük sıcaklığa daha az süre maruz kalması, büzülme azaltarak puf kurutma işlemi sırasında boşluklu yapının artmasını sağlamıştır. Bunun yanı sıra, yüksek nem içeriklerine kadar ön kurutma işleminin uygulanmış olması, puf kurutma sırasında etin iç yapısında daha fazla suyun migrasyonuna olanak sağlamış ve gözenekliliğini artmıştır. Zang vd. (2019) sıcak hava ile kurutulmuş kuzu etindeki kabuk oluşum mekanizmasını incelediği

çalışmasında, mikroyapı sonuçları ışığında, gözenekliliğinin azalmasının bağ dokunun büzülmesinden kaynaklanabileceğini ortaya koyduğunu belirtmiş olup, kurutma sırasında kabuğun etin yapısındaki su göçü için kritik bir faktör olduğu sonucuna varmıştır. İstatiksel olarak, kurutucu hava sıcaklığı ve nem içeriğinin gözenek çapı ve porozite değerleri üzerine bir etkisi bulunmamaktadır ($p>0.05$) (Çizelge 4.34).

Çizelge 4.33 Sıcak hava ile ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanan örneklerin ortalama gözenek çapı ve porozite sonuçları

Sıcaklık (°C)	Hedeflenen Nem içeriği (%)	Ortalama Gözenek çapı (µm)	Porozite %
60	50.0±2.0	1410.00±124.73 ^c	46.15±1.79 ^a
	40.0±2.0	908.53±126.61 ^{a,b,c}	37.19±3.71 ^{a,b}
	30.0±2.0	1056.75±277.39 ^{b,c}	20.54±5.83 ^{a,b}
75	50.0±2.0	1382.80±481.11 ^c	55.64±8.53 ^{a,b}
	40.0±2.0	710.55±83.65 ^{a,b}	18.92±3.62 ^{a,b}
	30.0±2.0	677.7±39.74 ^{a,b}	29.92±6.42 ^{a,b}
90	50.0±2.0	393.15±127.21 ^a	36.42±10.41 ^{a,b}
	40.0±2.0	1125.15±335.381 ^{b,c}	51.19±14.00 ^b
	30.0±2.0	657.4±153.58 ^{a,b}	22.12±5.66 ^{a,b}

a,b,c,d,e; Aynı sütündeki farklı harfler $p<0.05$ düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.34 Sıcak hava ile ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanan örneklere ait ortalama gözenek çapı ve porozite değerlerinin ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri	
		Ortalama Gözenek Çapı	Porozite
Model	8	0.027	0.277
Sabit	1	0.000	0.000
X ₁	2	0.251	0.931
X ₂	2	0.062	0.166
X ₁ * X ₂	4	0.019*	0.200
R ²		0.780	0.572

X₁; Mikrodalga gücü, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi $p<0.05$ düzeyinde önemlidir.

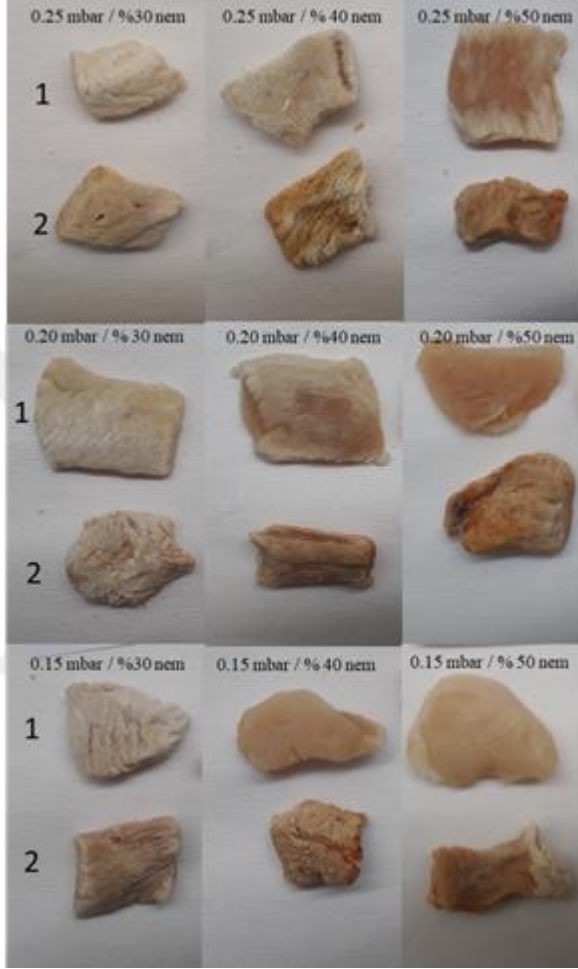
Çizelge 4.35 90°C kurutucu hava sıcaklığında %50 nem içeriğine kadar ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneğin mikrobiyolojik analiz sonuçları

Ön Kurutulmuş		Puf Kurutulmuş				
Toplam Canlı Sayımı (kob/g)	Toplam Canlı Sayımı (kob/g)	<i>Salmonella</i> (kob/25g)	<i>E.coli</i> O:157 H:7 (kob/25g)	<i>E.coli</i> (kob/25g)	<i>Listeria monocytogenes</i> (kob/25g)	koagülaz <i>Staphylacoccus aureus</i> (kob/25g) (+)
4×10 ⁴	700	negatif	negatif	<10	Negatif	<10

Ön kurutma ve puf kurutma işlemlerinde toplamda en az süre sıcaklığa maruz kalan örnek için gerçekleştirilen mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.35’de verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında, toplamda 235 dakika boyunca kurutulan örneklerin mikrobiyolojik açıdan güvenilir seviyelerde olduğu görülmektedir. Örnekler, Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği (2011)'nde kurutulmuş veya ısıtma işlemi görmüş et ürünlerinde istenen şartları sağlamaktadır. Sonuçlar, daha uzun süre ısıtma işlemi görmüş diğer sıcak hava ile ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin de mikrobiyolojik açıdan güvenilir seviyede olduklarını göstermektedir.

4.4.3 Dondurarak Ön Kurutma

Dondurarak ön kurutma işleminde örnekler 0.15, 0.20, 0.25 mbar vakum basıncı % 50, % 40 ve % 30 nem içeriklerine kadar daha sonra sabit koşullarda puf kurutma işlemi ile son nem içeriğine kadar kurutulmuştur. Dondurarak kurutma ile ön kurutulmuş ve sonrasında puf kurutulmuş örneklere ait görüntüler Şekil 4.10’da verilmiştir. Örneklerin görüntüleri incelendiğinde, hedeflenen nem içeriğinin düşmesi ile örneklerin beyazladığı ve puf kurutulduktan sonra beyazlıklarını koruduğu göze çarpmaktadır. Daha yüksek nem içeriklerine kadar kurutulan örneklerin ise, puf kurutulduktan sonra kızarmış bir görüntü sergilediği görülmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin görüntüleri (1; ön kurutma sonrası, 2; puf kurutma sonrası)

Çizelge 4.36 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin nem içeriği, su aktivitesi değeri ve pH analiz sonuçları

Vakum (mbar)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		Ağırlık Kaybı (%)	Elde edilen Nem İçeriği (%)	Aw	pH	Ağırlık Kaybı (%)	Nem İçeriği (%)	aw	pH
0.15	50.0±2.0	27.20±0.44 ^a	55.49±1.26 ^c	0.934±0.022 ^d	4.94±0.02 ^{d,e}	65.11±1.27 ^c	2.31± 0.57 ^a	0.209±0.021 ^{a,b}	5.13±0.02 ^c
	40.0±2.0	38.38±1.38 ^{b,c}	45.82±2.44 ^b	0.881±0.018 ^{c,d}	4.93±0.05 ^{d,e}	57.03±1.15 ^{a,b}	2.79±0.38 ^a	0.134±0.002 ^a	5.14±0.01 ^c
	30.0±2.0	52.04±1.24	31.76±3.02 ^a	0.755±0.009 ^a	4.91±0.08 ^{d,e}	22.06±4.22 ^a	2.87±0.06 ^a	0.511±0.054 ^c	5.13±0.12 ^c
0.2	50.0±2.0	35.05±2.83 ^b	53.84±0.37 ^c	0.934±0.002 ^d	4.79±0.08 ^{c,d}	62.52±3.37 ^{a,b}	2.94±0.04 ^a	0.251±0.003 ^{a,b}	5.16±0.02 ^c
	40.0±2.0	41.05±3.01 ^{b,c}	45.11±3.91 ^b	0.847±0.044 ^{b,c,d}	4.99±0.01 ^e	54.28±4.79	3.35±0.36 ^{a,b}	0.198±0.026 ^{a,b}	5.14±0.04 ^c
	30.0±2.0	41.62±5.47 ^{c,d}	33.50±1.10 ^a	0.892±0.004 ^{c,d}	4.45±0.02 ^a	56.84±5.95 ^b	5.49±0.96 ^b	0.281±0.045 ^b	4.80±0.01 ^b
0.25	50.0±2.0	38.44±2.72 ^{b,c}	53.05±1.23 ^c	0.9112±0.008 ^{c,d}	4.60±0.02 ^{a,b}	57.50±5.03 ^{a,b}	4.06±0.77 ^{a,b}	0.313±0.010 ^b	4.84±0.03 ^b
	40.0±2.0	48.96±1.07 ^e	43.28±3.24 ^b	0.797±0.034 ^{a,b,c}	4.62±0.0 ^{b,c}	41.70±0.18 ^a	4.63±0.56 ^{a,b}	0.473±0.015 ^c	5.11±0.08 ^c
	30.0±2.0	47.65±2.02 ^{d,e}	34.47±0.34 ^a	0.774±0.006 ^{a,b}	4.64±0.02 ^{b,c}	35.43±2.58 ^a	2.96±0.01 ^a	0.147±0.002 ^a	4.64±0.02 ^a

a,b,c,d,e; Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.37 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin ağırlık kaybı, nem içeriği, aw değeri ve pH değerlerine ait ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri							
		Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		Ağırlık Kaybı (%)	Elde edilen Nem içeriği (%)	Su aktivitesi (aw)	pH	Ağırlık Kaybı (%)	Nem içeriği (%)	Su aktivitesi (aw)	pH
Model	8	0.000*	0.000*	0.013*	0.000*	0.000*	0.122	0.000*	0.000*
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.006*	0.859	0.072	0.000*	0.000*	0.097	0.127	0.000*
X ₂	2	0.000*	0.000*	0.003*	0.014*	0.000*	0.580	0.180	0.000*
X ₁ * X ₂	4	0.005*	0.555	0.148	0.002*	0.003*	0.098	0.000*	0.000*
R ²		0.933	0.962	0.818	0.922	0.954	0.668	0.921	0.981

X₁; Vakun basıncı, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Dondurarak ön kurutma yöntemi ile ön kurutulan ardından puf kurutulan örneklerle ait nem içeriği, su aktivitesi ve pH sonuçları Çizelge 4.36'da verilmiştir. Örneklerin puf kurutma sonrası nem içerikleri ve su aktivitesi değerlerinin diğer ön kurutma yöntemlerine göre (sıcak hava ve mikrodalga) oldukça düşük olduğu görülmektedir. Örneklerin pH değerlerinin puf kurutma sonrası arttığı ve en yüksek değerin 0.2 mbar % 50 nem içeriğine kadar ön kurutulan ve ardından puf kurutulan örnek için 5.16 olduğu belirlenmiştir. Kaban ve Bayrak (2015) gerçekleştirdiği çalışmada, hindi etinin artan nem oranına bağlı olarak pH değerinde bir artış belirlemiştir. Fermantasyon aşamasından sonra pH değeri 5'in altında iken, ısıtma işlemi uygulaması, pH değerinde bir artışa neden olduğunu, bu durumda ısıtma işleminden kaynaklanan protein denatürasyonunun pH'da bir artışla sonuçlandığını belirtmiştir (Ercoşkun vd., 2010).

Bağımsız işlem değişkenlerinin (vakum basıncı ve hedeflenen nem içeriği), ağırlık kaybı, nem içeriği, aw ve pH özellikleri üzerine etkisi Çizelge 4.37' de verilmiştir. Vakum basıncının etkisi, ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin ağırlık kaybı ve pH değerleri üzerinde anlamlı iken, hedeflenen nem içeriği ise, ön kurutulan örneklerin tüm özellikleri, puf kurutulan örneklerin ise, ağırlık kaybı ve pH değerleri üzerinde etkili görülmektedir ($p<0.05$). İşlem kombinasyonu ise, ön kurutulan örneklerde ağırlık kaybı ve pH, puf kurutulan örneklerde ise ağırlık kaybı, pH ve su aktivitesi üzerinde etkilidir ($p<0.05$).

Çizelge 4.38 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik, gevreklik ve rehidrasyon oranı sonuçları

Vakum (mbar)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası				
		Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Sertlik (g)	Gevreklik (pik sayısı)	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Rehidrasyon Oranı (%)	Genişleme Oranı (%)	Sertlik (g)	Gevreklik (pik sayısı)
0.15	50.0±2.0	226.1±15.6 ^{a,b}	19514.9±5649.2 ^a	1.00±0.00 ^a	233.1±23.5 ^a	123.0±2.7 ^a	243.5±35.8 ^a	19359.5±8838.9 ^{a,b}	16.83±3.54 ^{b,c}
	40.0±2.0	223.8±10.3 ^{a,b}	21226.2±1347.4 ^a	1.00±0.00 ^a	190.2±32.2 ^a	115.6±1.9 ^b	329.7±24.0 ^a	26272.5±13212.7 ^{c,d,e}	13.60±4.50 ^{b,c}
	30.0±2.0	198.1±13.6 ^{a,b}	17301.5±1369.5 ^a	1.00±0.00 ^a	223.5±47.4 ^a	147.9±13.8 ^a	262.2±28.7 ^a	27967.8±1343.1 ^{d,e}	19.25±3.51 ^{b,c}
0.2	50.0±2.0	233.2±11.4 ^{a,b}	14265.6±7299.2 ^a	2.25±1.25 ^a	246.6±27.6 ^a	127.1±7.6 ^a	228.2±39.4 ^a	20767.9±8964.0 ^{a,b,c}	14.20±4.86 ^c
	40.0±2.0	226.31±6.3 ^{a,b}	11049.9±8042.5 ^a	2.25±1.89 ^a	208.5±12.4 ^a	145.7±8.4 ^a	278.4±23.2 ^a	28917.9±6760.4 ^{c,d,e}	2.00±0.57 ^a
	30.0±2.0	237.2±12.5 ^{a,b}	19381.4±1392.5 ^a	1.00±0.00 ^a	185.6±23.8 ^a	213.8±26. ^b	329.2±59.4 ^a	24652.4±9088.0 ^{a,b,c,d}	8.00±2.64 ^{a,b}
0.25	50.0±2.0	303.9±20.2 ^b	25538.6±4290.2 ^a	1.00±0.00 ^a	243.5±29.3 ^a	140.7±3.3 ^a	244.1±45.8 ^a	23953.1±1133.9 ^{b,c,d,e}	13.83±4.31 ^{b,c}
	40.0±2.0	252.4±18.0 ^{a,b}	24877.2±4486.0 ^a	1.00±0.00 ^a	231.8±19.0 ^a	140.2±4.4 ^a	244.4±28.5 ^a	28908.5±9690.2 ^c	14.33±2.16 ^{b,c}
	30.0±2.0	199.3±17.7 ^a	20652.1±7544.8 ^a	1.00±0.00 ^a	190.7±22.9 ^a	155.4±34.8 ^a	316.8±49.1 ^a	16646.9±1094.3 ^a	15.00±2.52 ^{b,c}

a,b,c,d,e; Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.39 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma işlemi uygulanan örneklerin yığın yoğunluğu rehidrasyon oranı, genişleme oranı, sertlik ve gevreklik değerlerine ait ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri								
		Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası				
		Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Genişleme Oranı (%)	Sertlik (g)	Gevreklik (g)	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Rehidrasyon Oranı (%)	Genişleme Oranı (%)	Sertlik (g)	Gevreklik (g)
Model	8	0.009	0.282	0.781	0.569	0.457	0.005	0.494	0.01	0.067
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.004*	0.168	0.441	0.191	0.899	0.265	0.804	0.556	0.118
X ₂	2	0.065	0.100	0.965	0.622	0.146	0.007	0.198	0.007	0.114
X ₁ * X ₂	4	0.039*	0.818	0.629	0.737	0.511	0.005	0.495	0.012	0.076
R ²		0.834	0.570	0.336	0.928	0.438	0.856	0.471	0.829	0.721

X₁; Vakum basıncı, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Örneklerin ön kurutma sonrası yığın yoğunluğu değerleri incelendiğinde, en yüksek değer (303.9 kg/m^3) ve en düşük değer (199.3 kg/m^3) dışında, değerler arasında istatistiksel bir fark gözlenmemiştir (Çizelge 4.38-4.39). Hindi göğüs eti örneklerinin dondurarak ön kurutma işlemi sonrası sertlik ve gevreklik değerleri arasında istatistiksel bir fark gözlenmezken, bu değerlerin puf kurutma sonrası arttığı görülmektedir. Dokusal özellikleri bakımından, sıcak hava ve mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin dokusal özelliklerden daha iyi olduğu ve kabul edilebilir seviyede olduğu söylenebilir. Sonuçlar, örneklerin puf kurutulduktan sonra sertliklerinin artması ile gevreklik değerlerinin düştüğünü göstermektedir. En yüksek sertlik değerine sahip örneğin en düşük gevreklik değerine sahip olduğu açıkça görülmektedir. Düşük sertlik değerleri ise, atıştırmalık formdaki ürünler için arzu edilen bir özellik değildir. Puf kurutulduktan sonra örneklerin rehidrasyon oranı ve genişleme oranı değerleri arasında da istatistiksel bir fark gözlenmezken, bu değerlerin diğer ön kurutma yöntemlerine kıyasla daha yüksek olduğu söylenebilir. Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma işleminde oldukça düşük nem içeriklerinin elde edilmesi, örneklerin rehidre olma özelliklerini oldukça geliştirmiştir.

Örneklere ait istatistiksel analiz sonuçları incelendiğinde, bağımsız işlem değişkenlerinden vakum basıncı ve değişken kombinasyonun etkisi yalnızca ön kuru örneklerin yığın yoğunluğu üzerine görülmektedir ($p < 0.05$). Elde edilen veriler arasında istatistiksel bir fark gözlenmemesi, bağımsız işlem değişkenlerinin istatistiksel bir etkisinin olmadığını da doğrulamaktadır (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.40 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin renk değeri sonuçları

Vakum (mbar)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
0.15	50.0±2.0	79.82±3.94 ^{b,c}	1.77±0.89 ^a	9.80±1.01 ^a	63.16±5.29 ^{a,b}	6.25±2.73 ^{a,b,c}	23.24±5.09 ^a
	40.0±2.0	80.79±2.77 ^{b,c}	1.12±0.61 ^a	9.15±0.79 ^a	70.72±4.60 ^{b,c}	4.83±1.86 ^{a,b}	20.08±2.88 ^a
	30.0±2.0	81.01±3.38 ^a	2.23±0.94 ^b	9.78 ±0.84 ^c	63.90±4.05 ^{a,b}	4.89±1.91 ^{a,b}	24.24±3.16 ^a
0.2	50.0±2.0	74.15±3.98 ^{a,b,c}	1.04±0.80 ^a	11.58±0.96 ^{a,b}	65.60±4.26 ^{a,b}	6.19±3.50 ^{a,b,c}	23.61±3.13 ^a
	40.0±2.0	82.60±1.96 ^c	3.17±1.02 ^{a,b}	13.51±2.08 ^b	64.29±3.28 ^{a,b}	4.91±2.38 ^{a,b}	29.83±5.27 ^a
	30.0±2.0	81.41±1.22 ^{b,c}	3.22±0.24 ^{a,b}	12.23±0.74 ^{a,b}	67.98±8.10 ^c	5.72±2.74 ^{a,b}	26.87±7.20 ^a
0.25	50.0±2.0	70.51±2.54 ^{a,b}	2.72±1.26 ^{a,b}	9.96±1.22 ^a	56.98±4.12 ^a	10.42±3.30 ^c	29.03±6.41 ^a
	40.0±2.0	82.19±1.33 ^{b,c}	2.53±1.21 ^{a,b}	12.57±1.90 ^{a,b}	58.07±4.90 ^a	7.73±2.34 ^{b,c}	26.84±4.22 ^a
	30.0±2.0	81.91±2.86 ^{b,c}	3.00±0.78 ^{a,b}	11.71±1.43 ^{a,b}	69.76±4.39 ^{a,b}	2.95±1.85 ^a	22.35±7.56 ^a

a,b,c,d,e: Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Dondurarak ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin renk değerleri incelendiğinde, ön kurutma sonrası örneklerin L* değerlerinin oldukça yüksek ve a* değerlerinin oldukça düşük olduğu göze çarpmaktadır (Çizelge 4.40). Örneklerin ön kurutma sonrası, taze et görünümünden uzaklaşarak parlaklığı daha yüksek ve kırmızılığı daha düşük ürünler elde edilmiştir. Puf kurutma sonrası ise, L* değerlerinin düştüğü ve a* değerlerinin arttığı gözükmektedir. Puf kurutma işleminde uygulanan sıcaklık nedeni ile daha kızarmış ve atıştırmalık formuna uygun ürün elde edildiği söylenebilir. Puf kurutma sonrası, örneklerin daha yüksek vakum basıncından kurutulan örneklerin, daha düşük L* ve daha yüksek a* değerine sahip olduğu, dondurarak kurutma işleminin renk özelliklerine etkisini en aza indirdiği söylenebilir. Benzer şekilde, Babic vd. (2009)'un yaptığı çalışmada dondurularak kurutulmuş, rehidre edilmiş ve daha sonra ısıl işlem görmüş numunelerin, özellikle en yüksek basınçta muamele edildiğinde, taze pişmiş et numunelerine daha benzer L* ve b* değerlerine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Puf kurutulmuş örneklerin a* değerleri incelendiğinde ise, değerlerin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu ve ön kurutma ile yüksek nem içeriklerine getirilen örneklerin daha yüksek a* değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Fishwick ve Zmarlickid (1970) enzimatik olmayan kızarmaya bağlı renk bozulmasının etin nem içeriği ile birlikte arttığını ortaya koymuştur. Puf kurutma sonrası b* değerlerinde ise istatistiksel olarak bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Çizelge 4.41 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin renk değerlerine ait ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri					
		Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Model	8	0.045	0.071	0.000	0.020	0.058	0.576
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.265	0.696	0.034*	0.009*	0.316	0.020*
X ₂	2	0.064	0.022*	0.000*	0.056	0.027*	0.627
X ₁ * X ₂	4	0.038*	0.119	0.000*	0.097	0.109	0.353
R ²		0.749	0.715	0.942	0.798	0.731	0.435

X₁ ; Vakum basıncı, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

İstatistiksel olarak, ön kurutulmuş örneklerin L* değerlerine sadece işlem kombinasyonlarının etkisi görünürken, a* değerlerine yalnızca hedeflenen nem içeriğinin etkisi görünmektedir. Ön kuru örneklerin b* değerlerine ise vakum

basıncı, hedeflenen nem içeriği ve kombinasyonların etkisi istatıksel olarak etkili bulunmuştur. Vakum basıncının istatıksel etkisi, puf kurutma sonrası örneklerin L^* ve b^* değerlerine etkili bulunurken, hedeflenen nem içeriği ise a^* değerleri üzerinde etkili görünmektedir (Çizelge 4.41).



Çizelge 4.42 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin kimyasal bileşim analizi sonuçları

Vakum (mbar)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein(%)	TBARS (mgmalonaldehit/kgürün)	KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein(%)	TBARS (mgmalonaldehit/kgürün)
0.15	50.0±2.0	6.57±0.42 ^b	3.66±1.93 ^{a,b}	88.16±0.58 ^{b,c}	0.50±0.04 ^c	7.47±0.92 ^{b,c}	3.43±1.73 ^{a,b,c}	88.37±2.84 ^{b,c}	0.94±0.11 ^{a,b}
	40.0±2.0	5.69±0.32 ^b	3.29±0.67 ^{a,b}	83.51±4.59 ^{a,b}	0.27±0.02 ^d	7.97±0.31 ^{a,b}	3.13±0.06 ^{b,c}	82.35±0.46 ^{a,b}	0.51±0.003 ^a
	30.0±2.0	6.19±1.00 ^b	4.55±1.61 ^b	87.21±0.34 ^{a,b,c}	0.07±0.01 ^c	6.24±0.06 ^{a,b}	3.02±0.78 ^{a,b,c}	85.27±3.86 ^{a,b}	0.31±0.02 ^{a,b}
0.2	50.0±2.0	9.68±0.82 ^a	4.24±1.18 ^b	88.74±2.95 ^{a,b}	0.14±0.10 ^a	9.62±0.12 ^{b,c}	1.01±0.59 ^a	88.00±0.36 ^{b,c}	0.27±0.02 ^c
	40.0±2.0	7.31±1.57 ^b	4.14±1.08 ^b	87.16±2.08 ^{b,c}	0.36±0.02	9.13±0.51 ^{a,b,c}	2.12±0.49 ^{a,b,c}	85.81±4.19 ^{a,b,c}	0.39±0.02 ^{a,b}
	30.0±2.0	6.39±1.02 ^b	1.25±0.401 ^a	84.55±0.76 ^{a,b}	0.35±0.01 ^b	6.34±1.94 ^a	2.54±0.02 ^{a,b,c}	81.90±2.90 ^a	0.56±0.08 ^{a,b}
0.25	50.0±2.0	6.72±0.16 ^b	3.71±0.13 ^{a,b}	89.79±2.19 ^c	0.35±0.01 ^b	7.76±0.65 ^c	2.37±1.09 ^c	89.61±1.57 ^c	0.47±0.02 ^{a,b}
	40.0±2.0	6.37±0.67 ^b	4.65±0.78 ^b	85.17±3.86 ^a	0.26±0.03 ^d	7.45±0.69 ^{a,b}	2.92±0.79 ^{a,b}	83.29±1.49 ^{a,b}	0.66±0.02 ^{a,b}
	30.0±2.0	5.35±0.04 ^b	3.67±0.74 ^{a,b}	88.02±2.95 ^{a,b}	0.19±0.02 ^a	7.12±0.33 ^{a,b,c}	2.56±1.10 ^{b,c}	89.10±3.22 ^{a,b,c}	0.52±0.01 ^{a,b}

a,b,c,d,e; Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Dondurarak ön kurutulan ve puf kurutulan örneklere ait bileşim analizi sonuçları Çizelge 4.42' de verilmiştir. Ön kurutulmuş örneklerden, 0.2 mbar % 50 nem içeriğine kadar kurutulan örnek dışında, veriler arasında istatistiksel bir fark bulunmamakla birlikte, puf kurutma sonrası tuz içeriklerinin genel olarak bir miktar arttığı görülmektedir. Dondurarak ön kurutulan ve ardından puf kurutulan örneklerin tuz içerikleri diğer ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, diğer ön kurutma yöntemlerinden farklı olarak dondurarak kurutma işleminin suyun donması ve süblimleşmesine dayanan prensibi ile ilgilidir. Tuz içeriğinin nispeten yüksek olması, mikrobiyal güvenilirlik açısından da destekleyici bir unsurdur. Örneklerin yağ içerikleri incelendiğinde ise, ön kurutma işleminde yağ içeriğinin korunduğu ve puf kurutma sonrası azaldığı görülmektedir. Örneklerin protein içerikleri, puf kurutma sonrası ön kuru örneklerin değerlerine oldukça yakın olmakla birlikte, bazı örneklerde azalmalar gözlenmiştir. Suda çözünür protein azotundaki azalma ve 60°C ile 80°C arasında bulunan fosforilaz aktivitesindeki azalma ile aşırı ısıl işlemin bazı sarkoplazmik proteinlerin denatürasyonuna neden olduğunu göstermektedir (Aitken, 1962). Örneklerin dondurarak ön kurutma işleminde sonra elde edilen TBARS değerleri, diğer ön kurutma yöntemlerine göre düşük bulunmuştur. Düşük TBARS değerleri, en azından kısmen, miyozin ve malonaldehitin etkileşiminden kaynaklanabildiği belirtilmiştir (Buttkus, 1967). Bunun yanı sıra, 0.15 mbar vakum basıncında ön kurutulan örneklerin TBA değerleri hem ön kurutma sonrası hem puf kurutma sonrası görece daha yüksek bulunmuştur. Bu durum 0.15 mbar vakum basıncında ön kurutulan örneklerin daha yüksek yağ içeriği ile ilgili olabilir. TBARS değerlerindeki değişim, toplam lipitlerin miktarındaki değişikliklerle ilgilidir, yani yüksek TBARS değerleri ve yüksek lipit içeriği doğrudan ilişkilidir (Tarladgis vd., 1960). Örnekler puf kurutma sonrası TBARS değerlerinde sıcaklığa bağlı bir miktar artış gerçekleşse de elde edilen değerler güvenli seviyededir. Bağımsız işlem değişkenlerinin örneklerin kimyasal bileşimine olan etkisi Çizelge 4.43' da verilmiştir. Ön kurutma sonrası, hedeflenen nem içeriği örneklerin tuz içeriği üzerinde istatistiksel olarak etkili iken, işlem kombinasyonlarının etkisi ise protein değerleri üzerinde görünmektedir. TBARS değerleri ise ön kurutma ve puf kurutma sonrası, vakum basıncı, nem içeriği ve işlem kombinasyonlarından istatistiksel olarak etkilenmiştir. Vakum basıncı puf kurutma sonrası, tuz içeriğine etki ederken, hedeflenen nem içeriği ise, tuz ve protein içeriği üzerine etkilidir ($p<0.05$) (Çizelge 4.43).

Çizelge 4.43 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin kimyasal bileşim sonuçlarına ait ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri							
		Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ (%)	KM'de Protein (%)	TBARS	KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ (%)	KM'de Protein (%)	TBARS
Model	8	0.019	0.094	0.047	0.000	0.081	0.108	0.053	0.000
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.095	0.457	0.590	0.000*	0.028*	0.122	0.297	0.001*
X ₂	2	0.008*	0.618	0.085	0.000*	0.034*	0.446	0.008*	0.000*
X ₁ * X ₂	4	0.069	0.031	0.025*	0.000*	0.966	0.079	0.351	0.002*
R ²		0.779	0.692	0.746	0.990	0.705	0.680	0.737	0.927

X₁; Vakum basıncı, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.44 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuusal değerlendirme sonuçları

Vakum (mbar)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Duyusal Değerlendirme						
		Renk (Tanımlama)	Renk (Beğeni)	Şişme Derecesi	Sertlik	Elastiklik	Gevreklik	Doku (Beğeni)
0.15	50.0±2.0	6.89±1.67 ^{c,d}	5.78±1.64 ^a	5.44±1.74 ^a	3.78±1.20 ^a	5.00±2.50 ^a	6.33±1.50 ^a	6.00±1.00 ^a
	40.0±2.0	5.78±1.92 ^{b,c,d}	6.33±1.00 ^a	6.22±1.09 ^a	3.00±1.32 ^a	3.88±1.26 ^a	6.22±1.92 ^a	6.00±1.32 ^a
	30.0±2.0	3.14±1.57 ^{a,b,c}	6.00±1.00 ^a	5.71±0.95 ^a	3.14±1.46 ^a	3.57±1.29 ^a	5.71±2.21 ^a	6.43±0.78 ^a
0.2	50.0±2.0	6.78±1.30 ^{c,d}	6.55±1.59 ^a	5.78±1.48 ^a	4.33±1.32 ^a	3.22±2.44 ^a	6.78±1.79 ^a	7.11±1.54 ^b
	40.0±2.0	3.00±1.73 ^{a,b}	6.11±1.54 ^a	5.50±1.07 ^a	4.37±1.92 ^a	5.57±2.07 ^a	5.22±1.92 ^a	1.80±1.30 ^c
	30.0±2.0	2.55±1.13 ^{a,b}	5.44±1.24 ^a	5.88±1.61 ^a	1.44±0.88 ^b	4.00±2.39 ^a	5.44±2.55 ^a	6.44±1.67 ^a
0.2	50.0±2.0	7.00±1.73 ^d	6.00±1.80 ^a	5.22±1.56 ^a	5.55±2.13 ^a	3.11±1.42 ^a	6.67±1.22 ^a	6.00±1.65 ^a
	40.0±2.0	2.67±1.66 ^a	5.33±2.06 ^a	6.11±1.96 ^a	2.55±1.13 ^a	4.44±2.40 ^a	5.67±1.42 ^a	5.33±2.06 ^a
	30.0±2.0	2.72±1.64 ^{a,b}	5.55±1.33 ^a	5.89±2.15 ^a	2.67±1.41 ^a	4.22±2.49 ^a	5.67±1.93 ^a	5.67±1.32 ^a

a,b,c,d,e; Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.45 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değerlendirme sonuçları (devam)

Vakum (mbar)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Duyusal Değerlendirme				
		Lezzet (Beğeni)	Asidik Lezzet	Yabancı Lezzet	Okside Lezzet	Tüm İzlenim
0.15	50.0±2.0	5.77±1.64 ^{a,b}	2.22±1.48 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	5.89±1.17 ^b
	40.0±2.0	5.78±1.39 ^{a,b}	1.89±0.93 ^a	1.44±0.33 ^a	1.00±0.00 ^a	5.89±1.54 ^b
	30.0±2.0	6.85±0.69 ^{a,b}	2.14±0.67 ^a	1.14±0.37 ^a	1.14±0.37 ^a	6.14±1.21 ^b
0.2	50.0±2.0	7.80±1.30 ^b	1.00±0.70 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	7.67±1.32 ^a
	40.0±2.0	5.22±1.92 ^a	1.80±0.30 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	4.77±1.78 ^{a,b}
	30.0±2.0	6.78±1.09 ^{a,b}	3.55±2.24 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	6.11±1.36 ^b
0.2	50.0±2.0	6.22±2.11 ^{a,b}	1.67±0.87 ^a	2.77±1.52 ^a	1.44±0.88 ^a	5.78±1.72 ^b
	40.0±2.0	5.55±1.42 ^{a,b}	2.00±0.86 ^a	1.00±0.00 ^a	1.00±0.00 ^a	5.88±1.54 ^b
	30.0±2.0	5.89±1.90 ^{a,b}	2.11±1.76 ^a	1.00±0.00 ^a	1.11±0.33 ^a	6.00±1.32 ^b

a,b,c,d,e: Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.46 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuusal değerlendirme ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri						
		Duyusal Değerlendirme						
		Renk (Tanımlama)	Renk (Beğeni)	Şişme Derecesi	Sertlik	Elastiklik	Gevreklik	Doku (Beğeni)
Model	8	0.625	0.886	0.376	0.983	0.58	0.801	0.825
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.415	0.644	0.533	0.965	0.763	0.763	0.635
X ₂	2	0.205	0.815	0.261	0.634	0.581	0.587	0.471
X ₁ * X ₂	4	0.983	0.698	0.351	0.959	0.407	0.653	0.786
R ²		0.442	0.291	0.557	0.165	0.463	0.349	0.335

X₁; Vakun basıncı, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.47 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değerlendirme ANOVA sonuçları (devam)

Kaynak	SD	p-değeri				
		Duyusal değerlendirme				
		Lezzet (Beğeni)	Asidik Lezzet	Yabancı Lezzet	Okside Lezzet	Tüm İzlenim
Model	8	0.821	0.992	0.479	0.000	0.022
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.785	0.748	0.629	0.001*	0.916
X ₂	2	0.615	0.97	0.016*	0.422	0.029*
X ₁ * X ₂	4	0.775	0.958	0.000*	0.352	0.014*
R ²		0.337	0.135	0.948	0.510	0.821

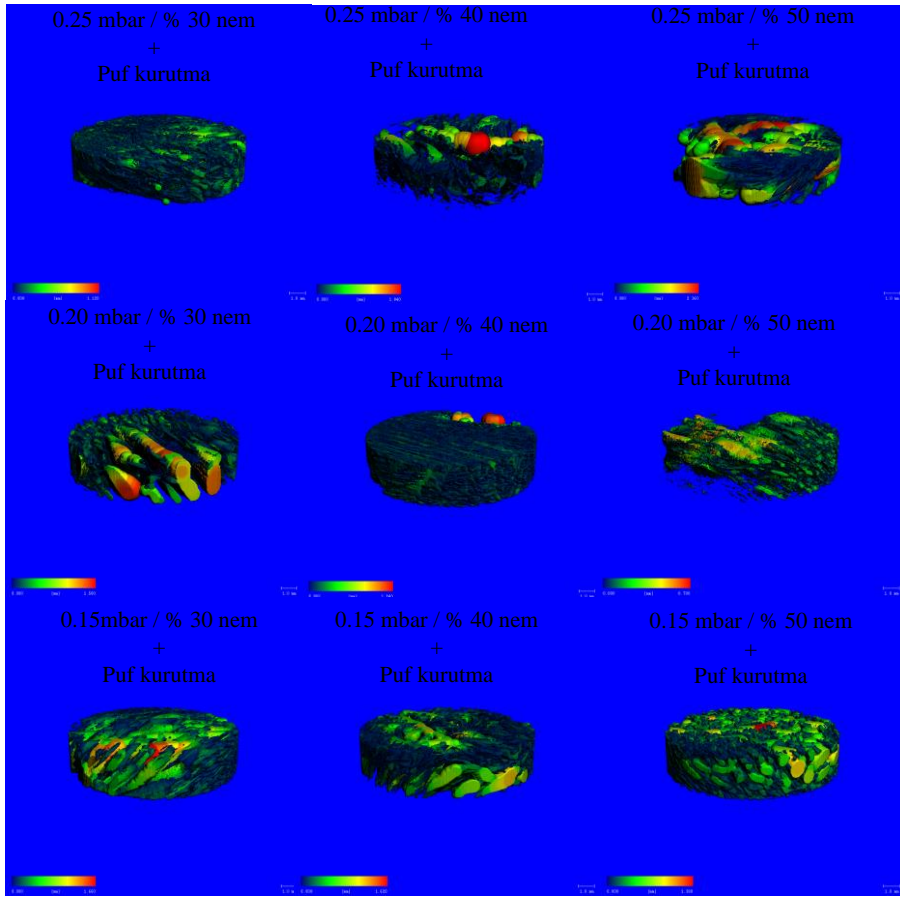
X₁; Vakun basıncı, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma işlemi uygulanmış örneklere ait duyuşal değerlendirme sonuçlar izelge 4.44 ve izelge 4.45'te verilmiştir. rnekların, renk, lezzet ve tüm beğeni dışındaki duyuşal özelliklerinde istatistiksel olarak bir farklılık gözlenmemiştir. Ancak, özellikle, tüm beğeni puanı en yüksek olan 0.2 mbar % 50 nem içeriğine sahip örneğin, renk ve dokusal özelliklerinin istenilen puana en yakın ve beğenilerinin diğer örneklere göre yüksek olması göze çarpmaktadır. Asidik, okside ve yabancı lezzetin en düşük olduğu 0.2 mbar % 50 nem içeriğine sahip örnek aynı zamanda, en yüksek gevreklik değerine ve doku beğenisine sahip örnek olmuştur. Çizelge 4.47' den de görüldüğü gibi, istatistiksel olarak bağımsız işlem değişkenleri, duyuşal özelliklerden yabancı, okside lezzet ve tüm izlenim üzerinde etkisini göstermiştir. Özellikle, hedeflenen nem içeriği ve işlem kombinasyonu tüm izlenim üzerinde istatistiksel olarak etkili bulunmuştur ($p < 0.05$) (izelge 4.46-47).



şekil 4.11 Dondurarak n kurutma ve ardından puf kurutma uygulanan rnekların makro yapı görüntüleri

Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanmış örneklere ait makro yapı görüntüleri Şekil 4.11'de verilmiştir. Özellikle yüksek nem içeriğine kadar ön kurutma uygulanmış örneklerin gözenekliliğinin daha belirgin olduğu göze çarpmaktadır. Yüksek nem içeriklerine kadar ön kurutulan örneklerin, suyun uzaklaşmasına engel olabilecek yüzeydeki kabuksal dokunun daha az olması bu duruma etkili olabilir. Yüksek nem içeriğindeki, bu gözeneklilik, kurutma sırasında numunenin çökme miktarında bir azalma olarak daha doğru bir şekilde açıklanabilir. Bunun yanı sıra yüksek nem içeriklerine kadar ön kurutulan örneklerin puf kurutma sonrası nem içeriklerinin kısmen daha düşük olması ve iyi bir rehidre olma özelliği göstermesi, üründeki boşluklu yapının daha fazla olması ve suyun uzaklaşmasına olanak sağlayarak daha düşük nem içeriklerinde ürün elde edilmesi ile ilişkili olabilir. Özellikle 0.2 mbar vakum basıncında % 50 nem içeriğine kadar ön kurutulan örneğin boşluklu yapısı makro yapı görüntülerinden net bir şekilde görülmektedir. Karel vd. (1975), gözenek yapısındaki artışın rehidrasyon sırasında suyun emilmesini kolaylaştırdığını, ancak su bağlama kapasitesinin artmadığını belirtmiştir.



Şekil 4.12 Dondurarak ön kurutma ve ardından puf kurutma uygulanan örneklerin mikro yapı görüntüleri

Örneklere ait mikro yapı görüntüleri Şekil 4.12’de ortalama gözenek çapı ve porozite sonuçları ise Çizelge 4.48’de verilmiştir. Mikro yapı görüntüleri, makro yapı görüntüleriyle benzerlik göstermekle birlikte, buna ek olarak, vakum basıncı düştükçe poroziteye boyutlarında artış göze çarpmaktadır. Çizelge 4.48’den de görüldüğü gibi, vakum basıncı düştükçe, porozite değerleri de yükselmiştir. Bu durum düşük vakum basıncındaki düşük kurutma oranlarıyla açıklanmaktadır. Düşük kurutma oranlarındaki yavaş ve uzun kurutma işlemi, üründe kabuk oluşturmadan daha fazla suyun uzaklaştırmasına olanak sağlayarak, gözenekliliği geliştirmiştir.

Çizelge 4.48 Dondurarak ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanan örneklerin ortalama gözenek çapı ve porozite sonuçları

Vakum (mbar)	Hedeflenen Nem içeriği (%)	Ortalama Gözenek çapı (µm)	Porozite %
0.15	50.0±2.0	546.15±68.23 ^c	34.90±1.12 ^{a,b}
	40.0±2.0	555.55±11.66 ^c	35.17±4.79 ^{a,b}
	30.0±2.0	150.85±8.13 ^a	24.28±7.26 ^a
0.2	50.0±2.0	470.40±70.71 ^{b,c}	26.97±13.08 ^a
	40.0±2.0	322.60±64.20 ^{a,b}	31.77±8.52 ^{a,b}
	30.0±2.0	1434.60±26.16 ^e	60.79±13.50 ^c
0.25	50.0±2.0	545.10±41.57 ^c	60.34±1.97 ^c
	40.0±2.0	888.30±26.16 ^d	58.02±2.54 ^c
	30.0±2.0	517.15±70.35 ^{b,c}	48.07±9.89 ^{b,c}

a,b,c,d,e; Aynı sütundaki farklı harfler p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 4.49 Dondurarak ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanan örneklerin ortalama gözenek çapı ve porozite ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri	
		Ortalama Gözenek Çapı	Porozite
Model	8	0.000*	0.006*
Sabit	1	0.000	0.000
X ₁	2	0.006*	0.736
X ₂	2	0.000*	0.002*
X ₁ * X ₂	4	0.000*	0.013*
R ²		0.972	0.849

X₁; Vakum basıncı, X₂; Hedeflenen nem içeriği*; değişkenin etkisi p<0.05 düzeyinde önemlidir.

Bağımsız işlem değişkenlerinin ortalama gözenek çapı ve porozite değerleri üzerine istatistiksel etkisi incelendiğinde ise, ortalama gözenek çapı her bir bağımsız değişkenden ayrı ayrı ve kombine şekilde etkilenirken, porozite değerleri ise hedeflenen nem içeriğinden ve işlem kombinasyonlarının istatistiksel olarak etkilenmiş görünmektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.49).

Çizelge 4.50 0.15 mbar vakum basıncında %50 nem içeriğine kadar ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneğin mikrobiyolojik analiz sonuçları

Ön Kurutulmuş		Puf Kurutulmuş				
Toplam Canlı Sayımı (kob/g)	Toplam Canlı Sayımı (kob/g)	<i>Salmonella</i> (kob/25g)	<i>E.coli</i> O:157 H:7 (kob/25g)	<i>E.coli</i> (kob/25g)	<i>Listeria monocytogenes</i> (kob/25g)	koagülaz <i>Staphylacoccus aureus</i> (kob/25g) (+)
<10 ³	<10 ³	negatif	negatif	<10	negatif	<10

Örneklerin ön kurutma ve puf kurutma sonrası toplamda en süre sıcaklığa ve kurutma ortamına maruz kaldığı örnek için yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.50' de verilmiştir. 0.15 mbar % 50 nem içeriğine kadar ön kurutulan ve ardından puf kurutulan örnek toplamda 130 dakika kurutulmuş olup, mikrobiyolojik analiz sonuçları güvenli seviyede bulunmuştur. Örnekler, Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği (2011)' nde kurutulmuş veya ısıtılmış işlem görmüş et ürünlerinde istenen şartları sağlamaktadır.

Yapılan tüm analizler dikkate alındığında, en uygun sonuçlar veren örneğin dondurarak kurutma yöntemi ile 0.2 mbar vakum basıncında % 50 nem içeriğine kadar ön kurutulan örnek olduğuna karar verilmiştir. Bu aşamadan sonra, belirlenen ön kurutma yöntemi, koşulu ve nem içeriğinde ön kurutulan örneklerin puf kurutma parametrelerinin optimizasyonu çalışmasına geçilmiştir.

4.5 Puf Kurutma İşlem Koşullarının Optimizasyonu

4.5.1 Puf kurutma işlem koşullarının hindi göğüs etinin kalite özellikleri üzerine etkisi

Atıştırmalık hindi göğüs eti üretimi için puf kurutma işlem koşullarının son ürünün kalite özellikleri üzerine etkisi Box-Behnken deneme dizaynı izlenerek belirlenmiştir. Puf kurutma işlem koşulları olarak şişirilme sıcaklığı, şişirilme süresi ve vakum sıcaklığının incelenmiş olup, Box-Benkhen deneme dizaynına göre 5 tanesi merkez noktada olmak üzere toplamda 17 farklı işlem koşulunda puf kurutma denemeleri gerçekleştirilmiştir. Puf kurutma bağımsız işlem değişkenlerinin puf kurutulmuş hindi göğüs etinin fiziksel, kimyasal ve doyusal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bağımsız işlem değişkenlerinin ürün

özellikleri üzerine etkisi regresyon analizi ile Design-Expert paket programı kullanılarak belirlenmiştir.

4.5.1.1 Nem içeriği, Su aktivitesi, Ağırlık kaybı ve pH değeri

Box-Behnken deneme desenine (Çizelge 3.2) göre gerçekleştirilen 17 deneme sonucunda, elde edilen puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin ağırlık kayıpları, nem içerikleri, su aktivite ve pH değerleri Çizelge 4.51’de görülmektedir. Örneklerin ortalama nem içerikleri % 2.71 ile % 5.85 (yaş temelde) aralığında değişim gösterirken, ağırlık kayıpları ise % 48.08 ile % 51.99 arasında değişmektedir. Puf kurutma işlem koşullarının ağırlık kaybı üzerine herhangi bir istatistiksel etkisi yoktur (Çizelge 4.52). Örneklerin ağırlık kayıpları ve nem içerikleri arasında herhangi bir korelasyonun bulunmamış ($r=-0.178$) olması da, bu durumun puf kurutma işlem değişkenlerinin ürün kurutma mekanizmasında ve örnek özelliklerinde etkili olduğunu gösterir niteliktedir.

Puf kurutma işlem değişkenlerin merkez noktasında (T: 112.5°C, t: 15 dak, VT: 80°C) özellikle şişirilme sıcaklığının 100°C’den 112.5°C’ye kadar yükselmesi sonucunda örneklerin nem içeriği değerlerinde artışın olduğu bulgulanmıştır (Şekil 4.13). Her ne kadar şişirilme sıcaklığının lineer (A) boyutta nem içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz ($p>0.05$) olsa da, özellikle kuadratik (A2) boyutunun istatistiksel olarak önemliliği ($p<0.05$) Çizelge 4.52 ‘ de görülmektedir. Yüksek şişirilme sıcaklığının sebep olmuş olduğu örnek yüzeyindeki kabuk, vakum kurutma esnasında suyun örnekten uzaklaşmasını engellemektedir. Kabuk oluşumu yüksek kurutma sıcaklıklarında gıda ürünlerinden nemin uzaklaşmasını engelleyen bariyer görevi görmektedir Bu durum, serbest suyun örnekten daha hızlı uzaklaştırılmasına ve düşen kurutma periyodunda gerçekleşen hızlı kuruma oranına bağlı olarak gerçekleşmektedir (Elmas vd. 2018). Vakum sıcaklığı ve şişirilme süresinin yükselmesi ile birlikte ise örneklerin nem içerikleri azalmaktadır (Şekil 4.13). Bunun yanı sıra özellikle şişirilme süresinin düşük olduğu koşullarda, vakum sıcaklığının örneklerin nem içeriği üzerine olan etkisi görülmektedir ve örneklerin nem içerikleri vakum sıcaklığının artması ile azalmaktadır. Nitekim, şişirilme süresi ve vakum sıcaklığının interaksyonu (BC) da nem içeriği üzerine istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.52). Bu durum, şişirilme süresinin oldukça düşük olduğu koşullarda kuruma işleminin büyük bir bölümünün vakum kurutma sırasında gerçekleşmesi ve düşük şişirilme sürelerinde kabuk oluşumunun sınırlı düzeyde kalması ile ilgilidir. Puf

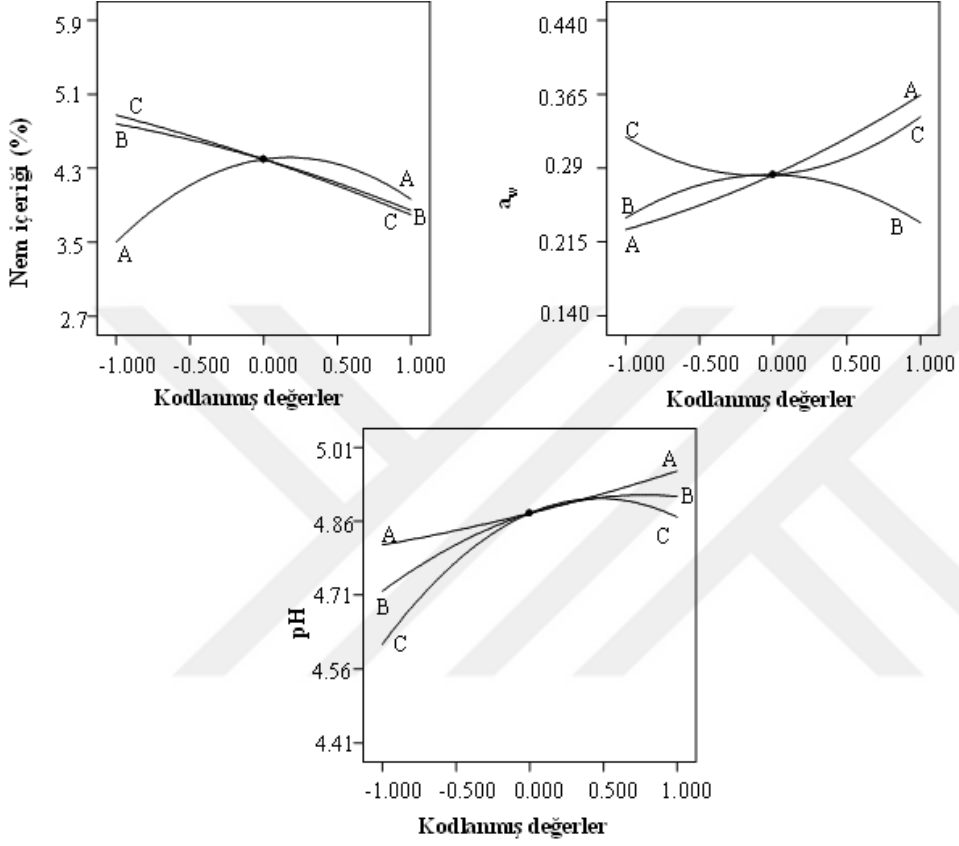
kurutma işlem koşullarının nem içeriği üzerine etkisini açıklama amacı ile gerçekleştirilen regresyon analizi sonucunda, nem içeriğinin kuadratik model ($p<0.05$) ile açıklanabildiği bulgulanmıştır. Bunun yanı sıra, deneysel nem içeriği verileri ile modelden tahminlenen değerler arasındaki ilişkiyi gösteren grafikteki (Şekil 4.14) yüksek uyum ve model uygunluğunun test edilmesi için kullanılan R^2 , adj- R^2 ve yeterli tahminleme değerlerinin büyüklüğü bu durumu kanıtlamaktadır.

Örneklerin su aktivitesi değerleri ise 0.147 ile 0.445 arasında değişim göstermektedir (Çizelge 4.51). Mikrobiyal güvenlik açısından farklı puf kurutma işlem koşullarında elde edilen bütün örneklerin su aktivite değerleri 0.6'nın altındadır (Koç vd. 2018). Çizelge 4.51'den de görüldüğü gibi, puf kurutma işlem koşullarının merkez noktasında (T: 112.5°C, t: 15 dak, VT: 80°C), su aktivitesi değerleri özellikle şişirilme sıcaklığı ve süresinin artmasına bağlı olarak artış göstermiştir. Şişirilme sıcaklığının su aktivitesi üzerine istatistiksel etkisi lineer (A) boyutta iken, şişirilme süresinin istatistiksel etkisi hem lineer (B) hem de kuadratik (B^2) boyutta anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.52). Örnekleri su aktivitesi değerleri, yüksek şişirilme sıcaklığı ve süresinin, örnek yüzeyinde oluşturmuş olduğu kabuk yapısı ile birlikte, nem içeriklerine de bağlı yükselme göstermiştir. Nitekim şişirilme sıcaklığı ve süresinin interaksyonunun (AB) da istatistiksel olarak önemli seviyede su aktivitesi değerleri üzerine etkilidir ($p<0.05$) (Çizelge 4.52). Buna ek olarak, vakum sıcaklığının su aktivitesi değerlerine lineer bir etkisi görünmese de, kuadratik olarak (C^2) ve şişirilme süresi ile intraksiyon (BC) halinde etkisini göstermiştir ($p<0.05$) (Çizelge 4.52). Şişirilme süresinin en yüksek olduğu durumlarda, vakum sıcaklığının nem içeriği üzerine ciddi bir etkisi olmazken, vakum sıcaklığının artması durumunda su aktivitesi değerlerinin yükseldiği görülmüştür. Nem-soğurma izotermleri, belirli bir sabit sıcaklıktaki nem içeriği ve su aktivitesi arasındaki ilişkiyi gösteren izotermler olup, doğrusal değildir. Uzun şişirilme sürelerinde oluşan kabuk, vakum sırasında nem içeriğinin azalmasına ve örneğin kurumasına izin vermiş gibi görünse de özellikle vakum sıcaklığının yüksek olması halinde örnek içinde bir miktar suyun kalması ve su aktivitesinin yükselmesine neden olmuştur. Bu nedenle, düşük nem içeriklerinde (% 50'den az) nem içeriğindeki küçük değişiklikler bile su aktivitesinde büyük değişikliğe yol açmaktadır (Roopesh vd. 2016). Modelden tahminlenen su aktivitesi değerleri ve deneysel verilerin birbirleri ile tutarlılığının yanı sıra (Şekil 4.14), elde edilen yüksek R^2 , adj- R^2 ve yeterli tahminleme değerleri (Çizelge 4.52), su aktivitesinin kuadratik model ile açıklanabildiğini açıkça göstermektedir.

Puf kurutulmuş hindi göğüs etine ait pH değerleri 4.41 ile 5.01 arasında değişim göstermektedir (Çizelge 4.51). Puf kurutma işlem değişkenlerinin örneklerin pH değerlerine etkisi Şekil 4.12’de verilmiştir. Şişirilme sıcaklığı (A) ve süresinin (B) artması pH değerlerinde bir artışa neden olurken, vakum sıcaklığının (C) merkez noktaya (T: 112.5°C, t: 15 dak, VT: 80°C) kadar artışı pH değerlerinde artışa, merkez noktadan sonra ise bir azalmaya neden olmuştur. ANOVA sonuçlarına göre de, bağımsız işlem değişkenlerinin her biri istatistiksel olarak pH değerleri üzerine etkili bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 4.52). Ayrıca, vakum sıcaklığının kuadratik (C^2) etkisinin de anlamlı olduğu Çizelge 4.52’den görülmektedir ($p < 0.05$). Vakum sıcaklığının merkez noktaya kadar artması, etkili kurutma işlemine bağlı örnek içindeki marinasyon çözeltisini uzaklaştırarak pH değerlerinin yükselmesine neden olmaktadır. Bu durumun aksine, merkez noktadan (T: 112.5°C, t: 15 dak, VT: 80°C) sonraki yüksek vakum sıcaklığı ise, yüksek kurutma kinetiği ile hızlı bir kurutma işlemi sağlamakta, böylece marinasyon çözeltisinin örnek içerisinde kalmasına sebebiyet vererek düşük pH değerlerine neden olmaktadır. pH değerleri, istatistiksel olarak değişken interaksiyonlarından yalnızca şişirilme sıcaklığı ve süresinin interaksiyonundan (AB) etkilenmiştir ($p < 0.05$). Bu durum, vakum sıcaklığının maksimum olduğu noktada, şişirilme sıcaklığı ve süresinin artması ile pH değerinin artışı şeklinde görülmektedir. Modelden tahminlenen pH değerleri ve deneysel verilerin karşılaştırılması Şekil 4.13’te görülmektedir. Tahminlenen ve deneysel verilerin birbiri ile tutarlılığı, yüksek R^2 , adj- R^2 ve tahminleme değerleri ile desteklenmiş olup, kuadratik modelin pH değerlerini açıkladığı görülmüştür.

Çizelge 4.51 Puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin ağırlık kaybı, nem içeriği, su aktivitesi ve pH değerleri

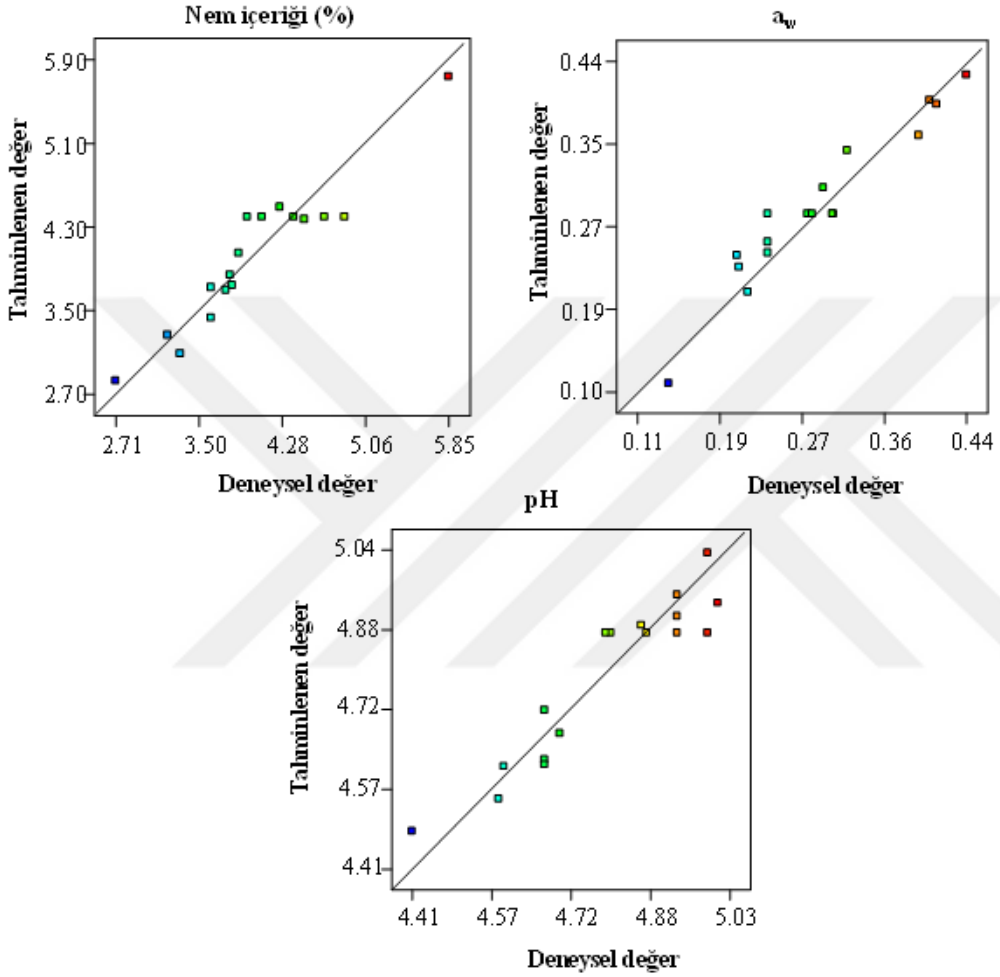
Deneme no	Ağırlık kaybı (%)	Nem (%)	Su aktivitesi (a_w)	pH
1	49.55±2.03	3.81±0.04	0.147±0.003	4.58±0.06
2	50.42±0.99	4.26±0.37	0.416±0.010	4.93±0.03
3	51.36±4.61	3.32±0.35	0.240±0.002	4.93±0.02
4	48.56±2.08	3.20±0.13	0.209±0.010	4.86±0.01
5	52.44±1.77	3.87±0.91	0.244±0.001	4.67±0.02
6	50.17±1.16	4.49±1.26	0.445±0.011	4.67±0.01
7	51.99±4.60	2.71±0.95	0.296±0.004	4.67±0.01
8	50.77±0.54	3.61±1.68	0.403±0.004	4.99±0.01
9	51.86±1.99	5.85±0.60	0.320±0.011	4.41±0.01
10	51.16±1.81	3.79±0.06	0.222±0.009	4.59±0.06
11	49.72±0.55	3.75±1.18	0.211±0.016	4.70±0.10
12	51.86±2.91	3.61±1.63	0.392±0.007	5.01±0.01
13	50.92±0.78	4.87±0.19	0.306±0.007	4.80±0.05
14	49.73±2.31	4.09±0.19	0.244±0.044	4.99±0.03
15	50.24±0.55	4.39±1.07	0.305±0.007	4.87±0.04
16	51.91±1.93	4.68±0.18	0.284±0.004	4.93±0.01
17	48.08±2.34	3.95±0.21	0.284±0.009	4.41±0.01



Şekil 4.13 Nem içeriği, su aktivitesi ve pH değerleri için bağımsız işlem değişkenlerinin etkisini gösteren pertürbasyon grafikleri (A: Şişirilme sıcaklığı, B: Şişirilme süresi, C: Vakum sıcaklığı)

Çizelge 4.52 Nem içeriği, su aktivitesi ve pH değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Kaynak	SD	Ağırlık kaybı		Nem içeriği		Su aktivitesi		pH	
		Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri
Model	9	24.46	0.906	7.51	0.009*	0.10	0.003*	0.42	0.013*
A-T	1	0.57	0.784	0.43	0.099	0.04	0.001*	0.05	0.046*
B-t	1	6.35	0.373	1.76	0.006*	0.00	0.839	0.07	0.017*
C-VT	1	3.78	0.486	2.33	0.003*	0.00	0.415	0.13	0.004*
AB	1	0.31	0.838	0.08	0.436	0.02	0.003*	0.04	0.048*
AC	1	1.55	0.652	0.02	0.697	0.00	0.207	0.03	0.111
BC	1	1.03	0.713	0.92	0.027*	0.02	0.004*	0.00	0.483
A^2	1	1.38	0.671	1.86	0.005*	0.00	0.458	0.00	0.809
B^2	1	4.44	0.452	0.03	0.63	0.01	0.025*	0.02	0.192
C^2	1	5.58	0.402	0.02	0.723	0.01	0.020*	0.08	0.015*
Kalıntı	7	49.12		0.83		0.01		0.05	
Lack of Fit	3	3.3	0.958	0.24	0.685	0.00	0.219	0.02	0.436
Saf Hata	4	45.82		0.6		0.00		0.03	
Toplam	16	73.58		8.34		0.11		0.48	
R ²			0.332		0.9		0.928		0.887
Adj-R ²			-0.526		0.772		0.836		0.743
Yeterli tahminleme			2.58		10.99		12.36		8.16



Şekil 4.14 Nem içeriği, su aktivitesi ve pH değerleri için modelden tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

4.5.1.2 Yığın yoğunluğu, rehidrasyon oranı, genişleme oranı ve dokusal sertlik, gevreklik

Puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin yığın yoğunluğu, genişleme ve rehidrasyon oranı, dokusal sertlik ve gevreklik değerlerini içeren sonuçlar Çizelge 4.53'de görülmektedir. Örneklerin, yığın yoğunluğu değerleri 179.63 ile 302.45 kg/m^3 arasında değişim gösterirken genişleme oranı değerleri ise % 160.42 ile % 338.80 aralığında değişmektedir. Birbiri ile ters ilişkisi bulunan yığın yoğunluğu ve genişleme oranı değerlerinin pertürbasyon grafikleri Şekil 4.15'de verilmiştir. Aralarında yüksek negatif korelasyon ($r=-0.891$) bulunan yığın yoğunluğu ve

genişleme oranı değerleri, her bir puf kurutma işlem değişkeninden istatistiksel olarak önemli seviyede etkilenmiştir ($p < 0.05$) (Çizelge 4.54).

Yığın yoğunluğu değerleri, vakum sıcaklığının (C) artması ile bir azalma eğilimi gösterirken, şişirilme sıcaklığı (A) ve süresinin (B) artışı ile bir artış göstermiştir. Genişleme oranı değerleri ise, vakum sıcaklığının artışı ile yükselme gösterirken, şişirilme sıcaklığı ve süresinin artışı ile azalma göstermektedir (Çizelge 4.53). Genel olarak, yüksek vakum sıcaklıkları, şişirilme aşamasında genişletilmiş olan örneğin yapısını koruduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, Mukherjee (1997), şişirilmiş patates küplerinin optimizasyonunda, yüksek sıcaklık kısa süre prosesi ile birlikte maksimum genişleme oranı kaydettiğini bildirmiştir. Şişirilme sıcaklığı ve süresinin artışı ile artış gösteren yığın yoğunluğu ve azalış gösteren genişleme oranı değerleri ise, yüksek sıcaklık uzun sürenin etkisi ile oluşan kabuk yapısı ve vakum sırasında meydana gelen büzülme ve çökmelerin gözlenmesi ile ilgilidir. Bunun yanı sıra, genişleme oranı üzerine şişirilme süresinin kuadratik boyutta (B^2) etkisi de anlamlı bulunmuştur (Çizelge 5.54). Yığın yoğunluğu ve genişleme oranı değerleri, vakum sıcaklığının şişirilme süresi ile interaksyonundan (BC) istatistiksel olarak etkilenmiş olup, bu etki, özellikle şişirilme süresinin minimum olduğu koşullarda, vakum sıcaklığının artması ile yığın yoğunluğu değerlerinde bir azalma ve buna bağlı genişleme oranlarında bir artış şeklinde görülmektedir. Düşük şişirilme sürelerinde, örneklerin yüzeyinde oluşturulan kısmi kabuk, yüksek vakum sıcaklıklarına doğru örneklerin etkili şekilde kuruyarak örnek içindeki suyun uzaklaşmasına izin vererek boşluklu yapılar meydana getirmiştir. Bu boşluklu yapı durumu, düşük yığın yoğunluğu değerlerine neden olurken, genişleme oranlarının beklenen şekilde daha yüksek olması sonucunu doğurmuştur. Bunun yanı sıra, istatistiksel olarak, şişirilme sıcaklığı ve vakum sıcaklığının interaksyonu da (AC) yığın yoğunluğu ve genişleme oranı üzerine oldukça etkilidir ($p < 0.05$). Özellikle vakum sıcaklığının maksimum olduğu durumda, şişirilme sıcaklığının artması ile yığın yoğunluğu değerlerinde bir azalma, genişleme oranı değerlerinde bir artış görülmektedir. Benzer bir durum, Chattopadhyay ve Nath (2007) tarafından, şişirme sıcaklığındaki artış ile atıştırılabilir patates örneklerinin yığın yoğunluğu değerlerinin keskin bir şekilde azalması şeklinde belirtilmiştir.

Örneklerin rehidrasyon oranı değerleri, % 114.66 ile % 168.36 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.53). Rehidrasyon oranı değerleri, Şekil 4.15'den görüldüğü gibi, vakum sıcaklığının yükselmesi ile artmıştır. Vakum sıcaklığının rehidrasyon

oranı üzerinde istatistiksel etkisi lineer (C) ve kuadratik (C^2) boyutta önemli bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.54). Şişirilme sıcaklığının (A) ve süresinin (B) istatistiksel etkisi anlamlı bulunmamış ($p>0.05$) olsa da, interaksiyon (AB) etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.05$) (Çizelge 4.54). Özellikle şişirilme süresinin maksimum olduğu durumda, şişirilme sıcaklığının artması ile azalmaktadır. Yüksek şişirilme sıcaklığı ve süresi birlikte, örnekte kabuk oluşumuna bağlı sıkı bir yapı oluşmakta ve suyun örneğe penetrasyonunu azaltarak, rehidre olma özelliğini azaltmaktadır.

Puf kurutulmuş örneklerin dokusal özellikleri incelendiğinde, sertlik değerlerinin işlem değişkenlerinden etkilenmediği göze çarpmaktadır (Çizelge 4.53). Her bir işlem değişkeni için merkez noktada en yüksek sertlik değeri elde edilirken, şişirilme sıcaklığı, süresi ve vakum sıcaklığının artması veya azalması ile sertlik değerlerinin düştüğü görülmektedir (Şekil 4.15). Düşük işlem koşullarında, örneğin yavaş kurutma hızına bağlı elastik bir yapı göstererek sertlik değerlerinin düştüğü, yüksek işlem koşullarında ise kabuk oluşumuna bağlı yüksek nem içeriği ile sertlik değerlerinin düştüğü söylenebilir. Chattopadhyay ve Nath (2007) gerçekleştirdiği çalışmada, şişirilme sıcaklığı ve nem içeriğindeki bir artış ile patates atıştırma malıklarının sertlik değerlerinin azaldığını belirtmişlerdir.

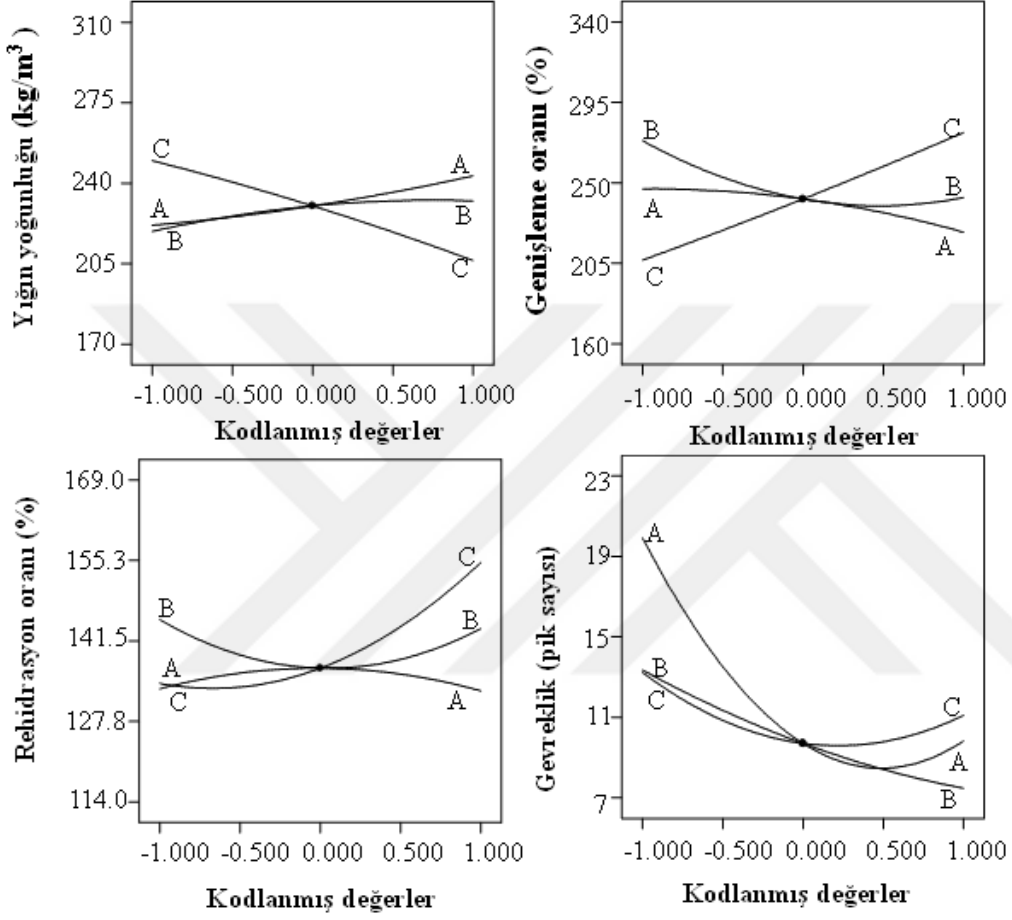
Örneklerin gevreklik değerleri (pik sayısı) 7.0 ile 23.0 arasında değişmektedir (Çizelge 4.53). Gevreklik değerlerinin, puf kurutma işlem değişkenlerinden şişirilme sıcaklığı (A) ve süresinden (B) istatistiksel olarak etkilendiği Çizelge 4.54'den görülmektedir ($p<0.05$). Şişirilme süresinin artması ile gevreklik değerleri düşerken, değişkenlerin merkez noktasına (T: 112.5°C, t: 15 dak, VT: 80°C) kadar, şişirilme sıcaklığının artması ile azalmış, merkez noktasından sonra ise şişirilme sıcaklığının artması ile artış göstermiştir (Şekil 4.15). Nitekim, şişirilme sıcaklığının kuadratik etkisi de (A^2) gevreklik değerleri üzerine istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.54). Merkez noktaya kadar vakum sıcaklığının artması ile azalan gevreklik değerleri, düşük yığın yoğunluğuna ve yüksek genişleme oranına sahip olmuş bu örneklerin büyük boşluklu yapılar içermesi ve daha büyük parçalar halinde tek bir seferde parçalanması ile açıklanabilmektedir. Bahsedilen bu durum ile örnekte tek bir kırılma gerçekleşerek düşük gevreklik değerlerine neden olmuştur. Bunun yanı sıra, gevreklik değerleri vakum sıcaklığından lineer (C) boyutta istatistiksel olarak etkilenmezken, kuadratik (C^2) olarak etkilenmiş görünmektedir (Çizelge 4.54).

Puf kurutma işlem değişkenlerinin interaksiyon etkisi incelendiğinde ise, yalnızca şişirilme sıcaklığı ve süresinin interaksiyonunun (AB) gevreklik değerleri üzerine istatistiksel etkisi anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Şişirilme sıcaklığının maksimum olduğu durumlarda şişirilme süresinin artması, gevreklik değerlerinde düşüşe neden olmuştur. Yüksek kabuk oluşumu nedeni ile örnek içinde bir miktar nemin kalması ve örnekler elastik yapı sağlaması bu duruma etkili olmaktadır.

Deneysel olarak elde edilen yığın yoğunluğu, genişleme oranı, rehidrasyon oranı ve gevreklik verilerinin, modelden tahminlenen değerlerle uyumu Şekil 4.16'dan görülmektedir. Sonuçlara ait yüksek R^2 , adj- R^2 ve yüksek tahminleme değerleri de deneysel ve kuadratik modelden tahminlenen değerlerin uyumluluğunu açıklar niteliktedir (Çizelge 4.54).

Çizelge 4.53 Puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin yığın yoğunluğu, genişleme oranı, rehidrasyon oranı, sertlik ve gevreklik sonuçları

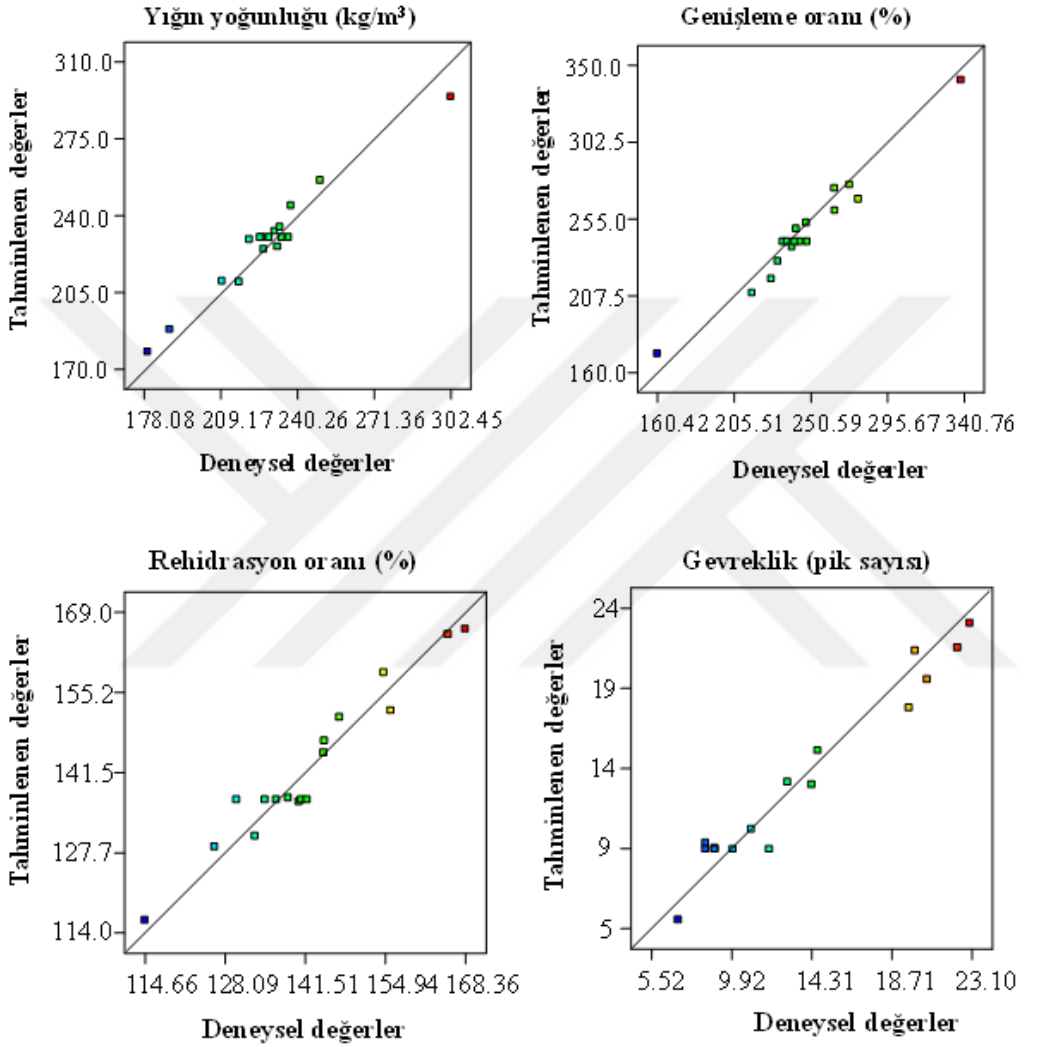
Deneme no	Yığın yoğunluğu (kg/m ³)	Genişleme oranı (%)	Rehidrasyon (%)	Sertlik (g)	Gevreklik (pik sayısı)
1	216.64±14.16	264.52±24.49	133.12±13.12	24655.5±417.6	20.0±1.0
2	231.02±15.15	264.71±52.20	155.89±9.81	37399.4±495.1	14.0±3.0
3	226.59±10.55	247.99±15.82	147.28±4.39	21837.9±2276.8	20.0±3.7
4	237.75±4.82	227.36±6.79	126.31±19.14	30351.5±2405.6	7.0±1.0
5	209.8±8.00	231.27±15.13	144.63±14.43	26318.3±4367.2	23.0±6.1
6	302.45±5.97	160.42±5.20	114.66±4.20	37647.3±0.2	13.0±1.0
7	220.79±17.47	278.54±29.71	138.68±2.30	29074.1±2321.6	22.0±5.9
8	188.55±13.52	273.42±23.43	165.46±3.87	27477.4±3786.6	11.0±1.0
9	249.52±12.08	216.07±15.66	144.74±13.09	25418.7±1349.4	19.0±5.7
10	233.22±21.07	239.55±32.11	140.51±8.24	29600.4±1523.5	9.0±1.0
11	179.63±7.14	338.80±17.10	154.70±7.11	21364.1±1750.9	14.0±2.5
12	232.28±27.36	241.99±38.42	168.36±32.55	11383.9±1329.0	8.5±2.1
13	228.78±1.11	244.17±1.66	140.85±19.85	37427.9±191.1	12.0±2.0
14	226.03±4.39	248.45±6.83	141.82±4.45	37646.8±0.0	9.0±1.5
15	236.70±2.00	234.27±28.75	136.68±8.36	374646.8±0.0	9.0±0.7
16	233.95±7.81	236.81±11.08	130.04±2.44	37647.7±0.0	10±2.0
17	225.11±20.28	241.08±19.54	134.80±20.72	376477.2±0.0	9.0±1.0



Şekil 4.15 Yığın yoğunluğu, genişleme, rehidrasyon oranı ve gevreklik için bağımsız işlem değişkenlerinin etkisini gösteren pertürbasyon grafikleri (A: Şişirilme sıcaklığı, B: Şişirilme süresi, C: Vakum sıcaklığı)

Çizelge 4.54 Yığın yoğunluğu, genişleme oranı, rehidrasyon oranı, sertlik ve gevreklik değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Kaynak	SD	Yığın yoğunluğu		Genişleme oranı		Rehidrasyon		Setlik		Gevreklik	
		Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri
Model	9	10258.77	0.0004*	19497.99	0.0003*	2773.04	0.002*	7.56×10^{10}	0.882	454.46	0.001*
A-T	1	923.43	0.0061*	1161.71	0.0119*	0.24	0.925	1.20×10^8	0.94	203.31	< 0.0001*
B-t	1	351.52	0.0481*	2022.67	0.003*	4.49	0.687	3.01×10^7	0.97	68.97	0.002*
C-VT	1	3773.2	0.0001*	10184.34	< 0.0001*	854.08	0.001*	1.10×10^8	0.942	9.03	0.126
AB	1	2.59	0.8432	108.25	0.3376	478.3	0.003*	4.47×10^6	0.988	17.31	0.047*
AC	1	3899.38	< 0.0001*	1080.04	0.014*	805.14	0.001*	4.17×10^7	0.965	0.44	0.712
BC	1	1188.53	0.0032*	3617.42	0.0006*	80.01	0.119	5.01×10^7	0.961	5.83	0.206
A ²	1	22.48	0.5646	177.88	0.2285	57.76	0.175	1.95×10^{10}	0.352	112.54	0.001*
B ²	1	82.43	0.285	1172.83	0.0116*	237.87	0.018*	2.44×10^{10}	0.301	2.12	0.428
C ²	1	17.3	0.6123	8.91	0.7763	251.18	0.016*	2.34×10^{10}	0.31	25.53	0.022*
Kalıntı	7	430.58		715.19		177.83		1.37×10^{11}		20.98	
Lack of Fit	3	328.99	0.0958	586.76	0.0567*	86.5	0.399	4.62×10^7	1	13.18	0.224
Saf Hata	4	101.59		128.43		91.34		1.37×10^{11}		7.8	
Toplam	16	10689.35		20213.17		2950.88		2.13×10^{12}		475.45	
R ²		0.96		0.9		0.94		0.887		0.956	
Adj-R ²		0.908		0.772		0.862		0.743		0.899	
Yeterli tahminleme		19.28		10.99		12.93		8.16		13.24	



Şekil 4.16 Yığın yoğunluğu, genişleme, rehidrasyon oranı ve gevreklik için modelden tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

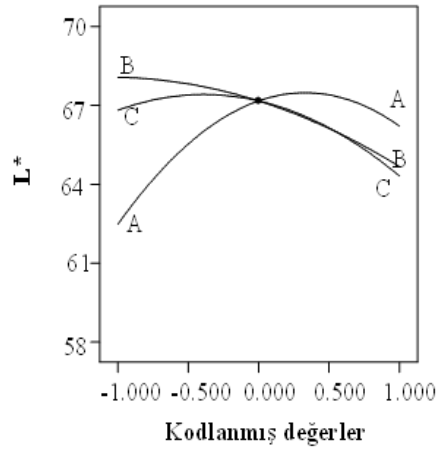
4.5.1.3 Renk özellikleri

Puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerine ait L^* , a^* ve b^* değerleri Çizelge 4.48’de verilmiştir. Örneklerin L^* değerleri 58.37 ile 69.24 arasında değişim gösterirken, a^* değerleri 1.09 ile 4.98 aralığında, b^* değerleri ise 19.71 ile 30.67 aralığında değişmektedir (Çizelge 4.55). Örneklere ait L^* değerleri, puf kurutma işlem değişkenlerinin her birinden istatistiksel olarak etkilenmiştir ($p < 0.05$). Nitekim, L^* değerleri şişirilme sıcaklığı (A), süresi (B) ve vakum sıcaklığının

(C) merkez noktaya (T: 112.5°C, t: 15 dak, VT: 80°C) kadar artışı ile birlikte bir artış gösterirken, merkez noktadan sonra hafif bir düşüşe geçmiştir (Şekil 4.17). Bu bulgular literatürdeki çalışmalarla tutarlı şekilde değişim göstermektedir (Mukherjee vd.,1997; Chandrasekhar vd., 1990; Khodke,2002). Chattopadhyay ve Nath (2007) şişirilme sıcaklığındaki artışın, patates atıştırmalıklarının L* değerinde belirli bir sınıra kadar artışa neden olduğu ve daha sonra azalma eğilimi gösterdiğini belirtilmişlerdir. Bu durum, başlangıçta örneğin yüzey renk yoğunluğunun hacim genişlemesi nedeniyle azalması, ancak atıştırmalıkların hacminde zamanla bir değişiklik olmamasına ek olarak sıcaklığa maruz kalmaya devam etmesi nedeniyle kararmaya başlaması, şeklinde açıklanmıştır. L* değeri üzerine puf kurutma işlem değişkenleri interaksyonlarının istatistiksel etkisi incelendiğinde ise, vakum sıcaklığının şişirilme sıcaklığı (AC) ve süresi (BC) ile interaksyonu etkili görünmektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.56). Şişirilme sıcaklığının düşük ve şişirilme süresinin yüksek olduğu durumlarda vakum sıcaklığının artması ile L* değerlerinde ciddi bir düşüş gözlenmiş olup bu durum örneklerin uzun süre şişirilme sıcaklığına maruz kaldıktan sonra yüksek vakum sıcaklıklarında kurutulmasından kaynaklanmaktadır. Buna ek olarak, L* değeri üzerine şişirilme sıcaklığı ve vakum sıcaklığının kuadratik (A^2 , C^2) olarak istatistiksel etkisi de anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Örneklerin nem içeriği ile L* değerleri arasında pozitif bir korelasyon olduğu belirlenmiş ($r=0.565$), nem içeriğinin yüksek olduğu durumlarda daha yüksek L* değerleri elde edilmiştir. Chattopadhyay ve Nath (2007) da nem içeriğindeki artışın atıştırmalıkların L* değerinde hafif bir artışa neden olduğunu vurgulamıştır. Örneklerin a* ve b* değerleri ise puf kurutma işlem değişkenlerinden etkilenmemiş ($p>0.05$) gibi görünse de L* değerlerinde görülen eğilime uygun sonuçlar sergilemiştir. Örneklerin L* değerleri elde edilen yüksek R^2 , adj- R^2 ve yeterli tahminleme değerlerinden de görüldüğü gibi kuadratik model ile açıklanabilmekte olup, modelden tahminlenen değerler ve deneysel veriler uyumlu bulunmuştur (Şekil 4.18).

Çizelge 4.55 Puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin L*, a*, b* değerleri

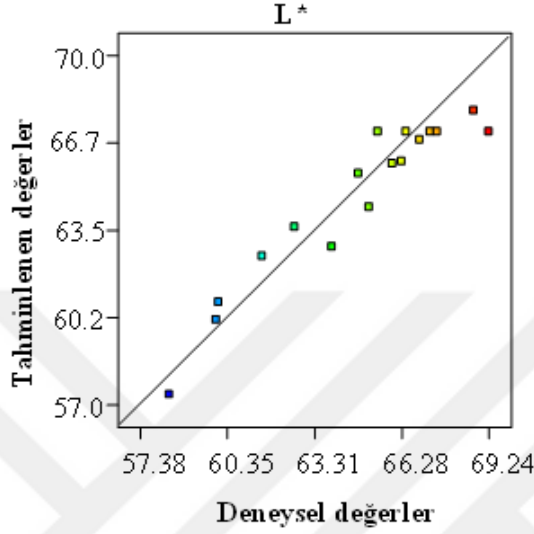
Deneme no	L*	a*	b*
1	61.52±3.07	3.12±1.04	22.97±2.15
2	68.73±2.40	2.21±0.78	24.67±2.56
3	60.04±1.16	4.83±1.83	28.78±2.78
4	63.90±1.10	3.79±1.41	30.67±3.85
5	65.16±1.06	2.04±0.78	22.91±3.93
6	62.63±0.47	3.02±2.02	24.99±5.97
7	58.37±5.89	4.98±1.42	28.03±3.51
8	64.8±1.48	4.12±0.93	26.57±1.89
9	66.27±2.03	3.25±1.03	19.71±9.01
10	65.95±1.03	3.26±1.00	26.68±2.61
11	66.89±2.56	3.07±0.93	24.67±3.71
12	59.96±2.21	2.61±1.12	24.34±1.35
13	67.25±2.42	3.72±0.51	29.61±2.88
14	65.47±5.32	2.34±2.45	25.71±6.34
15	66.42±2.23	1.43±0.39	23.72±3.49
16	67.48±6.72	2.74±0.18	25.71±3.19
17	69.24±1.99	1.09±0.22	28.81±2.85



Şekil 4.17 L* değeri için bağımsız işlem değişkenlerinin etkisini gösteren pertürbasyon grafiği (A: Şişirilme sıcaklığı, B: Şişirilme süresi, C: Vakum sıcaklığı)

Çizelge 4.56 L*, a*, b* değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Kaynak	SD	L*		a*		b*	
		Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri
Model	9	148.52	0.006*	8.43	0.713	95.36	0.125
A-T	1	28.01	0.008*	0.42	0.599	2.22	0.497
B-t	1	22.98	0.013*	1.01	0.421	42.55	0.017
C-VT	1	12.48	0.044*	1.29	0.367	10.86	0.157
AB	1	2.81	0.282	0.00	0.958	0.01	0.965
AC	1	20.07	0.017*	0.85	0.46	3.13	0.423
BC	1	10.92	0.055*	0.06	0.847	13.32	0.123
A^2	1	33.63	0.005*	3.1	0.178	3.55	0.395
B^2	1	2.68	0.292	0.56	0.544	3.09	0.426
C^2	1	10.86	0.056*	0.74	0.489	16.92	0.089
Kalıntı	7	14.45		9.67		30.28	
Lack of Fit	3	6.61	0.439	5.25	0.326	6.52	0.782
Saf Hata	4	7.84		4.43		23.76	
Toplam	16	162.97		18.11		125.65	
		R ²	0.911		0.466		0.759
		Adj-R ²	0.797		-0.221		0.449
		Yeterli tahminleme	9.59		2.72		6.96



Şekil 4.18 L*değeri için modelden tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

4.5.1.4 Tuz, yağ ve protein içeriği ve TBA değeri

Örneklerin tuz, yağ ve protein içeriğine ve TBA değerlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.57'de verilmiştir. Örneklerin tuz içerikleri % 5.00 ile % 9.34 arasında değişim göstermekte olup, puf kurutma işlem değişkenlerinden istatistiksel olarak etkilenememiş görünmektedir (Çizelge 4.58) ($p>0.05$). Tuz içeriği için kuadratik model uyumsuzluğu ($p>0.05$) elde edilmiş olsa da, vakum sıcaklığının artması ile tuz içeriklerinde azalma görülmekte olup, bu durum azalan nem içeriğine bağlı tuz kaybı ile ilişkilidir. Nitekim, örneklerin nem içerikleri ile tuz içerikleri arasında kısmen pozitif korelasyon bulunmuştur ($r=0.53$).

Örneklere ait yağ içeriği değerleri % 1.40 ile % 5.74 aralığında değişmekte olup, kuadratik model ile uyumluluğu anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.58). Yağ içerikleri merkez noktaya (T: 112.5°C, t: 15 dak, VT: 80°C) kadar şişirilme süresinin artması ile azalma gösterirken, merkez noktadan sonra şişirilme süresinin artmaya devam etmesi ile artış göstermiştir (Şekil 4.19). Şişirilme süresinin kuadratik (B^2) boyutta istatistiksel olarak etkisi de anlamlı bulunmuş ($p<0.05$), bu durum, örneklerin dokusal özelliği ile de ilgili olup, belirli bir süre boyunca uygulanan sıcaklık yağ salınımına izin veren bir doku sağlarken, uzun süren sıcaklıklar ise yağ salınımına engel olan bir doku geliştirmektedir. Yüksek

sıcaklıklarda yağ birikintilerinin, bağ dokusu fibrillerini birbirinden ayırarak ısı penetrasyonuna bağlı daha gevşek bir yapı sağladığı belirtilmiştir (Carpenter, 1962). Vakum sıcaklığının artması ise, yağ içeriği değerlerinde parabolik bir azalmaya neden olmuştur (Şekil 4.19). Bu durum vakum kurutma esnasında örnekten yağ salınımı ile açıklanmakta olup, nem içeriğine benzer şekilde örnek yüzeyinde oluşan kabuk mekanizmasına bağlı değişim göstermektedir. Şişirilme sıcaklığının yağ içeriği değerlerine istatistiksel etkisi kuadratik (A^2) boyutta olup, şişirilme süresi ile benzer bir eğilim göstermiştir (Şekil 4.19). Bunun yanı sıra, şişirilme sıcaklığı vakum sıcaklığı ile interaksiyon (AC) halinde yağ içeriği değerlerine istatistiksel olarak etki etmektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.58). Şişirilme sıcaklığının minimum olması durumunda, vakum sıcaklığındaki artışın yağ içeriğini azaltması, şişirilme sırasındaki minimum kabuk oluşumu ve vakum sırasında büyük miktarlarda yağ salınımı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, şişirilme süresinin maksimum olduğu durumda da benzer şekilde, vakum sıcaklığının artması ile yağ içeriğinde bir azalma gözlenmiştir. Nitekim, yağ içeriği üzerine şişirilme süresi ve vakum sıcaklığının interaksiyon (BC) etkisi de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.58).

Örneklerin protein içerikleri dar bir değişim aralığı göstermekte olup, % 83.54 ile % 92.13 arasında değişmektedir. Şişirilme sıcaklığı (A) ve şişirilme süresinin (B) istatistiksel etkisi, örneklerin protein içerikleri üzerine anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.58). Şişirilme süresinin çok düşük veya yüksek olması durumu protein içeriklerinin düşmesine neden olmuştur (Şekil 4.19). Yüksek şişirilme sürelerinde, uzun süre ile şişirilme sıcaklıklarının uygulanması, düşük şişirilme sürelerinin ise vakum kurutma süresini uzatarak, örneklerin daha fazla sıcaklığa maruz kalmasına neden olması, protein içeriklerinin düşmesine neden olmuştur. Vakum sıcaklığı protein içeriği değerlerine istatistiksel bir etkisi görünmezken ($p>0.05$), özellikle şişirilme süresi ile interaksiyon (BC) halinde oldukça etkili olduğu görülmektedir ($p<0.05$) (Çizelge 4.58). Özellikle vakum sıcaklığının minimum olduğu durumda, düşük şişirilme sıcaklıkları yüksek şişirilme süresi boyunca uygulandığında protein içerikleri düşmektedir. Uygulanan şişirilme sıcaklığından ziyade, sıcaklığın uygulanma süresi protein içeriği değerlerinde oldukça etkili görülmektedir. Nitekim, şişirilme süresinin etkisi kuadratik (B^2) boyutta istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.58).

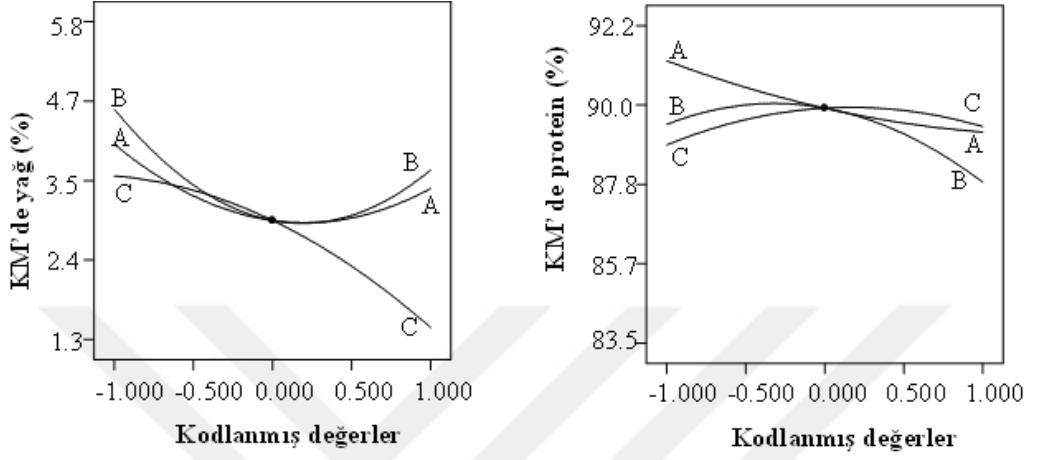
En yüksek protein içeriğinin elde edildiği koşul 100°C şişirilme sıcaklığı, 15 dakika şişirilme süresi ve 70°C vakum sıcaklığı şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

Benzer şekilde, aynı koşul için en yüksek genişleme oranı sonucu elde edilmiş, genişleme oranı ve protein içeriği arasında pozitif yönlü bir korelasyondan söz edilebilir ($r=0.520$). Bu ilişki, sıcaklıkla birlikte protein yapısında ve buna bağlı ürünlerde meydana gelen fiziksel değişimler ile ilgilidir. Miyozin yapısının ısı ile değişimi iki aşamada gerçekleşmekte olup, yüksek sıcaklıklara bağlı ikinci aşamada oluşan hidrofobik grupların birbirleriyle etkileşime girerek ağ oluşumuna yol açan yapısal değişiklikler içermektedir (Tornberg, 2005). Bu yüksek sıcaklığa bağlı oluşan sıkı ağ yapısı sonuçlarda düşük genişleme oranı ve protein içeriği ile karşımıza çıkmaktadır.

Örneklere ait TBARS değerleri 0.68 ile 1.39 arasında değişim göstermekte olup elde edilen tüm değerler güven aralığındadır. TBARS değerleri model ile bir uyumluluk göstermemiş olup ($p>0.05$), puf kurutma işlem değişkenlerinden istatistiksel olarak etkilenmemiştir ($p>0.05$). Fakat, özellikle orta noktadan sonraki koşullar için şişirilme süresinin artması ile TBARS değerlerinde artış, şişirilme ve vakum sıcaklığının artması ile TBARS değerlerinde azalma görülmektedir. Ön kurutma denemelerinde de karşımıza çıkan yüksek sıcaklığa rağmen bu düşüş, literatürde, sıcaklığın iyi bilinen peroksidan etkisine rağmen nihai ürünlerde yüksek TBARS seviyesine yol açmadığı şekilde belirtilmiştir (Çakmakçı ve Gökçalp, 1992). Bunun yanı sıra, örneklerin genişleme oranlarına bağlı gözenekliliklerinin artması durumu ile de ilişkili olan TBARS değerleri, yüksek şişirilme ve vakum sıcaklıklarında elde edilen daha düşük gözeneklilik ve genişleme oranı ile ürünün oksijen ile temas yüzeyinin azalmasına bağlıdır. Rahman vd. (2002), gözeneklilik ve peroksit oluşumu ilişkisini daha yüksek gözeneklilik ve yüzey alanının oksijenin yüzeyden et ürünlerinin iç kısımlarına difüzyonunda bir artışa yol açtığını ve kurutma sıcaklığının peroksit değerini önemli ölçüde artırdığı şeklinde açıklamıştır. Örneklere ait yağ ve protein içerikleri için elde edilen R^2 , adj- R^2 ve yeterli tahminleme değerleri (Çizelge 4.58), Şekil 4.20'den de görülebildiği gibi modelden tahminlenen değerler ile deneysel verilerin uyumluluğunu açıkça belirtmektedir.

Çizelge 4.57 Puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin tuz, yağ, protein içeriği ve TBA sonuçları

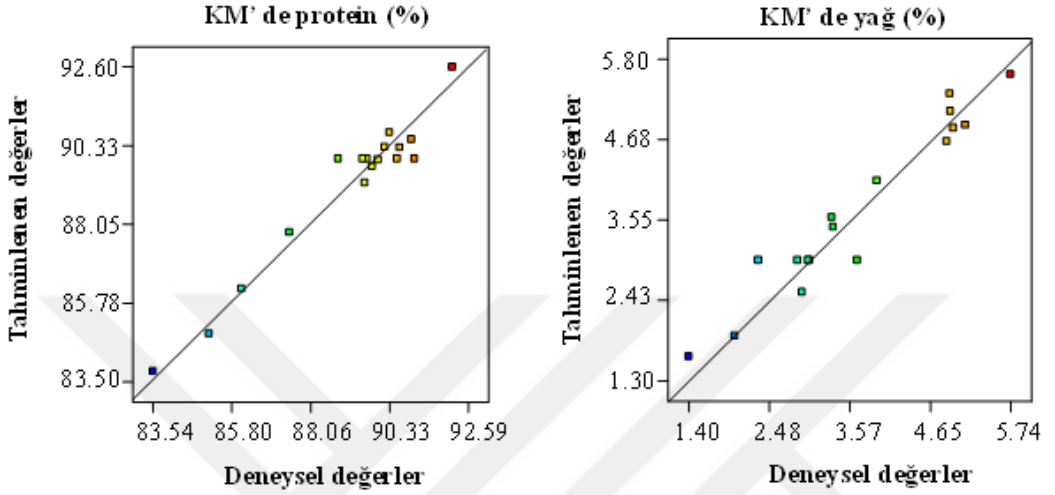
Deneme no	KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein (%)	TBA (mgmalonaldehit/kgürün)
1	8.43±0.72	5.74±0.19	89.83±2.81	0.81±0.01
2	6.89±0.64	4.93±1.49	90.00±1.94	0.92±0.05
3	6.56±0.20	4.97±0.82	90.19±0.89	1.39±0.05
4	5.00±0.37	3.94±0.23	86.08±0.31	0.82±0.01
5	5.96±0.05	4.92±0.12	90.33±0.85	0.82±0.00
6	7.33±0.02	3.35±1.04	87.46±4.19	0.94±0.04
7	7.69±0.39	2.02±1.42	90.62±0.59	0.89±0.02
8	6.75±1.23	2.93±0.15	89.62±1.74	0.71±0.00
9	9.34±0.38	4.88±0.65	85.15±1.79	1.05±0.04
10	6.44±0.57	5.13±0.25	90.96±0.45	1.17±0.11
11	8.72±0.63	3.33±0.46	92.13±1.38	1.01±0.01
12	6.47±0.12	1.40±0.33	83.54±0.52	0.61±0.02
13	7.66±1.18	3.03±0.89	89.68±0.36	1.03±0.02
14	6.35±0.41	2.87±0.17	90.55±0.79	1.05±0.05
15	6.35±0.66	3.67±0.07	88.86±0.67	0.73±0.02
16	6.15±1.74	3.01±0.27	89.56±0.68	0.68±0.06
17	4.39±0.26	2.34±0.11	91.05±0.62	1.15±0.03



Şekil 4.19 Yağ ve protein içeriği değerleri için bağımsız işlem değişkenlerinin etkisini gösteren pertürbasyon grafikleri (A: Şişirme sıcaklığı, B: Şişirme süresi, C: Vakum sıcaklığı)

Çizelge 4.58 Tuz, yağ, protein içeriği ve TBA değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Kaynak	SD	Tuz		Yağ		Protein		TBA	
		Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri
Model	9	17.81	0.222	23.13	0.00*	79.95	0.001*	0.36	0.527
A-T	1	0.89	0.396	0.78	0.1	7.62	0.009*	0.03	0.398
B-t	1	9.92	0.020*	1.48	0.04*	5.02	0.022*	0.01	0.739
C-VT	1	0.04	0.855	9.25	0.00*	0.51	0.384	0.07	0.23
AB	1	0	0.993	0.01	0.82	4.58	0.027*	0.12	0.14
AC	1	1.33	0.305	1.54	0.03*	0.87	0.262	0.02	0.486
BC	1	0.11	0.765	1.19	0.05*	51.84	< 0.0001*	0.07	0.243
A^2	1	0.08	0.798	2.47	0.01*	0.44	0.414	0	0.761
B^2	1	1.91	0.227	5.52	0.00*	6.46	0.013*	0.03	0.403
C^2	1	3.31	0.125	0.83	0.09	2.41	0.082	0.01	0.588
Kalıntı	7	7.63		1.56		4.1		0.29	
Lack of Fit	3	2.18	0.684	0.66	0.49	1.12	0.702	0.12	0.521
Saf Hata	4	5.46		0.9		2.98		0.18	
Toplam	16	25.44		24.69		84.05		0.66	
R ²			0.7		0.937		0.951		0.556
Adj-R ²			0.314		0.856		0.888		-0.016



Şekil 4.20 Protein ve yağ içeriği değerleri için modelden tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

4.5.1.5 Duyusal özellik

Örneklere ait duyusal değerlendirme sonuçları Çizelge 4.59'da verilmiştir. Örneklerin renk tanımlama değerleri 2.67 ile 6.22 arasında değişim göstermekte olup, çok koyu ve çok açık rengin elde edilmediği, örnek renklerinin genel olarak açık sarı ve sarı aralığında değişim gösterdiği görülmektedir. Örneklerin renk tanımlama değerleri kuadratik model ile uyumluluk sağlarken ($p < 0.05$) (Çizelge 4.60), Şekil 4.21'den de görüldüğü gibi, şişirilme süresi (B) ve vakum sıcaklığının (C) artması ile renk tanımlama değerleri artmıştır. Şişirilme sıcaklığının lineer (A) olarak istatistiksel etkisi renk tanımlama değerleri üzerinde anlamlı bulunmazken ($p > 0.05$), şişirilme süresi ile interaksiyon (AB) halinde etkisi anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 4.60). Özellikle şişirilme sıcaklığının minimum olduğu durumda, şişirilme süresinin artması ile renk değerlerinde bir artış (koyulaşma) görülmektedir (Şekil 4.21).

Örneklerin renk beğenisi değerleri ise 4.78 ile 7.00 arasında değişim göstermekte olup, tanımlanan renk değerleri ile de anlamlı pozitif bir korelasyon içerisindedir ($r = 0.669$, $p < 0.05$). Renk beğenisi değerleri lineer modelde yüksek bir uyumluluk göstermiştir ($p < 0.05$). Puf kurutma işlem değişkenlerinden şişirilme süresi (B) ve vakum sıcaklığının (C) artması ile renk beğenisi değerlerinde lineer bir artış görülmektedir (Şekil 4.21). Renk tanımlamalarında çok koyu renkte örneklerin

bulunmaması, şişirilme süresi ve vakum sıcaklığının artmasının örneklerde istenilen (beğenilen) renk özelliklerini sağladığı sonucunu doğurmuştur.

Duyusal değerlendirme kriterlerine göre örneklerin şişme dereceleri 4.56 ile 6.75 arasında değişim göstermekte olup, lineer model ile uyumluluk sağlamıştır ($p<0.05$) (Çizelge 4.61). Şişirilme sıcaklığı (A) ve vakum sıcaklığını (C) artması ile lineer bir artış gösteren şişme derecesi, genişleme oranı verilerinin gösterdiği yönelim ile benzer bir yol izlemiştir. Bu durum ile deneysel olarak genişlediği belirlenen örneklerin duyusal olarak da belirlenebildiğinin göstergesidir.

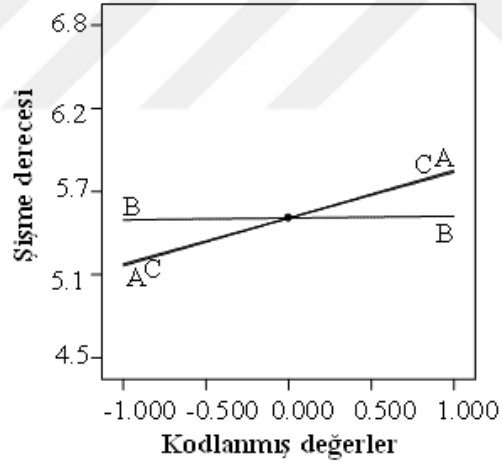
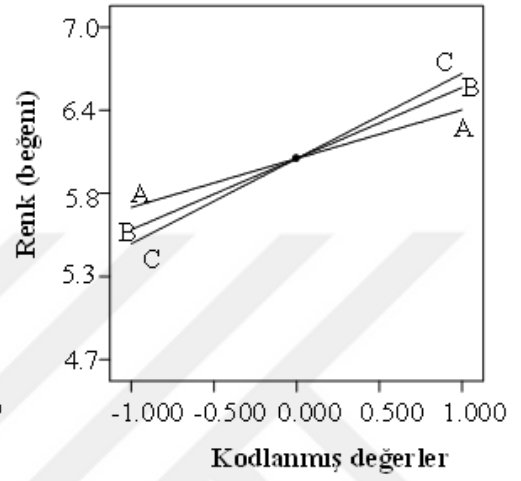
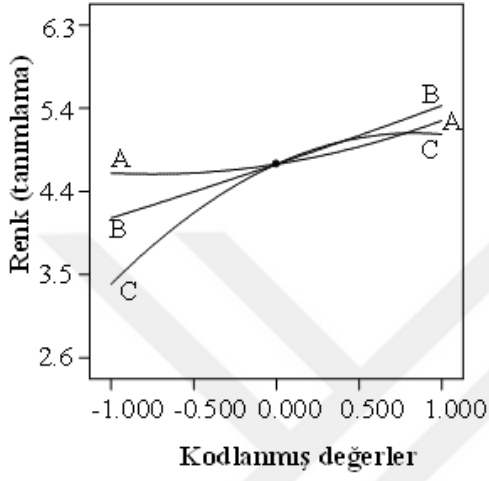
Örneklerin duyusal gevreklik ve doku sonuçları incelendiğinde ise, verilerin birbiri ile yüksek pozitif korelasyon gösterdiği görünmektedir ($r=0.715$, $p<0.05$). Her iki özellik içinde puf kurutma işlem değişkenleri benzer etkiler göstermiştir. Özellikle vakum sıcaklığının örneklerin gevreklik ve doku özellikleri üzerine lineer (C) ve kuadratik (C²) boyuttaki etkisi anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.60). Vakum sıcaklığının, merkez noktaya (T: 112.5°C, t: 15 dak, VT: 80°C) kadar artışı örneklerin gevrekliklerini ve doku beğenisini arttırmış olup, merkez noktadan sonraki artışlarda düşmesine neden olmuştur. Düşük vakum sıcaklıklarındaki uzun kuruma sürelerinin örnekte yarattığı elastikiyet, ve yüksek vakum sıcaklıklarının oluşturduğu yüksek sertlik, gevreklik ve doku değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Bunun yanı sıra, her iki özellik için de şişirilme süresi ve vakum sıcaklığının interaksiyonun (BC) istatistiksel etkisi anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.60). Şişirilme sıcaklığının maksimum olduğu durumda, şişirilme süresinin artması ve belirli bir noktadan sonra da vakum sıcaklığının artması gevreklik değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Bu durum, kabuk oluşumuna bağlı örnek içi nemliliğin fazla olmasının örneğin dokusal özelliklerini etkilediğini ortaya koymaktadır. Nitekim, gevreklik değerleri örneklerin nem içeriği ($r=-0.552$) ve elastiklik ($r=-0.670$) sonuçları ile negatif korelasyon içerisindedir ($p<0.05$). Ayrıca, protein içeriği değerleri de gevreklik ($r=0.662$) ve doku değerleri ($r=0.512$) ile pozitif korelasyon içerisindedir ($p<0.05$). Literatürde doku değişimleri artan pişirme kayıpları, protein pıhtılaşması, kollajen büzülmesi vb. gibi çeşitli fiziksel faktörlerle ilişkilendirilmiştir (Bouton ve ark. 1981).

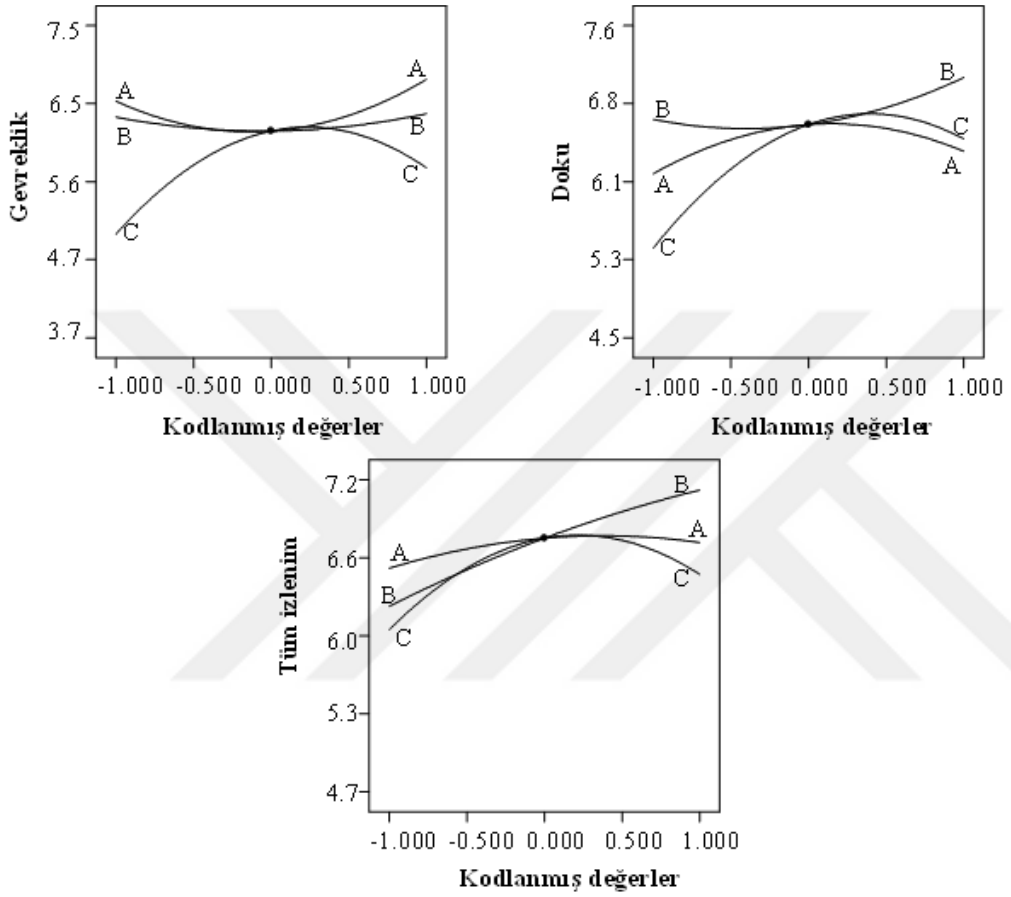
Örneklere ait tüm izlenim değerleri, 4.78 ile 7.11 aralığında değişmektedir. Gevreklik ve doku sonuçlarına benzer şekilde, tüm izlenim değerleri, şişirilme süresinin (B) artması ile azalma eğilimi gösterirken, merkez noktaya kadar vakum sıcaklığının (C) artışı ile artmış ve merkez noktadan sonra azalma göstermiştir. Bu

durum, gevreklik ve doku özelliklerinin tüm izlenim üzerinde oldukça etkili olduğunu göstermektedir. Tüm izlenim değerleri, gevreklik ($r=0.702$) ve doku beğenisi ($r=0.806$) sonuçları ile yüksek pozitif korelasyon içerisindedir. Bunun yanı sıra, şişirilme süresinin vakum sıcaklığı ile interaksyonu da (BC) tüm izlenim üzerinde istatistiksel olarak etkili bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.60). Tüm izlenim değerleri, şişirilme süresinin minimum olduğu koşulda, vakum sıcaklığının artışı ile artarken, şişirilme süresinin maksimum olduğu durumda ise, tam tersi bir eğilim göstererek vakum sıcaklığının artması ile azalmıştır. Duyusal parametrelerden renk özellikleri ve beğenisi de tüm izlenim üzerinde oldukça etkilidir. Tüm izlenim sonuçları lezzet ($r = 0.745$), renk tanımlaması ($r=0.647$) ve renk beğenisi ($r=0.614$) ile yüksek pozitif korelasyon içindedir ($p<0.05$). Kuadratik ve lineer modeller ile uyumluluk sağlamış olan duyusal değerlendirme kriterlerinin, modelden tahminlenen değerleri ile deneysel verilerini gösteren grafikler Şekil 4.22'den görülmektedir. Özellikle kuadratik modelle açıklanabilen özelliklerin (renk tanımlama, gevreklik, doku ve tüm izlenim) R^2 , adj- R^2 ve yeterli tahminleme değerlerinin yüksek olduğu da Çizelge 4.60'tan görülmektedir.

Çizelge 4.59 Puf kurutulmuş hindi göğüs eti örneklerinin duyusal değerlendirme sonuçları

Deneme no	renk (tanımlama)	renk (beğeni)	şişme derecesi	sertlik	elastiklik	gevreklik	doku	lezzet	asidik	yabancı	okside	Tüm izlenim
1	3.11±1.27	4.78±2.11	5.33±1.80	1.89±0.93	3.67±2.12	6.44±1.42	6.00±1.00	5.89±1.45	1.89±0.78	1.00±0.00	1.22±0.67	5.89±1.16
2	5.56±1.67	5.25±1.22	5.56±1.23	3.44±1.33	2.56±1.33	7.50±1.45	6.33±0.71	5.78±1.56	2.11±1.05	1.00±0.00	1.00±0.00	6.11±0.78
3	6.22±0.97	6.22±1.39	5.66±1.93	2.33±1.22	2.22±1.92	7.00±1.87	7.11±0.78	6.78±0.67	1.78±1.20	1.00±0.00	1.00±0.00	7.11±1.05
4	5.00±1.73	6.89±1.96	5.67±2.00	4.67±1.58	2.56±1.33	6.67±1.73	6.56±1.42	6.67±1.93	1.78±1.09	1.00±0.00	1.00±0.00	6.94±1.70
5	2.67±1.58	5.00±1.41	4.56±1.67	1.89±1.54	4.00±2.29	5.33±1.41	4.56±0.72	5.11±1.54	3.22±1.33	1.00±0.00	1.00±0.00	5.78±1.09
6	4.11±1.69	5.78±1.30	5.22±1.78	3.56±1.81	3.11±1.42	5.56±1.51	5.22±1.20	6.33±1.00	1.67±0.71	1.00±0.00	1.00±0.00	5.89±1.54
7	5.67±2.00	6.22±2.11	5.11±1.05	3.78±2.17	2.22±1.30	6.22±1.20	6.00±1.58	6.33±1.58	1.56±0.72	1.00±0.00	1.22±0.67	6.00±1.22
8	5.33±1.87	7.00±1.12	6.75±1.50	3.00±1.87	2.22±1.20	6.33±1.65	6.44±1.42	6.78±1.09	2.22±0.85	1.00±0.00	1.00±0.00	6.66±1.22
9	2.78±0.39	5.22±1.30	5.33±1.50	2.67±1.41	4.78±1.33	3.78±1.85	4.67±1.80	5.22±1.98	1.67±0.86	1.00±0.00	1.00±0.00	4.78±1.64
10	4.56±1.81	5.63±1.22	5.33±1.12	2.00±0.58	3.67±1.59	6.56±2.12	6.89±0.78	6.89±0.78	2.67±1.23	1.00±0.00	1.00±0.00	7.11±1.36
11	4.56±1.33	6.33±0.86	5.78±1.48	2.56±0.33	2.44±1.13	7.11±1.69	7.56±1.01	6.78±0.44	1.67±0.71	1.00±0.00	1.00±0.00	6.67±0.87
12	5.22±1.48	6.78±1.39	5.44±1.23	3.44±1.13	5.78±2.11	4.78±1.39	5.66±1.00	6.33±2.00	1.78±1.09	1.00±0.00	1.00±0.00	6.00±1.00
13	3.56±1.33	5.71±1.36	5.44±0.53	2.44±1.33	3.40±2.12	5.44±1.23	6.28±1.17	5.22±1.86	2.22±0.30	1.00±0.00	1.00±0.00	6.29±0.95
14	5.13±0.35	6.75±1.16	5.63±1.92	3.88±1.35	2.63±1.30	6.25±1.16	7.00±0.93	7.88±1.46	2.88±1.73	1.00±0.00	1.00±0.00	6.83±1.12
15	4.78±1.71	6.40±1.63	5.85±1.22	2.22±0.78	3.22±1.04	6.56±1.87	6.56±1.67	7.11±1.27	2.33±1.00	1.00±0.00	1.00±0.00	6.67±1.12
16	5.56±1.67	6.57±1.12	5.14±2.06	4.25±1.50	2.22±0.23	5.83±1.90	6.00±1.32	6.56±1.74	2.33±1.11	1.00±0.00	1.00±0.00	7.00±1.16
17	4.75±0.71	7.00±0.35	5.13±1.24	3.38±1.30	3.50±0.45	7.00±1.19	7.25±1.48	6.75±1.38	2.63±1.59	1.50±0.41	1.13±0.35	6.88±0.83





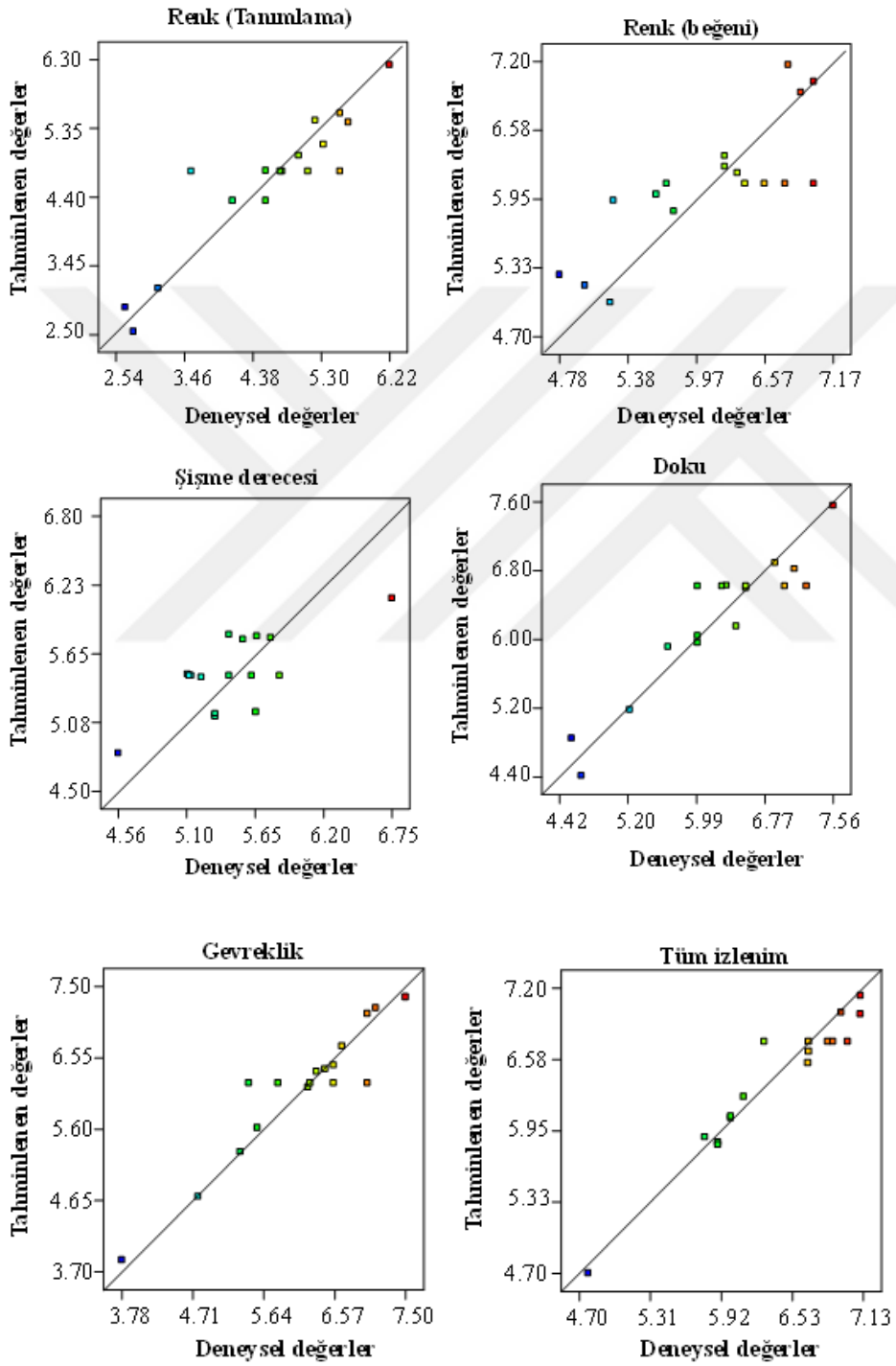
Şekil 4.21 Duyusal değerlendirme analizlerinden renk tanımlama ve beğeni, şişirilme derecesi, gevreklik, doku ve tüm izlenim değerleri için bağımsız işlem değişkenlerinin etkisini gösteren pertürbasyon grafikleri (A: Şişirilme sıcaklığı, B: Şişirilme süresi, C: Vakum sıcaklığı)

Çizelge 4.60 Duyusal değerlendirme sonuçları üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini kuadratik model ile gösteren ANOVA tablosu

Kaynak	SD	Renk (tanımlama)		Gevreklik		Doku		Asidik		Yabancı		Okside		Tüm izlenim	
		Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri
Model	9	15	0.031*	12.49	0.012*	10.1	0.021*	3.03	0.072	0.04	0.9959	0.07	0.155	5.85	0.002*
A-T	1	0.68	0.219	0.14	0.455	0.1	0.522	0.06	0.495	0	1	0.03	0.034*	0.09	0.258
B-t	1	3.12	0.023*	0	0.904	0.34	0.248	0.06	0.495	0	1	0.01	0.229	1.73	0.001*
C-VT	1	5.56	0.006*	1.3	0.047*	2.34	0.014*	0.5	0.068	0	1	0.01	0.229	0.39	0.033*
AB	1	3.36	0.020*	0.48	0.185	0.2	0.372	0.01	0.744	0	1	0.01	0.104	0.04	0.442
AC	1	0.79	0.189	0	0.91	0.01	0.818	1.23	0.012*	0	1	0.01	0.104	0.08	0.285
BC	1	0.31	0.394	6.53	0.001*	4.24	0.003*	0.2	0.217	0	1	0	1	2.25	0.000*
A^2	1	0.16	0.538	1.04	0.068	0.6	0.141	0.14	0.288	0.01	0.563	0.01	0.182	0.08	0.273
B^2	1	0	0.932	0.15	0.435	0.28	0.29	0.69	0.039	0.01	0.563	0	0.68	0.03	0.509
C^2	1	1.06	0.136	3.05	0.008*	1.97	0.020*	0.07	0.449	0.01	0.563	0	0.68	1.1	0.003*
Kalıntı	7	2.62		1.56		1.52		0.75		0.2		0.03		0.39	
Lack of Fit	3	0.4	0.865	0.09	0.969	0.48	0.645	0.46	0.236	0	1	0.01	0.385	0.09	0.769
Saf Hata	4	2.22		1.48		1.05		0.29		0.2	0.9959	0.01		0.31	
Toplam	16	17.61		14.05		11.62		3.78		0.24		0.1		6.24	
R ²		0.852		0.889		0.869		0.802		0.15		0.739		0.937	
Adj-R ²		0.661		0.746		0.701		0.547		-0.943		0.404		0.856	
Yeterli tahminleme		7.85		9.683		8.785		6.42		0.771		5.471		13.357	

Çizelge 4.61 Duyusal değerlendirme sonuçları üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini lineer model ile gösteren ANOVA tablosu

Kaynak	SD	Renk (beğeni)		Şişme derecesi		Sertlik		Elastiklik		Lezzet	
		Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri	Hata kareler toplamı	p - değeri
Model	3	5.61	0.002*	1.67	0.023*	4.19	0.113	1.47	0.728	2.27	0.25
A-T	1	0.91	0.062	0.8	0.025*	2.85	0.044*	0.35	0.586	0.26	0.479
B-t	1	1.93	0.011*	0	0.918	0.45	0.395	0.08	0.798	1.13	0.154
C-VT	1	2.77	0.004*	0.87	0.020*	0.89	0.236	1.04	0.35	0.89	0.201
Kalıntı	13	2.84		1.62		7.49		14.44		6.38	
Lack of Fit	9	1.89	0.595	1.23	0.399	4.38	0.743	13.23	0.071	2.62	0.933
Saf Hata	4	0.94		0.39		3.11		1.2		3.76	
Toplam	16	8.45		3.3		11.68		15.9		8.65	
	R ²	0.664		0.508		0.359		0.092		0.263	
	Adj-R ²	0.587		0.395		0.21		-0.117		0.093	
	Yeterli tahminleme	9.53		7.55		5.05		2.228		4.169	



Şekil 4.22 Duyusal değerlendirme için modelden tahminlenen değerlere karşı deneysel veriler

4.5.2 Optimum noktanın belirlenmesi

Optimizasyon çalışmasında puf kurutma işlem değişkenleri olarak şişirilme sıcaklığı (90-110°C), şişirilme süresi (5-15 dak) ve vakum sıcaklığı (60-80°C) parametreleri kullanılmıştır. Optimum noktanın belirlenmesinde su aktivitesi, protein içeriği, genişleme oranı ve duyuusal gevrekli analiz sonuçları için elde edilen ikinci dereceden polinomial modeller kullanılarak, puf kurutma işlem değişkenlerinin etkisi incelenmiştir.

Atıştırmalık hindi göğüs eti üretiminde puf kurutma işlem koşulları optimizasyonu için minimum su aktivitesi, maksimum protein içeriği, genişleme oranı ve duyuusal gevreklik sonuçları yanıt olarak seçilerek, Desirability fonksiyonu yaklaşımı kullanılarak optimize edilmiştir. Box-Behnken deneme desenine göre üretilen puf kurutulmuş hindi göğüs eti örnekleri için diğer analiz sonuçları ise optimizasyon çalışmasına katılmamıştır.

Desirability fonksiyonu yaklaşımı uygulandığında optimum noktayı veren 3 çözüm Çizelge 4.62'de görülmektedir. Programın belirlemiş olduğu bu çözümlerden, birinci çözümde elde edilen faktör seviyeleri seçilmiştir. Bu noktada faktör seviyeleri, şişirilme sıcaklığı 102.47°C, şişirilme süresi 10 dakika ve vakum sıcaklığı 90°C olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.62 Desirability fonksiyonu yaklaşımı ile belirlenen optimum noktalar

No	Şişirilme sıcaklığı (°C)	Şişirilme süresi (dakika)	Vakum sıcaklığı (°C)	Su Aktivitesi (aw)	KM'de protein içeriği	Genişleme oranı (%)	Duyusal Gevreklik	Desirability
1	102.47	10	90	0.139	92.34	328.87	7.17	0.963
2	100.23	10	90	0.122	92.35	325.08	7.25	0.963
3	100.68	10	90	0.126	92.35	326.73	7.21	0.963

4.5.3 Optimum noktanın doğrulanması

Optimum noktanın belirlenmesinin ardından, her bir yanıt için, optimum nokta doğrulama deneylerinden elde edilen ortalama sonuçlar ile modelden tahmin edilen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığı belirlenmiştir. Ortalama standart hata ve p-değerleri SPSS, 2006 (15.0 for Windows) programı kullanılarak belirlenmiştir. Çizelge 4.63'den görüldüğü gibi

elde edilen deneysel veriler modelden öngörülen değerlere oldukça yakın olup, veriler arası fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Çizelge 4.63 Optimizasyon doğrulamasının istatistiksel analiz sonuçları

Yanıt	Tahminlenen değer	Deneysele veri	Fark	Ortalama standart hata	% Hata	p-değeri
Su aktivitesi (aw)	0.1399	0.1405±0.017	-0.0006	0.0062	0.42	0.717
Protein içeriği (%)	92.346	91.566±1.417	0.78	0.0063	0.85	0.927
Genişleme oranı (%)	328.874	327.608±28.754	1.266	0.5359	0.38	0.196
Duyusal gevreklik	7.172	7.243±0.353	-0.071	0.3202	0.98	0.732

$$\% \text{ Hata: } \left(\frac{| \text{Deneysele veri} - \text{tahminlenen değer} |}{\text{Deneysele veri}} \right) \times 100$$

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışması kapsamında, hindi göğüs etine farklı yöntemler (mikrodalga kurutma, sıcak hava ile kurutma, dondurarak kurutma) ile ön kurutma işlemi gerçekleştirilmiş ve ön kurutulan örneklere puf kurutma işlemi uygulanmıştır. Ön kurutma denemeleri ile en uygun ön kurutma yöntemi, işlem koşulları ve ön kurutulmuş ürün nem içeriği belirlenmesi amacıyla ön kurutma işlemi ve puf kurutma işlemi sonrasında ürünlere nem içeriği, su aktivitesi, pH değeri, bileşim analizleri (tuz, yağ, TBARS ve protein), yığın yoğunluğu, genişleme oranı, rehidrasyon oranı, renk (L*, a*, b*), doku (sertlik ve gevreklik), duyusal analiz, mikrobiyolojik, mikro ve makro yapı analizleri uygulanmıştır. Ön kurutma yöntemi, işlem koşulları ve ön kurutulmuş nem içeriğinin belirlenmesinin ardından, puf kurutma işlem koşulları için Design-Expert paket programı kullanılarak optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Puf kurutma işlem koşullarının optimizasyonu için bağımsız işlem koşulları olarak şişirilme sıcaklığı, şişirilme süresi ve vakum sıcaklığı kullanılmıştır.

Ön kurutma denemelerinden mikrodalga kurutma yönteminin ve sıcak hava kurutma yönteminin gözenekli yapısının az olduğu, elastik yapının olduğu ve renk değerleri açısından daha kötü sonuç verdiği belirlenmiştir. Dondurarak kurutma yönteminin diğer ön kurutma yöntemlerine kıyasla en iyi sonuçları

verdiği saptanmıştır. Ayrıca en uygun bulunan örneğin, 0.2 mbar basınçta elde edilen %50 nem içeriğine kadar ön kurutulmuş örnekler olduğu bulgulanmıştır.

En uygun ön kurutma yöntemi ve ön kurutulmuş örnek nem içeriği belirlendikten sonra puf kurutma işlem koşullarının optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Box-Benkhen deneme dizaynı kullanılarak oluşturulan planda üretimler gerçekleştirilmiş ve optimum puf kurutma koşulları bağımsız değişkenler bakımından belirlenmiştir. Hedef olarak, minimum su aktivitesi, maksimum protein içeriği, genişleme oranı ve duyuşal gevreklik seçilmiş olup, gerçekleştirilen optimizasyon işlemine göre, optimum puf kurutma işlem koşulları, şişirilme sıcaklığı 102.47°C, şişirilme süresi 10 dakika ve vakum sıcaklığı 90°C olarak bulunmuştur. Gerçekleştirilen optimum noktadaki doğrulama denemeleri sonucunda da, deneysel veriler ile modelden öngörülen değerler oldukça yakın olup, veriler arası fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Sonuç olarak elde edilen bulgular değerlendirildiğinde farklı kurutma yöntemlerinin birlikte kullanılması ile atıştırmalık ürün özelliği taşıyan puf kurutulmuş hindi göğüs eti üretimi gerçekleşmiştir. Hindi göğüs etinden hiçbir katkı maddesi veya lezzet verici madde eklenmeksizin protein içeriği yüksek sağlıklı bir atıştırmalık eldesi sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. **American Association of Cereal Chemists**, St. Paul, MN.

Aitken, A. Casey, J. C. Penny, I. F. Voyle, C. A. 1962. Effect of Drying Temperature in The Accelerated Freeze-Drying of Pork. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 439:448.

Akonor, P. T. Ofori, H. Dzedzoave, N. T. Kortei N. K. 2016. Drying Characteristics and Physical and Nutritional Properties of Shrimp Meat as Affected by Different Traditional Drying Techniques. International. **Journal of Food Science**, Volume 2016, Article ID 7879097, 5 pages

Allen, C. D. Russell, S. M. Fletcher, D. L. 1997. The relationship of broiler breast meat color and ph to shelf life and odor development. **Poultry Science**, 76: 1042-1046pp.

Altuğ, T. Elmacı, Y. 2005. Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. **Meta Basım Matbaacılık**, İzmir, 130s.

Alvarado, C.Z. Sams, A.R. 2003. Injection Marination Strategies for Remediation of Pale Exudative Broiler Breast Meat. **Poultry Science**, 82(8), 1332-1336.

Anonim, 1992. Tarımsal Yapı ve Üretim. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara.

Arimi, J. M. Duggan, E. Oriordan, E.D. Sullivan, M. Lyng, J.G. 2008. Microwave Expansion of Imitation Cheese Containing Resistant Starch. **Journal of Food Engineering**, 88, 254–262.

Arnau, J. Serra, X. Comaposada, J. Gou, P. Garriga, M. 2007. Technologies to shorten the drying period of dry-cured meat products. **Meat Science**, 77(1), 81-89.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005, Official methods of analysis of the AOAC international (18th ed.), Gaithersburg, MD.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 2012, Official methods of analysis of the AOAC international (19th ed.), Gaithersburg, MD.

Babic, J. Cantalejo, M. J. Arraqui, C. 2009. The Effects of Freeze-Drying Process Parameters on Broiler Chicken Breast Meat. **Food Science and Technology**, 42: 1325-1334.

Bampi, M. Schmidt, F. C. Laurindo, J. B. A. 2019. Fast drying method for the production of salted-and-dried meat. **Food Science and Technology**, 39(2): 526-534.

Banga, J. R. Balsa-Canto, E. Moles, C. G. Alonso, A. A. 2003. Improving food processing using modern optimization methods a review. **Food Science and Technology**, 14(4), 131–144

Barbut, S. 2001. Poultry Products Processing An Industry Guide. University of Guelph

Baş, D. Boyacı, I. H. 2007. Modeling and optimization I: usability of response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, 78, 836–845.

Bauer, U. E. Briss, P. A. Goodman, R. A. Bowman, B. A. 2014. Prevention of chronic disease in the 21st century: elimination of the leading preventable causes of premature death and disability in the USA. **The Lancet**, 384(9937),45-52.

Bellisle, F. 2014. Meals and snacking, diet quality and energy balance. **Physiology & behavior**, 134, 38-43.

Benjakul, S. Visessanguan, W. Riebroy, S. Ishizaki, S. Tanaka, M. 2002. Gel-forming properties of surimi produced from bigeye snapper, *Priacanthus tayenus* and *P. Macracanthus*, stored in ice. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 82, 1442–1451.

Berk, Z. 2018. Food Process Engineering and Technology. Burlington. Israel Institute of Technology (Taylor, S.T. Buckle, B. Camire, M.E. Clemens, R. Heymann, H. Hutkins, R. Jackson, S.R. Lelieveld, H. Lund, D.B. Weaver, C. Wrolstad, R. Eds.), pp. 511-528, Israel.

Bertram, H. C. Schafer, A. Rosenvold, K. Andersen, H. J. 2004. Physical changes of significance for early post-mortem water distribution in porcine M. Longissimus. **Meat Science**, 66 (4): 915-924.

Bezerraa, M. A. Santelli, R. E. Oliveiraa, E. P. Villar, L. S. Escaleira, L. A. 2008. Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry. **Talanta**, 76, 965–977

Bi, J. F. Wang, X. Chen, Q.Q. Liu, X. Wu, X.Y. Wang, Q. Yang, A.J. 2015. Evaluation Indicators of Explosion Puffing Fuji Apple Chips Quality from Different Chinese Origins. **Food Science and Technology**, 60(2):1129-1135.

Bi, J. F. Wang, X. Chen, Q.Q. Liu, X. Wu, X.Y. Wang, Q. Yang, A.J. 2015. Evaluation Indicators of Explosion Puffing Fuji Apple Chips Quality from Different Chinese Origins. **Food Science and Technology**, 60(2):1129-1135.

Bor, Y. 2011. Hindi etlerinin marinyasyonunda bazı doğal antioksidan kaynaklarının kullanımı, (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi) Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.

Bouton, P.F. Harris, P.V. 1981. Changes in the tenderness of meat cooked at 50-65°C. **Journal of Food Science**, 46, 475-478.

Burke, R. Frank, J. M. 2003. The Tenderisation of Shin Beef Using a Citrus Juice Marinade. **Meat Science**, 63(2), 161-168.

Buttkus, A. 1967. The reaction of myosin with malonaldehyde. **Jornal of Food Science**, 32:432.

Calicioglu, M. Sofos, J. N. Samelis, J. Kendall, P. A. Smith, G. C. 2003. Effect of Acid Adaptation on Inactivation of Salmonella During Drying and Storage of Beef Jerky Treated with Marinades. **International Journal of Food Microbiology**, 89: 51-65.

Candoğan, K. 2000. Bacterial starter cultures, aging and fermentation effects on some characteristics of fermented beef sausages. Phd Thesis, Clemson, Clemson University.

Chaijan, M. Panpipat, W. Nisoa, M. 2017. Chemical deterioration and discoloration of semi-dried tilapia processed by sun drying and microwave drying. **Drying Technology**, 35:5, 642-649.

Chandrasekhar, P.R. Chattopadhyay, P.K. 1990. Studies on Microstructural Changes of Parboiled and Fishwick. **Journal of The Science of Food and Agriculture**, 21, 160

Chen, Q. Li, Z. Bi, J. Zhou, L. Yi, J. Wu, X. 2017. Effect of Hybrid Drying Methods on Physicochemical, Nutritional and Antioxidant Properties of Dried Black Mulberry. **Food Science and Technology**, 80: 178-184.

Cochran, W.G. and Cox, G.M. 1957 Experimental Design. University of Southern California (Wiley, J. Sons, Eds.), pp. 615 New York.

Conner, D. E. Davis, M. A. Zhang, L. 2000. Poultry-borne pathogens: Plant considerations. **In Poultry Meat Processing**.

Cui, W. Mazza, G. Oormah, B.D. Biliaderis, C.G. 1994. Optimization of an aqueous extraction process for flaxseed gam by response surface methodology. **Food Science and Technology**, 27:363-369.

Cumhur, Ö. Şeker, M. Sadıkoğlu, H. 2016. Freeze Drying of Turkey Breast Meat: Mathematical Modeling and Estimation of Transport Parameters. **Drying Technology**, 34:584-594

Çakmakçı, S. Gökalp, H. Y. 1992. Gıdalarda Kısaca Oksidasyon; Antioksidantlar ve Gıda Sanayiinde Kullanımları. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 23 (2), 174-192.

Çiçek, Ü. Kolsarıcı N. Candoğan, K. 2014. The Sensory Properties Of Fermented Turkey Sausages: Effects Of Processing Methodologies And Starter Culture. **Journal Of Food Processing And Preservation**, 39 663–670.

Çınar, H. 2007. Kanatlı Eti ve Yumurta. **TEAE-Bakış**, 9 (14), Ankara.

Datta, A.K. 2001. Fundamentals of Heat and Moisture Transport for Microwaveable Food Product and Process Development. In: Handbook of

Microwave. *Technology for Food Applications* (Data, A.K. and Anantheswaran, R.C. Dekker, M. Eds.), pp. 114-172, New York.

Dellaglio, S. Casiraghi, E. Pompei, C. 1996. Chemical, physical and sensory attributes for the characterization of an Italian dry-cured sausage. **Meat Science**, 42, 25–35.

Deniz, E. E. 2009. Kesim Sonrasında Farklı Sürelerde Enjekte Edilen Marinat Çözeltilerinin Et Kalitesi Üzerine Etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Doktora Tezi), İzmir.

Derringer, G. Suich, R. 1980. Simultaneous Optimisation of Several Response Variables. **Journal of Quality Technology**, 12:214–219.

Diñçer, A. E. Erbaş, M. 2018. Drying Kinetics, Adsorption Isotherms and Quality Characteristics of Vacuum-Dried Beef Slices with Different Salt Contents. **Meat Science**, 145: 114-120.

Doğruer, Y. Guner, A. Gurbuz, U. 2007. Effects of curing techniques and compositions on chemical, microbiological and sensory qualities of turkey pastırma. **Archiv Fur Lebensmittel hygiene**, 58 (2), 64-69.

Doğu, E. 2009. Marine edilmiş pişirmeye hazır tavuk etlerinin modifiye atmosfer. Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul. (Yüksek Lisans tezi), İstanbul.

Drouzas, A. E. Schubert, H. 1996. Microwave application in vacuum drying of fruits. **Journal of Food Engineering**, 28, 203–209.

Du, L. J. Gao, Q. H. Ji, X. L. Ma, Y. J. Xu, F. Y. Wang, M. 2013. Comparison of Flavonoids, Phenolic Acids and Antioxidant Activity of Explosion-Puffed and Sun-Dried Jujubes (*Ziziphus jujube* Mill.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 61(48):11840-11847.

Durance, T. D. Wang, J. H. 2002. Energy consumption, density and rehydration rate of vacuum microwave and hot air convection dehydrated tomatoes. **Journal of Food Science**, 67(6), 2212–2216.

Engez, S. Baskan, P. Ergönül, B. 2012. Chemical, Textural and Sensorial Attributes of Biltong Produced through Different Manufacturing Processes. **Korean Journal of Food Science of Animal Resources**, 32(3):263-267.

Ensor, S. Mandigo, R. W. Calkins, C. R. Quint, L. N. 1987. Comparative evaluation of whey protein concentrate, soy protein isolate and calcium reduced non-fat dry milk as binders in an emulsion type sausage. **Journal of Food Science**, 52: 1155-1158.

Ercoskun, H. Tagi, Ş. Ertaş, A.H. 2010. The effect of different fermentation intervals on the quality characteristics of heat-treated and traditional sucuks. **Meat Science**, 85: 174-181.

Eren, İ. 2004. Patateslerin osmotik dehidrasyonunun "Response Surface" metodu kullanılarak optimizasyonu. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (Yüksek Lisans Tezi), İzmir.

Eren, İ. Kaymak-Ertekin, F. 2007. Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, 79:344-352p.

Ergezer, H. Gökçe, R. 2004. Kanatlı etlerinin marinasyon tekniği ile işlenmesi. **Journal of Engineering Sciences**, 10(2):227-233 s.

Elmas, F. Varhan, E. Koç, M. 2019. Drying characteristics of jujube (*Zizyphus jujuba*) slices in a hot air dryer and physicochemical properties of jujube powder. **Journal of Food Measurement and Characterization**, 13:70-86.

Figiel, A. 2010. Drying Kinetics and Quality of Beetroots Dehydrated by Combination of Convective and Vacuum-Microwave Methods. **Journal of Food Engineering**, 98(4), 461-470.

Figiel, A. Michalska, A. 2017. Overall quality of fruits and vegetables products affected by the drying processes with the assistance of vacuum-microwaves, **International Journal of Molecular Sciences**, 18(1), 71.

Gap, T. Jiaolong, L.I. Zhang, L. Jiang, Y. Liu, Y., Zhang, X. Gao, F. Zhou, G. 2015. Effect Of Different Tumbling Marination Methods and Time on The Quality

Characteristics of Prepared Pork Chops. **Food Science and Technology**, 35(3), 445-451

Garcia, R. C. E. Yamashita, F. Youssef, Y. E. Prudencio, H. S. Shimokomaki, M. 2013. Effect of Carrageenan Addition on the Yield and functional properties of Charqui (Jerked Beef). **Brazilian Archives of Biology And Technology**, 56(2):311-318 p.

Gimeno, O. Ansorena, D. Astiasaran, I. Bello, J. 2000. Characterization of chorizo de Pamplona: Instrumental measurements of colour and texture. **Food Chemistry**. 69, 195–200.

Giri, S. K. Prasad, S. 2007. Drying Kinetics and Rehydration Characteristics of Microwave–Vacuum and Convective Hot–Air Dried Mushrooms. **Journal Food Engineering**, 78(2), 512–521.

Guo, O. Sun, D.W. Cheng, J. H. Han, Z. 2017. Microwave processing techniques and their recent applications in the food industry. **Trends in Food Science & Technology**, 67 236e247.

Harmankaya, S. Vatansever L. 2017. The Effect of Essential Oils of Rosemary and Clove on Shelf Life Chicken Meat. **Van Veterinary Journal**, 28 (1) 11-19.

Hosseini, S. E. Atefeh, E. M. 2015. The Effect Of Meat Marinating With Lactic And Citric Acid On Some Physicochemical And Electrophoretic Pattern Of Beef Burger. **Iranian Journal of Veterinary Medicine**, 9(2), 103-108.

Hurtado, M. L. Escobar, B. Estévez, A. M. 2001. Mezclas legumbre/cerealpor fritura profunda de maiz amarillo y de tres cultivares de frejol paraconsumo" snack". **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. 51(3), 303-308.

ISO12290, 2017, Microbiology of the food chain — Horizontal Method For The Detection And Enumeration of *Listeria monocytogenes* and of *Listeria* spp.

ISO16649, 2018, Microbiology of the food chain — Horizontal Method For The Enumeration of beta-glucuronidase-positive *Escherichia coli*.

ISO16654, 2017, Microbiology of Food and Animal Feeding Stuff — Horizontal Method for The Detection of *Escherichia coli* O157

ISO2293, 1988, Meat and meat products — Enumeration of microorganism — Colony count technique at 30 degrees C.

ISO6579, 2017, Microbiology of the food chain — Horizontal Method for The Detection, Enumeration and Serotyping of Salmonella.

ISO6888, 2018, Microbiology of the food chain — Horizontal Method For The Enumeration of Coagulase-Positive Staphylococci (Staphylococcus aureus and other species).

İstanbul Ticaret Odası (ITO). 2004. Hindi Sektörü Profil Araştırması.

Jo, C. Ahn, D. U. 1998. Fluorometric analysis of 2-thiobarbituric acid reactive substances in turkey. **Poultry Science**, 77:475–480.

Kaban, G. Bayrak, D. 2015. The effects of using turkey meat on qualitative properties of heat-treated sucuk. **Czech Journal of Food Science**, 33: 377–383.

Kamenik, J. Salakova, A. Hulankova, R. Duskova, M. Borilova, G. Sedo, O. Staruch, L. 2017. Selected Characteristics of Dry Fermented Sausages Prepared with Quick-Dry-Slice (QDS process) Technology and Their Comparison with Traditional Products. **Journal of Food Process and Preservation**, 42.

Karel, M. Fennema, O.R. Lund, D.B. 1975. Principles of Food Science- Part II, Physrcal Principals of Food Preservation, (Owen R. Hui Y. H. Karel, M. Pieter, W. John R. W. Eds.), MARCEL DEKKER, INC. Pp. 378-461, Basel, Newyork.

Kargozari, M. Moini, S. Basti, A. A. Emam-Djomeh, Z. Ghasemlou, M. Martin, I. 2014. Development of Turkish dry-fermented sausage (sucuk) reformulated with camel meat and hump fat and evaluation of physicochemical, textural, fatty acid and volatile compound profiles during ripening. **Food Science and Technology**, 59(2), 849e858.

Khajeh, M. 2009. Application of Box–Behnken Design in the Optimization of a Magnetic Nanoparticle Procedure for Zinc Determination in Analytical Samples by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry. **Journal of Hazardous Materials**, 172:385-389.

Khodke, S.U. 2002. Freeze-Thaw-Dehydration Technology for the Production of Instant Potato Cubes. PhD thesis (Unpublished), Post Harvest Technology Centre, Post Harvest Technology Centre, IIT, Kharagpur (W.B.), India.

Kırkpınar, F. Mert, S. 2004. Etlik Hindi Üretiminin Temel İlkeleri. **Hasad Hayvancılık Dergisi**, 2 (9): 24-27.

Knip, C. 2014. Tubmlers and Massagers. Encyclopedia of Meat Sciences, (Jensen, W.K. Ed.), Elsevier, pp. 143-147, Londra, İngiltere.

Koç, B. Ertekin, F. 2010. Yanıt Yüzey Yöntemi ve Gıda İşleme Uygulamaları. **Gıda**, 35(1):1-8.

Koç, M. 2009. Pastörize Sıvı Yumurthanın Püskürtmeli Kurutma Yöntemi ile Optimum Kurutma Koşullarının Belirlenmesi ve Mikroenkapsülasyonu. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi), İzmir.

Koç, M. Duran, M. Yıldırım, A. 2018. Su Aktivitesinin ve Farklı Kurutma Sistemlerinin Biyoaktif Bileşenlerin Stabiliteleri Üzerine Etkisi. **Gıda The Journal of Food**, 43 (3): 512-522

Koç, M. Güngör, Ö. Zungur, A. Yalçın, B. Selek, İ. Ertekin, F.K. Ötles, S. 2015. Microencapsulation of extra virgin olive oil by spray drying: effect of wall materials composition, process conditions, and emulsification method. **Food and Bioprocess Technology**, 8(2):301-318p.

Koç, M. Koç, B. Sakin-Yılmaz, M. Kaymak-Ertekin, F. Susyal, G. Bağdatlıoğlu, N. 2011. Physicochemical Characterization of Whole Egg Powder Microencapsulated by Spray Drying. **Drying Technology**, 29:780-788p.

Koç, M. Sakin, M. Kaymak-Ertekin F. 2010. Mikroenkapsülasyon ve Gıda Teknolojisinde Kullanımı. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 16(1):79-90s.

Kong, J. Perkins, B. L. Dougherty, M. P. Camire, M. E. 2011. Control of Lipid Oxidation in Extruded Salmon Jerky Snacks. **Journal of Food Science**, 76: 8-13.

Kozempel, M.F. Sullivan, J.F. Craig, J.C. Konstance, R.P. 1989. Explosion puffing of fruits and vegetables. **Journal of Food Science**, 54(3):772-773.

- Lee, S. W, Lee, J. H. 2009. Effects Of Oven-Drying, Roasting and Explosive Puffing Process on Isoflavone Distributions In Soybeans. **Food Chemistry**, 112: 316-320.
- Ling, B. Tang, J. Kong, F. Mitcham, E. J. Wang, S. 2014. Kinetics of food quality changes during thermal processing: A review. **Food and Bioprocess Technology**, 8(2), 343e358.
- Luckose, F. Pandey, M. C. Harilal, P. T. 2017. Effect of Sodium Chloride Reduction on Drying Kinetics of Restructured Chicken Jerky. **Food Bioscience**, 19: 156-162 p.
- Lyu, J. Zhou, L.Y. Bi, J.F. Liu, X. Wu, X.Y. 2015. Quality evaluation of yellow peach chips prepared by explosion puffing drying. **Journal of Food Science Technology**.
- Masiero L. 1993. Nutritional qualities of turkey meat. **World Poultry Misset**, 9:42-43
- Medyński, A. Pospiech, E. Kniat, R. 2000. Effect of various concentrations of lactic acid and sodium chloride on selected physico-chemical meat traits. **Meat Science**, 55(3), 285-290.
- Mikrobiyolojik, tekstürel ve duyuşal özellikleri. Pamukkale Üniversitesi, (Yüksek Lisans Tezi), Denizli.
- Moskowitz, H. H. Jacobs, B. E. 1987. Consumer evaluation and optimization of food texture. Food texture instrumental and sensory measurement, (H. H. Moskowitz Ed.), pp. 293–328. Newyork.
- Mukherjee, S. 1997. Studies on HTST Whirling Bed Dehydration Technology for the Production of RTE Puffed Potato Cubes. Unpublished PhD thesis, Post Harvest Technology Centre, IIT, Kharagpur (W.B.), India.
- Mundra, P. Desai, K. Lele, S.S. 2007. Application of response surface methodology to cell immobilization for the production of palatinose. **Bioresource Technology**, 98:2892–2896.

Nam, K-C. Jo, C. Lee, K-H. 2012. Comparison of Free Amino Acids and Dipeptide Contents, Warner-Bratzler Shear Force and Sensory Property of Beef Jerky Manufactured with Different Drying Method. **Korean Journal of Food Science**,32: 796-802.

Nath, A. Chattopadhyay, P. K. Majumdar, G. C. 2007. High Temperature Short Time Air Puffed Ready-To-Eat (RTE) Potato Snacks: Process Parameter Optimization. **Journal of Food Engineering**, 80(3), 770–780.

Ozcan, A. U. Bozkurt, H. 2015. Physical and chemical attributes of a ready-to-eat meat product during the processing. Effects of different cooking methods. **International Journal of Food Properties**, 18(11).

Özbay, S. 2009. [[Http://www.bolcahindi.com.tr](http://www.bolcahindi.com.tr)].

Pappas, C. Tsami, E. Marinos-Kouris, D. 1999. The effect of process conditions on the drying kinetics and rehydration characteristics of some microwave-vacuum dehydrated fruits. **Drying Technology**, 17 (1 and 2), 157–174.

Paula, A. M. Conti-Silva, A. C. 2014. Texture Profile And Correlation Between Sensory and Instrumental Analyses on Extruded Snacks. **Journal of Food Engineering**, 121: 9-14.

Połtorak, A. Wyrwisz, J. Moczowska, M. Marcinkowska-Lesiak, M. Stelmasiak, A. Rafalska, U. Wierzbicka, A. Sun, Da-Wen. 2015. Microwave vs. Convection heating of bovine gluteus medius muscle: Impact on selected physical properties of final product and cooking yield. **International Journal of Food Science and Technology**, 50(4), 958e965.

Lemos, A.L.S.C. Nunes, D. R. M. Viana, A.G. 1999. Optimization of the still-marinating process of chicken parts. **Meat Science**, 52, 227±234.

Purlis, E. 2010. Browning development in bakery product. **Journal of Food Engineering**, 99(3), 239–249.

Rahman, M.S. Al-Amri, O.S. Al-Bulushi, I.M. 2002. Pores and physico-chemical characteristics of dried tuna produced by different methods of drying. **Journal of Food Engineering**, 53:301–313.

Ratti, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods. **Journal of Food Engineering**, 49, 311-319.

Reducing *Listeria monocytogenes* Populations during Drying of Beef Jerky. **Journal of Food Protection**, 69:62-70.

Rodriguez-Estrada, M.T. Penazzi, G. Caboni, M.F. Bertacco, G. Lercker, G.1997. Effect of different cooking methods on some lipid and protein component of hamburgers. **Meat Science**, 45, 365–375.

Rojo A. Delia, A. 2010. Marination, Cooking and Curing Applications. Handbook of Poultry Science and Technology, (Legarreta, G.I. Ed.), Wiley Publication pp. 89-100, New Jersey, ABD.

Roopesh, M. Syamaladevi, Tang, J. Villa-Rojas, R. Sablani, S. Carter, B. Campbell G. 2016. Influence of Water Activity on Thermal Resistance of Microorganisms in Low-Moisture Foods. **Comprehensivze Reviewers in Food Science and Food Safety**. Vol. 15.

Ryniecki, T. Siatkowski, A. I. 2013. Optimization of Process Parameters for Microwave-Vacuum Puffing of Black Radish Slices Using the Response Surface Method. **Acta scientiarum polonorum. Technologia alimentaria**, 12(3), 253–262.

Sacchetti, G. Gianotti, A. Dalla, R. M. 2001. Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatment. **Journal of Food Engineering**, 49:163-173p.

Schiffmann, R.F. 1986. Food Product Development for Microwave Processing. **Food Technology**, 40 (6), 94-98.

Smith, D.P. Acton, J.C. 2001. Marination, cooking and curing of poultry products. **Taylor&Farcnis Group**, New York, 257-281.

Stadelman, W. J. Olson, V. M. Shemwell, G. A. Pasch, S. 1988. Nutritional Value of Poultry Meat. Egg and Poultry. **Meat Processing**, 92-122,211p. VCH, England.

Sullivan, J.F. Craig Jr. J.C. 1984. The development of explosion puffing. **Food Technology**, 38(2), 52.

Sullivan, J.F. Konstance, R.P. Aceto, N.C. Heiland, W.K. Craig, J.C. 1977. Continuous explosion-puffing of potatoes. **Journal of Food Science**, 42(6), 1462-1463.

Szczesniak, A. S. 1990. Texture: is it an overlooked food attribute. **Food Technology**, 44(9), 86–88,90,92,95.

Szczesniak, S. Kleyn, D. H. 1963. Consumer awareness of texture and other food attributes. **Food Technology**, 17, 74–77.

Tabtiang, S. Prachayawarakon, S. Soponronnarit, S. 2012. Effects of Osmotic Treatment and Superheated Steam Puffing Temperature on Drying Characteristics and Texture Properties of Banana Slices. **Drying Technology**, 30: 20–28.

Tarladgis, B. G. Watts, B. M. Younathan, M. T. Dougan, Jr. L. 1960. A Distillation Method for the Quantitative Determination of Malonaldehyde in Rancid Food. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 37(1): 44-48.

Thakur, S. Saxena, D. C. 2000. Formulation of extruded snack food (gum based cereal–pulse blend): optimization of ingredients levels using response surface methodology. **Food Science and Technology**, 33(5), 354-361.

Tornberg, E. 2005. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, 70, 493–508

Tripathi, P. Srivastava, V. C. Kumari, A. 2009. Optimization of an Azo Dye Batch Adsorption Parameters Using Box–Behnken Design. **Desalination**, 249:1273-1279.

Üren, A. Babayiğit, D. 1997. Colour parameters of Turkish type fermented sausage during fermentation and ripening. **Meat Science**. 45, 539–549.

Vadivambal, R. Jayas, D.S. 2007. Changes in quality of microwave-treated agricultural products. **Biosystem Engineering**, 98, 1-16.

Valero, A. Cejudo, M. García-Gimeno, R. M. 2014. Inactivation kinetics for Salmonella Enteritidis in potato omelet using microwave heating treatments. **Food Control**, 43, 175e182.

Vasanthi, C. Venkataramanujam, V. Dushyanthan, K. 2007. Effect of cooking temperature and time on the physico-chemical, histological, and sensory properties of female carabeef (buffalo) meat. **Meat Science**, 76, 274–280.

Walker, J. R. Lundberg, D.E. 2000. *The Restaurant: From Concept to Operation*. John Wiley & Sons, Inc, (Sons, Jhon, W. Eds.), pp. 391-415. United States of America.

Wanangkran, A. Liu, D.C. Swetwathana, A. Tan, F.J. 2012. An innovative method for the preparation of mum (Thai fermented sausages) with acceptable technological quality and extended shelf life. **Food Chemistry**, 135, 515–521.

Willis, P.M.A. 1995. *The Phylogenetic Systematics of Australian Crocodylians*. University of New South Wales, Ph.D. Thesis (unpublished), Sydney.

Wolfe, R. R. 2015. Update on Protein Intake: Importance of Milk Proteins for Health Status of The Elderly. **Nutrition Reviews**, 73 (1):41–47.

Wood, J.D. Richardson, R.I. Nute, G.R. Fisher, A.V. Campo, M.M. Kasapidou, E. Sheard, P.R. Enser, M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality. **Meat Science**, 66, 21–32.

Wu, T. Mao, L. 2008. Influences of hot air drying and microwave drying on nutritional and odorous properties of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets. **Food Chemistry**, vol. 110, no. 3, pp. 647–653.

Xiong, Y.L. Brekke, C.J. 1991. Protein Extractability and Thermally Induced Gelation Properties of Myofibrils Isolated from Pre- and Postrigor Chicken Muscles. **Journal of Food Science**, volume 56.

Yang, H-S. Hwang, Y-H. Joo, S-T. Park, G-B. 2009. The Physicochemical and Microbiological Characteristics of Pork Jerky in Comparison to Beef Jerky. **Meat Science**, 82: 289-294.

Yi, J. Zhou, L. Bi, J. Chen, Q. Liu, X. Wu, X. 2016. Influence of Pre-drying Treatments on Physicochemical and Organoleptic Properties of Explosion Puff Dried Jackfruit Chips. **Journal of Food Science and Technology**, 53(2):1120-1129

Yong, H. I. Lee, H. S. Kim, Y. S. Park, S. Park, J. Choe, W. Jo, C. 2017. Color Development, Physiochemical Properties, and Microbiological Safety of Pork Jerky Processed with Atmospheric Pressure Plasma. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 53:78-84.

Yoon, Y. Skandamis, P. N. Kendall, P. A. Smith, G. C. Sofos, J. N. 2006. A predictive model for the effect of temperature and predrying treatments in reducing *Listeria monocytogenes* populations during drying of beef jerky. **Journal Food Protection**, 69(1):62-70.

Zeinali, T. Jamshidi, A. Khanzadi, S. Azizzadeh, M. 2015. The effect of short-time microwave exposures on *Listeria monocytogenes* inoculated onto chicken meat portions. **Veterinary Research Forum**, 6(2), 173e176. Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.

Zou, K. Teng, J. Huang, L. Dai, X. Wei, B. 2013. Effect of Osmotic Pretreatment on Quality of Mango Chips By Explosion Puffing Drying. **Food Science and Technology**, 51(1): 253-259.

Ek Şekil A.1 Duyusal Değerlendirme Formu

ATIŞTIRMALIK HINDİ ETİ DUYUSAL DEĞERLENDİRMESİ

Panelistin Adı: Özge

Örnek Kodu:

Tarih:

Size sunulan atıştırmalık et örneklerini değerlendirerek skala üzerinde uygun gelen noktayı belirleyiniz.

1. Renk



2. Renk (lütfeñ üstteki renkten başlımsız değerdendirin)



3. Şişme derecesi



4. Sertlik



5. Elastiklik



6. Gevreklik



7. Doku (lütflen aşağıdaki doku tanımlamasından başlayarak değerlendirin)



Lütflen çiğnerken doku hissinizi tanımlayınız.....

8. Lezzet



9. Asidik lezzet



10. Yabancı Lezzet



Yabancı Lezzet var ise tanımlayınız.....

11. Okside Lezzet



12. Tüm izlenim (Lütflen ürün hakkında genel değerlendirmeizi belirtiniz)



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Feyza ELMAS

Doğum Yeri Ve Tarihi : İzmir 03/11/1994

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Aydın Adnan Menderes Üniversitesi/Gıda Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans Öğrenimi : Aydın Adnan Menderes Üniversitesi/Gıda Mühendisliği Bölümü

Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

A) Bildiriler

Feyza Elmas, Emine Varhan, Mehmet Koç. Drying characteristics of jujube (*Zizyphus jujuba*) slices in a hot air dryer and physicochemical properties of jujube powder. *Journal of Food Measurement and Characterization* 13(1), (2018).

Mehmet Koç, Feyza Elmas, Emine Varhan. Drying of Fig with Microwave and Hot Air Assisted Foam- Mat Drying Method. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(2): 291-300, (2019).

Ulas, Baysan, Feyza Elmas, Mehmet Koç. The effect of spray drying conditions on physicochemical properties of encapsulated propolis powder. *Journal of Food Processing Engineering*. 42: e13024 (2019).

Emine Varhan, Feyza Elmas, Mehmet Koç. Foam mat drying of fig fruit: Optimization of foam composition and physicochemical properties of fig powder. *Journal of Food Process Engineering*. 42: e13022 (2019).

Mehmet Koç, Feyza Elmas. Interaction of Pectin with Food Components. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 7(9): 1360-1366, (2019).

Mehmet Koç, Feyza Elmas, Ulaş Baysan, Hilal Şahin Nadeem, Figen Kaymak Ertekin. Spray Drying for Production of Food Colors from Natural Sources. In book: Handbook on Spray Drying Applications for Food Industries, Publisher: CRC Press (2019).

Feyza Elma, Anıl Bodruk, Özgün Köprüalan, Şeyma Arıkaya, Nurcan Koca, Fatma Meltem Serdaroğlu, Figen Kaymak-Ertekin, Mehmet Koç. Drying kinetics behavior of turkey breast meat in different drying methods. J Food Process Eng. 2020; e13487 (2020).

8. Gıda Mühendisliği Öğrenci Kongresi-KARAMAN (Poster Sunumu) 2017 (Ultrases Destekli Ekstraksiyon Yöntemi ile Kırmızı Pancardan Renk Maddesi Eldesi)

1st International Conference on Advanced Production and Processing, ICAPP, SERBIA (Sözlü Sunum) 2019 (Effects of Different Marination Process on Drying of Turkey Breast Meat)

İLETİŞİM

E-Posta Adresi : feyza.elmas35@gmail.com

Tarih : 07/08/2020