



T.C.

EGE ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

**PUF KURUTMA YÖNTEMİ İLE PROTEİN İÇERİĞİ
YÜKSEK ATIŞTIRMALIK ET (DANA NUARI)
ÜRETİMİ: UYGUN ÖN İŞLEM KOŞULLARININ
BELİRLENMESİ, PUF KURUTMA İŞLEM
KOŞULLARININ OPTİMİZASYONU**

Yüksek Lisans Tezi

Anıl BODRUK

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

İZMİR

2020

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**PUF KURUTMA YÖNTEMİ İLE PROTEİN
İÇERİĞİ YÜKSEK ATIŞTIRMALIK ET (DANA
NUARI) ÜRETİMİ: UYGUN ÖN İŞLEM
KOŞULLARININ BELİRLENMESİ, PUF
KURUTMA İŞLEM KOŞULLARININ
OPTİMİZASYONU**

Anıl BODRUK

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Figen ERTEKİN

**Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Gıda Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

İZMİR

2020

Anıl BODRUK tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “Puf Kurutma Yöntemi İle Protein İçeriği Yüksek Atıştırmalık Et (Dana Nuarı) Üretimi: Uygun Ön İşlem Koşullarının Belirlenmesi, Puf Kurutma İşlem Koşullarının Optimizasyonu" başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 16/01/2020 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı :Prof. Dr. Figen ERTEKİN

Üye : Prof. Dr. Fatma Meltem SERDAROĞLU

Üye : Dr. Öğr. Üyesi İsmail EREN

İmza

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği' nin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum " Puf Kurutma Yöntemi ile Protein İçeriği Yüksek Atıştırmalık Et (Dana Nuarı) Üretimi: Uygun Ön İşlem Koşullarının Belirlenmesi, Puf Kurutma İşlem Koşullarının Optimizasyonu“ başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

16/01/2020

İmzası

Adı-Soyadı

Anil BODRUK

ÖZET**PUF KURUTMA YÖNTEMİ İLE PROTEİN İÇERİĞİ YÜKSEK
ATIŞTIRMALIK ET (DANA NUARI) ÜRETİMİ: UYGUN ÖN
İŞLEM KOŞULLARININ BELİRLENMESİ, PUF KURUTMA
İŞLEM KOŞULLARININ OPTİMİZASYONU**

Bodruk, Anıl

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Figen ERTEKİN

159 sayfa

Bu tez kapsamında çoğu kırmızı ete göre daha düşük yağ içeriğine sahip olan dana nuarı, dokusunun gevşetilmesi, kurutma işleminin kolaylaştırılması ve izoelektrik pH' dan (5.4) mikrobiyal anlamda daha güvenli pH değerlerine indirilmesiamacıyla marine edilmiştir. Marine dana nuar etlerine dondurarak kurutma, mikrodalga ile kurutma ve sıcak hava ile kurutma (tepsili kurutucuda) yöntemleri kullanılarak ön kurutma işlemi gerçekleştirilmiş ve örnekler puf kurutma öncesi sahip olması gereken nem içeriklerine indirilmiştir. Sonrasında puf kurutma yöntemi ile dana nuar etlerinin yüksek proteinli atıştırmalık ürün formuna dönüştürülmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca puf kurutma işlem koşulları olan şişirme sıcaklığı, şişirme süresi ve vakum sıcaklığı bağımsız değişkenlerinin Box-Behnken deneme desenine göre optimizasyonu Design Expert paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Puf kurutma işlem koşullarının optimizasyonu öncesinde sabit puf kurutma koşullarında üretilen dana nuar eti örnekleri için en uygun ön kurutma yöntemi, işlem koşulları ve ön kurutulmuş ürün nem içeriği belirlenmiştir. Optimizasyon çalışması öncesinde sabit puf kurutma koşulunda üretilen et atıştırmalıkları içerisinde en uygun yöntem ve uygun nem içeriği koşulunun belirlenmesi için örneklerde protein

içeriği, yağ, nem ve tuz içeriği ile yağ oksidasyonu derecesi (TBARS değeri), pH değeri, aw değeri, renk değerleri (L^* , a^* ve b^*), % rehidrasyon oranı, % genişleme oranı, % ağırlık kaybı, yığın yoğunluğu, makro (tarama yöntemi) ve mikro yapıları (mikro-CT) ile duyuşal özellikleri belirlenmiş ve dokusal özellikleri (sertlik, gevreklik) ölçülmüştür.

Ön kurutma denemeleri sonucunda dondurarak kurutma yönteminin örneğın dokusu, sertliğı, mikro yapısı, düşük su aktivitesi değeri ve duyuşal kriterlere göre en uygun yöntem olduğı belirlenmiştir. Dondurarak kurutma yöntemi ile 0.1 mbar basınçta % 30.0 ± 2.0 (yaş temel) nem içeriğine kadar ön kurutma uygulanan örneğın en uygun nem içeriğı ve kurutma yöntemi koşuluna sahip olduğı belirlenmiş ve optimizasyon çalışmaları için bu ön kurutma koşulu kullanılmıştır.

Uygun ön kurutma yöntemi, nem içeriğı ve koşulları belirlendikten sonra Box-Behnken deneme dizaynına göre bağımsız puf kurutma işlem koşulları olan şişirme sıcaklığı 100-125°C, şişirme süresi 10-20 dakika ve vakum sıcaklığı 70-90°C aralığındaki değerlerde optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Puf kurutma bağımsız işlem koşulları, atıştırmalık dana nuar etlerinin minimum su aktivitesi (aw) değeri (hedef 0.2), maksimum genişleme oranı, ve maksimum duyuşal gevreklik değerleri hedef alınarak optimize edilmiştir. Box Behnken deneme dizaynına göre gerçekleştirilen 17 deneme sonucunda optimum puf kurutma işlem koşullarının; şişirme sıcaklığı 117.68°C, şişirilme süresi 13.6 dakika ve vakum sıcaklığı 90°C olduğı belirlenmiştir. Belirlenen optimum işlem koşullarında 5 farklı doğrulama denemesi gerçekleştirilmiş ve modelden elde edilen koşullar deneysel olarak doğrulanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Dana Nuarı, Dondurarak Kurutma, Sıcak Hava ile Kurutma, Mikrodalga ile Kurutma, Puf Kurutma, Et Atıştırmalığı

ABSTRACT**PRODUCTION OF MEAT SNACK (ROUND BEEF) HAVING HIGH
PROTEIN CONTENT BY EXPLOSION-PUFF DRYING:
DETERMINATION OF OPTIMUM PRETREATMENT CONDITIONS,
OPTIMIZATION OF PUFF DRYING PROCESS CONDITIONS**

Bodruk, Anıl

MSc in Food Eng.

Supervisor: Prof. Dr. Figen ERTEKİN

159 Pages

Inscope of this thesis, round beef meat which has a lower fat content than most red raw meat, was marinated in order to unloose its texture, to facilitate drying process and to reduce pH for safe limits of its microbial issue. Marinated round beef meats were pre-dried using freeze drying, microwave drying and hot air drying (in tray dryer) methods and the moisture content of samples was reduced to the desired levels before puffing drying. Then, puff drying method was applied to convert the sample into the high protein snack food product. In addition, optimization of the puff-drying process conditions as puffing temperature, puffing time and vacuum temperature was carried out according to Box-Behnken design using the Design Expert package program. Optimum pre-drying method, process conditions and pre-dried product moisture content were determined for round beef samples produced under constant puffing drying conditions before the optimization of the puff drying process conditions. To determine the proper pre-drying method and suitable moisture content condition among the meat snacks produced under constant puffing drying conditions before the optimization study, protein content, fat, moisture and salt content and fat oxidation degree (TBARS value), pH value, water activity value, color values (L *, a * and b *), rehydration rate %, expansion rate % , weight loss %, bulk density, macro (scanning method) and microstructures (micro-CT) and sensory properties were determined and textural properties (hardness, crispness) were measured.

As a result of pre-drying experiments, freeze drying method was found to be the most suitable method according to the texture, hardness and microstructure values lower water activity value and good sensory criterias. The sample having the most suitable moisture content and the drying method and the drying conditions were determined as freeze-drying method with 0.1 mbar vacuum pressure condition and 30.0 ± 2.0 (wb) % moisture content and this pre-drying method and conditions were used during the optimization experiments.

After determining the appropriate pre-drying method, moisture content and conditions, optimization studies were carried out according to Box-Behnken design in the range of independent puff drying process parameters; puffing temperature of 100-125°C, puffing time of 10-20 minutes and vacuum temperature of 70-90°C. The puff drying process conditions were optimized targeting the lowest water activity value (targeted was 0.2), maximum expansion rate and maximum sensorial crispness of the round beef snacks. As results of 17 experiments which were carried out with Box behnken design, optimum puffing drying process conditions; the puffing temperature of 117.68° C, the puffing time of 13.6 minutes and the vacuum temperature of 90°C were determined. 5 different validation experiments were performed under the determined optimum processing conditions and the results obtained from the model were experimentally verified.

Keywords: Round-beef meat, freeze drying, hot-air drying, microwave drying, puffing drying, meat snack

ÖNSÖZ

'Puf Kurutma Yöntemi İle Protein İçeriği Yüksek Atıştırmalık Et (Dana Nuarı) Üretimi: Uygun Ön İşlem Koşullarının Belirlenmesi, Puf Kurutma İşlem Koşullarının Optimizasyonu' başlıklı bu tez çalışması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında dana nuar etinin atıştırmalık ürün formunda eldesi amacıyla farklı ön kurutma işlemleri ve puf kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ön kurutma işlemi öncesinde örneklerin dokusunun gevşetilmesi, güvenli pH değerlerine düşülerek izoelektrik pH' dan uzaklaşmak amacıyla marinyasyon işlemi uygulanmıştır. Sonrasında örnekler üç farklı ön kurutma yöntemi ile belirlenen üç farklı nem içeriği değerlerine indirilmesinin ardından dana nuarı için puf kurutma işlemi öncesi en uygun ön kurutma yöntemi ve sahip olması gereken nem içeriği değerlerinin belirlenmesi amacıyla sabit koşullarda puf kurutma işlemi uygulanmıştır. Yapılan ön kurutma çalışması sonucunda dondurarak ön kurutma yönteminin örnekler için en uygun fiziksel, duyu ve dokusal özellikleri sağladığı sonucuna varılmıştır. 0.1 mbar vakum basıncında, % 30 nem içeriği değerine indirilen örneklerin en uygun koşul ve nem içeriğine sahip örnekler olduğu da bulgulanmıştır. Sonrasında, bu tez kapsamında puf kurutma işlem koşulları olan şişirilme sıcaklığı, şişirilme süresi ve vakum kurutma sıcaklığı işlem koşullarının optimizasyonu da gerçekleştirilmiştir. Yanıt olarak belirlenen su aktivitesi (aw) değeri (0.2 hedef değeri), maksimum genişleme oranı ve maksimum duyu gevreklik değerlerine göre 117.68°C şişirme sıcaklığı, 13.6 dak şişirme süresi ve 90 °C vakum sıcaklığı koşullarının optimum üretim koşulları olduğu belirlenmiştir.

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.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	xxiv
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR ÖZETİ	4
2.1 Dana Nuar Eti	4
2.2 Atıştırmalık Gıdalar ve Üretim Yöntemleri	4
2.2.1 Atıştırmalık Üretim Yöntemleri	5
2.2.1.1 Marinasyon, önemi ve uygulama yöntemleri	7
Daldırma	8
Tamburlama	8
Enjeksiyon	8
Masajlama.....	9
2.2.1.2 Kurutma ve kurutma yöntemleri.....	9
Sıcak hava ile kurutma.....	10
Mikrodalga ile kurutma	10
Dondurarak kurutma	11
Puf kurutma ve puf kurutma üzerine yapılan çalışmalar	11
2.2.2 Et Atıştırmalıkları.....	19
2.2.2.1 Dünya' da Üretilen Et Atıştırmalık Türleri	20
Biltong	20
Charqui	21
Kaddid.....	21
Jerky.....	22
Pastırma	22
2.2.2.2 Et Atıştırmalıkları Üzerine Yapılan Çalışmalar	22
2.3 Yanıt Yüzey Yöntemi	29
2.3.1 Box-Behnken.....	31
2.3.2 Optimizasyon	32

İÇİNDEKİLER (Devamı)

	<u>Sayfa</u>
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	34
3.1 Materyal.....	34
3.2 Yöntem	34
3.2.1 Deneme Planı.....	34
3.2.2 Örnek Hazırlama	35
3.2.3 Ön Kurutma Denemeleri ve Kuruma Eğrilerinin Çıkarılması	36
3.2.3.1 Ön kurutma işlemleri için kuruma eğrilerinin çıkarılması.....	36
3.2.3.2 Sıcak hava ile kurutma.....	37
3.2.3.3 Dondurarak kurutma	38
3.2.3.4 Mikrodalga kurutma.....	38
3.2.4 Patlatmalı Puf Kurutma Sistemi ile Uygun Ön Kurutma İşleminin Seçilmesi.....	39
3.2.5 Puf Kurutma İşlem Koşullarının Optimizasyonu	41
3.2.6 Analiz Yöntemleri	43
3.2.6.1 Bileşim Analizleri	44
3.2.6.2 Su Aktivitesi (aw değeri)	45
3.2.6.3 Renk Değerleri	45
3.2.6.4 Yığın Yoğunluğu.....	45
3.2.6.5 Genişleme Oranı	45
3.2.6.6 Ağırlık Kaybı	46
3.2.6.7 Rehidrasyon Oranı	46
3.2.6.8 Doku Analizi.....	46
3.2.6.9 Makro ve Mikro Yapının Belirlenmesi	47
3.2.6.10 Oksidasyon derecesi (TBARS değeri)	47
3.2.6.11 Duyusal Değerlendirme	47
3.2.6.12 Mikrobiyolojik Analiz.....	48
3.2.6.13 İstatistiksel Analiz.....	48
3.2.6.14 Optimizasyon (Box-Behnken)	49
4.BULGULAR VE TARTIŞMA	50
4.1 Taze Dana Nuar Eti Bileşimi.....	50
4.2 Marinasyon Sonrası Et Bileşimi.....	51

İÇİNDEKİLER (Devamı)

Sayfa

4.3 Dana Nuar Eti için Ön Kurutma Eğrilerinin ve Kuruma Sürelerinin Belirlenmesi	53
4.4 Ön Kurutma Denemeleri	57
4.4.1 Sıcak Hava İle Ön Kurutma + Puf Kurutma	57
4.4.2 Dondurarak Ön Kurutma + Puf Kurutma.....	76
4.4.3 Mikrodalga ile Ön Kurutma + Puf Kurutma	95
4.5 Puf Kurutma İşlem Koşullarının Optimizasyonu	113
4.5.1 Modelin Oluşturulması.....	115
4.5.1.1 aw değerinin modelin yanıtı olarak incelenmesi	118
4.5.1.2 Genişleme oranının model yanıtı olarak incelenmesi.....	120
4.5.1.3 Duyusal doku (gevreklik) değerinin model yanıtı olarak incelenmesi	122
4.5.2 Puf Kurutulmuş Dana Nuar Eti Örnekleri.....	125
4.5.2.1 Nem içeriği, yığın yoğunluğu, ağırlık kaybı ve pH değeri	125
4.5.2.2 Renk değerleri, sertlik, gevreklik ve rehidrayon sonuçları.....	127
4.5.2.3 Protein, tuz, yağ ve TBARS sonuçları.....	132
4.5.2.4 Duyusal değerlendirme.....	134
4.5.2.6 Örneklerin makroyapı görüntüleri	138
4.5.2.7 Mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	139
4.5.3 Optimum Noktanın Belirlenmesi	140
5.SONUÇ.....	145
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	147
TEŞEKKÜR	158
ÖZGEÇMİŞ.....	159
EKLER	160

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 CEPS (Sürekli Patlatmalı Puf Sistemi)	13
2.2 Patlatmalı Puf Kurutucu	14
2.3 Yanıt Yüzey Yöntemi akım şeması	30
2.4 Box-Behnken üç faktörlü deneme planı.....	31
3.1 Dana nuar örneklerinin kurutulması çalışmalarındaki deneme planı şeması..	35
3.2 Puf kurutma cihazının şematik olarak kısımlarının gösterimi	39
3.3 Puf kurutma cihazı	40
3.4 Puf kurutucu kullanıcı ekranı	40
4.1 Sıcak hava ile kurutulan örneklerin zamana bağlı nem içeriği (yaş temelde) değişimi.....	54
4.2 Dondurarak kurutma ile kurutulan örneklerin zamana bağlı nem içeriği (yaş temelde) değişimi	55
4.3 Mikrodalga kurutma ile kurutulan örneklerin zamana bağlı nem içeriği (yaş temelde) değişimi	55
4.4 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin görüntüleri	58
4.5 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin makroyapı görüntüleri	73
4.6 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin mikroyapı görüntüleri	74
4.7 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin görüntüleri ..	76

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

Şekil	Sayfa
4.8 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin makroyapı görüntüleri	92
4.9 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin mikroyapı görüntüleri	92
4.10 Mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin görüntüleri	95
4.11 Mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin makroyapı görüntüleri	110
4.12 Mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin mikroyapı görüntüleri	110
4.13 a_w değeri için model üzerinden tahminlenen değerler ile deneysel değerler	118
4.14 a_w değeri için izohips eğrisi ve yanıt yüzey grafiği; (a) şişirme süresi ve şişirme sıcaklığının etkisi, (b) vakum sıcaklığı ve şişirme sıcaklığının etkisi, (c) şişirme süresi ve vakum sıcaklığının etkisi	119
4.15 Genişleme oranı için model üzerinden tahminlenen değerler ile deneysel değerler	120
4.16 Genişleme oranı için izohips eğrisi ve yanıt yüzey grafiği; (a) şişirme süresi ve şişirme sıcaklığının etkisi, (b) vakum sıcaklığı ve şişirme sıcaklığının etkisi, (c) şişirme süresi ve vakum sıcaklığının etkisi	121
4.17 Duyusal doku (gevreklik) için model üzerinden tahminlenen değerler ile deneysel değerler	123
4.18 Duyusal gevreklik için izohips eğrisi ve yanıt yüzey grafiği; (a) şişirme süresi ve şişirme sıcaklığının etkisi, (b) sistem sıcaklığı ve şişirme sıcaklığının etkisi, (c) şişirme süresi ve sistem sıcaklığının etkisi	124

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)ŞekilSayfa

4.19 Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen örneklerin görüntüleri.. 138

4.20 Optimizasyon çalışmalarında elde edilen örneklerin makroyapı
görüntüleri 139

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Puf kurutma üzerine yapılan çalışmalar	15
2.2 Et atıştırmalıkları üzerine yapılan çalışmalar	23
3.1 Ön kurutulmuş dana nuar eti örnekleri için puf kurutma işlem parametreleri	41
3.2 Dana nuar et örneklerinin puf kurutma koşullarının optimizasyonu süresince izlenen Box- Behnken Deneme Dizaynı	41
3.3 Dana nuar örneklerinde uygulanan analizler	42
4.1 Taze et örneklerine ait bileşimler	48
4.2 Taze dana nuar etine ait ortalama fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	49
4.3 Marine dana nuar eti örnek gruplarına ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	50
4.4 Marine dana nuar eti örnek gruplarına ait ortalama fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları	51
4.5 Farklı ön kurutma ve puf kurutma işlem parametreleri ve süreleri.....	55
4.6 Sıcak hava ile ön kurutma gerçekleştirilen örneklerin ön kurutma ve puf kurutma sonrası fiziksel bileşim sonuçları.....	57
4.7 Sıcak hava ile ön kurutma ve sonrasında puf kurutma sonrası örneklerin ağırlık kaybı, nem içeriği, aw değeri ve pH değeri özelliklerinin istatistiksel analiz sonuçları	59
4.8 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklere ait yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik gevreklik ve rehidrasyon oranı sonuçları.....	60
4.9 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma işlemi uygulanan örneklerin yığın yoğunluğu rehidrasyon oranı, genişleme oranı, sertlik ve gevreklik değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları.....	62
4.10 Sıcak hava ile ön kurutulmuş ve puf kurutma uygulanan örneklerin renk değerleri sonuçları	63

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devamı)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.11 Sıcak hava ile ön kurutulmuş ve puf kurutma uygulanan örneklerin renk değerleri istatistiksel analiz sonuçları.....	64
4.12 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin kimyasal bileşim sonuçları.....	65
4.13 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin kimyasal bileşimleri istatistiksel analiz sonuçları.....	66
4.14 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duysal değerlendirme sonuçları	67
4.15 Sıcak hava ile ön kurutma ve sonra puf kurutma uygulanan örneklerin duysal değerlendirme istatistiksel analiz sonuçları.....	68
4.16 Sıcak hava ile ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanmış örneklerin mikroyapı görüntüleri	74
4.17 Sıcak hava ile ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanan örneklerle ait mikroyapı sonuçlarının çift yönlü ANOVA analizi	75
4.18 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerle ait mikrobiyolojik analiz sonuçları	76
4.19 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin fiziksel bileşim sonuçları.....	78
4.20 Dondurarak ön kurutulmuş ve puf kurutma sonrası örneklerin fiziksel bileşim sonuçlarının istatistiksel analiz sonuçları	79
4.21 Dondurarak ön kurutulmuş ve puf kurutma sonrası örneklerin yığın yoğunluğu, rehidrasyon oranı, genişleme oranı, sertlik ve gevreklik değerleri sonuçları	81
4.22 Dondurarak ön kurutulmuş ve puf kurutma sonrası örneklerin yığın yoğunluğu, rehidrasyon oranı, genişleme oranı, sertlik ve gevreklik değerleri istatistiksel analiz sonuçları	83
4.23 Dondurarak ön kurutulmuş ve puf kurutma uygulanmış örneklerin renk değeri sonuçları (L^* , a^* ve b^*).....	84
4.24 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin renk değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları.....	85

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devamı)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.25 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin kimyasal bileşim sonuçlarının istatistik değerlendirilmesi	87
4.26 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma sonrası ürünlerin kimyasal bileşimleri ve yağ oksidasyonu (TBARS değeri) sonuçları.....	89
4.27 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin duyuusal değerlendirme sonuçları.....	90
4.28 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin duyuusal değerlendirme istatistiksel analiz sonuçları.....	91
4.29 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin mikroyapı sonuçları	93
4.30 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin mikroyapılarının istatistiksel analiz sonuçları	94
4.31 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	94
4.32 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası fiziksel bileşim sonuçları.....	96
4.33 Mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin fiziksel bileşimlerinin istatistiksel analiz sonuçları	97
4.34 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik, rehidrasyon oranı ve gevreklik sonuçları.....	99
4.35 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik, rehidrasyon oranı ve gevreklik değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları.....	101
4.36 Mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin renk değerleri (L^* , a^* , b^*).....	102
4.37 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin renk değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları	103

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devamı)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.38 Mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerle ait kimyasal bileşim ve TBARS değeri sonuçları.....	105
4.39 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin kimyasal bileşimlerinin istatistiksel analiz sonuçları	107
4.40 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin duyuusal değerlendirme sonuçları.....	108
4.41 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin duyuusal değerlendirme istatistiksel analiz sonuçları	109
4.42 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin mikroyapı sonuçları	111
4.43 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerle ait mikroyapıların istatistiksel analiz sonuçları	112
4.44 Mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin mikrobiyolojik analiz sonuçları	112
4.45 Dondurarak ön kurutulmuş örneklerle ait ortalama sonuçlar	114
4.46 Box-Behnken Dizayn'da deneme planı izlenmesi ile elde edilen deneysel sonuçlar	114
4.47 Her bir yanıt üzerine quadratik ve interaksiyon terimlerinin ayrı ayrı olarak etkisini gösteren ANOVA tablosu	116
4.48 Modelin uygunluğunun test edilmesi için kullanılan istatistikler	117
4.49 Puf kurutulmuş dana nuar eti örneklerinin ortalama nem içeriği (%), ağırlık kaybı (%), yığın yoğunluğu ve pH değerleri	125
4.50 Nem içeriği, yığın yoğunluğu, ağırlık kaybı ve pH değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu	127
4.51 Puf kurutulmuş örneklerin renk değerleri, sertlik değerleri ve rehidrasyon oranı	128

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devamı)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.52 Puf kurutulmuş örneklerin renk, sertlik değerleri ve rehidrasyon oranı sonuçları üzerinde seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu	131
4.53 Puf kurutulmuş örneklerin % protein içeriği, % tuz içeriği, % yağ içeriği ve TBARS değeri sonuçları	132
4.54 Puf kurutulmuş örneklerin % protein içeriği, % tuz içeriği % yağ içeriği ve TBARS değerleri sonuçları ANOVA tablosu	133
4.55 Duyusal özelliklerin ortalama değer sonuçları	135
4.56 Duyusal özellik değerleri üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu	137
4.57 Puf kurutma işlem koşulları optimizasyonunda en düşük şişirme sıcaklığı şişirme süresi ve vakum sıcaklığına sahip örneğin mikrobiyolojik analiz sonuçları	140
4.58 Desirability fonksiyonu yaklaşımı ile belirlenen optimum noktalar	141
4.59 Optimum nokta doğrulama denemeleri sonuçları	142
4.60 Optimum noktada ortalama deneysel değerlerin modelden tahminlenen değerler ile karşılaştırılması	142
4.61 Optimum noktada yapılan 5 doğrulama denemesine ait ortalama analiz sonuçları	143
4.62 Optimum noktada yapılan 5 doğrulama denemesinin duyusal özellik sonuçları	144

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

Açıklama

a	Hunter yeşil ve kırmızılık değeri
$Adj-R^2$	Düzeltilmiş regresyon katsayısı
a_w	Su aktivitesi
b	Hunter mavi ve sarı değeri
C.V.	Varyasyon katsayısı
L	Hunter parlaklık değeri
p	Önemlilik derecesi
Mikro-cT	Mikro bilgisayar tomografisi
$Pre-R^2$	Tahminlenmiş regresyon katsayısı
R^2	Regresyon katsayısı
X_1	Mikrodalga Gücü (W)/ Vakum Basıncı (mbar)/ Sıcaklık (°C)
X_2	Hedeflenen Nem içeriği
A	Şişirme sıcaklığı (°C)
B	Şişirme süresi (dak)
C	Vakum sıcaklığı (°C)
x_i	Bağımsız değişken boyutsuz sayısı
β	Regresyon katsayıları
M_r	Rehidre örneğin kütlesi

SİMGELER ve KISALTMALAR (Devamı)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
M_0	Rehidrasyon öncesi örnek kütlesi
V1	Aynı ağırlıktaki puf kurutma öncesi ön kurutulmuş örnek hacmi veya taze örnek hacmi
V2	Aynı ağırlıktaki puf kurutma sonrası örnek hacmi veya ön kurutulmuş örnek hacmi

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
ALPE	Alüminyum kaplı polietilen
ANOVA	Varyans analizi
PRESS	Tahminlenmiş kalıntı hata kareler toplamı
RR	Rehidrasyon oranı
SD	Serbestlik derecesi
SPSS	İstatistik paket programı
TBARS	Tiyobarbitürik Asit Reaktif Substance

1.GİRİŞ

Tarih boyunca insanların temel besin kaynakları değişim gösterse de et, insanlığın en temel kaynaklarından birisi olmuştur. İnsan gıdası olarak et; sığır, koyun, keçi, domuz, kümes hayvanları, su ürünleri ve çeşitli av hayvanlarının iskelet kası ve iç organlarından kesim, parçalama ve işleme sonucu elde edilen bir üründür. Et sığır, koyun, keçi, manda gibi kasaplık hayvanların çizgili kaslarıdır (Deniz, 2009). Hayvansal gıdaların dengeli beslenme için önemli bir kaynak olmasında biyoerişebilirliği yüksek olan proteinlerin, vitaminlerin ve minerallerin etin bileşiminde yer alması ve besleyici özelliği ile sağlık üzerine etkisinin bulunması da etkindir (Doğu ve Sarıçoban, 2015a; Cesur, 2009). Ayrıca et; demir, selenyum, A ve B12 vitaminleri ile folik asit bakımından oldukça zengin bir kaynaktır. Bitkisel kaynaklarla kıyaslandığında bu bileşenler ya çok az miktarlarda bulunmakta ya da biyoyararlılıkları düşük olmaktadır (Ekici ve Ercoşkun, 2007).

Gıdaların ana yapıtaşlarından birisi de proteinlerdir. Bu kimyasal bileşenlerin yapıcı, onarıcı ve kas gelişimini sağlayıcı temel özellikleri yanı sıra yaşamın temeli olan DNA' nın yapısına da katıldıkları da bilinmektedir. Protein insan beslenmesi açısından önemli bir yere sahiptir. Uygun bir beslenme için kullanılan proteinler yüksek kalitede olmalıdır. Hayvansal kaynaklı proteinlerin sindirilebilir zorunlu aminoasit değerlerinin bitkisel kaynaklı proteinlere göre daha yüksek olduğu bilinmektedir. Hayvansal kaynaklı proteinlerin diyetle tüketiminin bitkisel kaynaklardan sağlanan proteinlerle olan diyetlere oranla daha az kalori alımını sağlaması sebebiyle, sıklıkla tüketilmesi önerilmektedir (Wolfe, 2015).

Etin su aktivitesi ve nem değeri oldukça yüksektir (Temelli, 2011). Bu değerler, çoğu patojen mikroorganizmanın üreme aralığı ve enzimlerin de genelde çalıştıkları aralıklar olması sebebiyle et, işlenmeden tüketilememektedir. Taze etin saklanması yaygın olarak soğukta depolama veya dondurarak depolama işlemi kullanılmaktadır. Soğutarak etleri depolamak buzdolabı sıcaklıklarında (-2 ile + 4° C arasında) gerçekleştirilmekte olup, depolama süresi bu durumda kısa olmaktadır. Etin hijyenik şartlarda kesilmiş olması ve soğuk zincirle depolamaya alınmış olması da bozulma ve mikrobiyolojik tehditlerin etkisini belli oranda kısıtlamaktadır. Dondurma işlemi, etin uzun süre depolanmasına olanak

sağlamaktadır. Ancak, dondurulma sırasında ette bulunabilecek mikroorganizmalar kısmen de olsa canlı kalabilmekte ve et oda sıcaklığına alındığında risk oluşturabilmektedir (Atlan ve İşleyici, 2012). Etin uzun süre bileşimini koruyup, bu sürede mikrobiyal ve enzimatik faaliyetleri minimuma indirecek en etkin yöntemlerden birisi kurutmadır. Kurutma etin işlenmesinde uzun yıllardan beri yaygın ve aynı zamanda geleneksel olarak da kullanılan bir yöntemdir (Engez ve Ergönül, 2009). Kurutmada çoğu ürün için genellikle geleneksel olarak güneş altında veya gölgede kurutma gerçekleştirilirken, bu yöntemlerin fiziksel ve mikrobiyal temelli çeşitli olumsuzlukları sebebi ile güncel kurutma metotları uygulanmaktadır. Etin işlenmesinde sıcak hava ile kurutma yöntemi yaygın olarak kullanılmakla birlikte, özellikle mikrodalga ve dondurarak kurutma gibi güncel kurutma yöntemlerine de literatürde rastlanmaktadır (Doğu ve Sarıçoban, 2015b). Bu yöntemlere ek olarak etin kurutulması ve atıştırmalık üretiminde kullanımı çok nadir de olsa ekstrüzyon da önemli bir işleme yöntemi olarak göze çarpmaktadır. Ancak, ekstrüzyon yönteminde örneğin hamur formunda işlenmesi gerektiğinden taze etten direkt olarak atıştırmalık bir ürün üretimi mevcut olmamakta, bu durumda ürün formülasyonu geliştirilmesi ve işleme süreci ile ilgili problemler oluşturmaktadır. Bahsedilen yöntemlere alternatif olarak ise patlatmalı puf kurutma yöntemi göze çarpmaktadır. Patlatmalı puf kurutma yöntemi; kurutma ve basınç farkları ile ürünleri tekstürize etme temeline dayanan bir yöntemdir (Kozempel et al. 1989). Örneğin direkt olarak işlenebilmesi nedeniyle, ısı zararı yüksek olan gıdalar ve bileşenler açısından bu yöntemin atıştırmalık alanında kullanımına dair çalışmalar giderek önem kazanmaktadır. Patlatmalı puf kurutma yönteminde kısa sürede uygulanan basınç ve sıcaklık ile örneklerin dokusal yapısında boşluklar oluştuğu ve sonrasında vakum altında kurutma ile örneklerin duysal ve genel kalitesinin dondurarak kurutma ile oldukça benzer olduğu bildirilmektedir. Son yıllarda daha çok üründe uygulama alanı bulan bu yöntemle (Bi et al. 2015; Lee and Lee, 2009), bugüne kadar çoğunlukla meyve ve sebzelerden atıştırmalık eldesi yapılmaktadır. Bu ürünler, geleneksel yöntemle üretilenlerden daha iyi kalitede atıştırmalıklar olarak belirtilmektedir. Ancak, hayvansal ürünler ve özellikle etin atıştırmalık potansiyeli düşünüldüğünde ise, önemli bir protein kaynağı olan ve çoğunlukla ana öğünlerde yer alan bu ürünün atıştırmalık olarak ara öğünlerde tüketilmesi nadiren geleneksel çalışmalar ile gerçekleştirilmektedir. Puf kurutma yöntemi taze veya

marine etten protein içeriği yüksek ve dokusal yönden geliştirilmiş bir atıştırmalık üretimi bulunmamaktadır. Bu tez kapsamında, etin protein içeriği yüksek, dokusal niteliği geliştirilmiş atıştırmalık haline dönüştürölmesi ve bu kapsamda farklı ön kurutma işlemlerinin kaliteye etkisi, optimizasyonu ve puf kurutma ile elde edilecek ürünün optimizasyonunun sağlanması amaçlanmıştır.



2.LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Dana Nuar Eti

Nuar, büyükbaş hayvanların but kısmında diz eklemine iç kısmından kalça eklemine doğru uzayan kemiksiz kastır. Latince ismi *Semitendinosus*' tur. Hayvanın bu bölgesindeki yüksek fiziksel aktivite nedeniyle kasın yağ oranı oldukça düşüktür. Etin genel özelliği olan yüksek protein, vitamin ve mineral içeriği bu kas grubunda da benzer şekilde yer almaktadır. Ülkemizde ve Dünya' da yaygın olarak tüketilen et, dana etidir. Bu sebeple en yaygın kullanılan nuar kası dana etine ait olmaktadır. Literatürdeki bazı veriler baz alındığında taze dana nuar etinin demir (Fe^{+}) içeriğinin yaklaşık 20 mg/100 g, Çinko (Zn^{+2}) mineral içeriğinin yaklaşık 4 mg/100 g olduğu bildirilmekte olup, yağ içeriğinin ise çoğunlukla % 1' in altında olup, dana etinin çeşitli bölgelerinden daha az yağlı olduğu ifade edilmektedir (Özlü, 2009; Prasetyo et al. 2008). Dana nuar kasının da hayvanın diğer bölgelerinde olduğu gibi oldukça yüksek besleyici içeriğe sahip olması ve yağ içeriğinin düşük olması sebebi göz önüne alındığında kuru madde cinsinden ilgili kas grubunun nispeten daha yüksek besleyici içeriğe sahip olacağı öngörülebilmektedir. Nuar etinin çeşitli bilimsel çalışmalarda, özellikle ısı ve kütle transferini temel alan; ısıtma, kurutma, dondurma gibi işlemlerde kullanılmasının bir diğer amacı ise,nuar kasının tüm doku boyunca kimyasal kompozisyonun homojenliği ile bu kasın oldukça geniş ve aynı doğrultuda yönelmiş benzer lif içeriği ile tekdüze kas hücrelerine sahip olmasıdır (İşleroğlu and Ertekin, 2016; İşleroğlu, 2015; Isleroglu et al. 2015; Basaran-Akgul et al. 2008).

2.2 Atıştırmalık Gıdalar ve Üretim Yöntemleri

Bireylerin hızlı ve tüketime hazır olan gıdaya olan talepleri çalışan sayısına paralel olarak artış göstermektedir. Yoğun çalışma temposundaki bireylerde öğün atlama veya öğünler arasında süre uzaması görülmektedir. Bu durum çoğu kişinin hazır ve hızlı tüketilecek atıştırmalık ürünlere yönelmesine sebep olmaktadır (Ertop vd. 2016; Özbek, 2013). Gelişen teknoloji ile birlikte ise bu tarz atıştırmalıkların çeşitliliği de artmaktadır. Hazır gıdalar arasında yer alan çerez

tipi ürünler ise geniş anlamda atıştırmalık tüm ürünleri kapsamaktadır. Hemen tüketime hazır, uzun raf ömrüne sahip, kolay taşınabilen cipsler, bisküviler, kuruyemişler, krakerler vb. atıştırmalık ürünler, çerez tipi gıda olarak isimlendirilmektedir. Atıştırmalıklar, öğünler arasında tüketilen gıdalar olarak tanımlanmakla birlikte, hızlı ve kolay ulaşılır olmaları ve her yerel bölgede uygun olarak üretilibilmeleri sebebiyle popüler olmuşlardır. Atıştırmalık kavramı, sadece akla ilk gelen; cips, bisküvi, kuruyemiş, kraker vb gibi ürünleri değil, çok daha farklı ve yerel ürün gruplarını da kapsamaktadır (Fellows and Hampton, 1992).

2.2.1 Atıştırmalık Üretim Yöntemleri

Atıştırmalık ürünlerin üretiminde çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Genellikle ısı kaynağı temelli yöntemler kullanılsa da günümüzde bu yöntemler sıcaklıkla birlikte yağ veya basıncın kullanıldığı yöntemler olarak özetlenebilir. Isıl kaynak ile işleme olarak gıdaların fırında pişirilmesi, ısı ile ürünlerin kavrulması ve genellikle kurutma ile atıştırmalık haline dönüştürülmesi ve ısı ile belli oranda yağ içerisinde ürünlerin kızartılmasına ek olarak son yıllarda basınç ile ısıнын birlikte kullanıldığı ekstrüzyon teknolojisi ile atıştırmalık üretimleri gerçekleştirilmektedir. Atıştırmalıklar genellikle doymuş yağ içeriği yüksek veya şekerli olan ürünler olarak bilinse de bireylerin sağlıklı ara öğünlere olan talebi doğrultusunda üretilen atıştırmalıklar da mevcuttur. Kızartma, gıdaların çoğunlukla 150-200 °C sıcaklıktaki yenilebilir yağa daldırılması sonucu gıdanın, renk, doku ve lezzetini geliştirmeye yönelik uygulanan bir pişirme yöntemidir. Atıştırmalık gıdaların belli bir kısmı, derin yağda kızartılmış gıdalardan oluşmaktadır. Bu ürünlerde düşük yağ içeriği ve dokusal nitelik arzu edilen kalite özellikleridir. Ancak, kızartma işlemi uygulanmış gıdaların tüketimi vücuda dışarıdan alınan yağ miktarına önemli katkıda bulunur (Büyüksaraç, 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 atıştırmalık üretiminde kullanılması açısından sorunlar oluşturmaktadır (Sevindirici vd. 2018). Kızartma yöntemi geçmişten günümüze çok popüler bir atıştırmalık üretim yöntemi olarak lezzetli atıştırmalıkların

üretimini sağlasa da yağ içeriği yüksek, besleyici değeri düşük atıştırmalık eldesine sebep olmaktadır (Özbek, 2013).

Atıştırmalık üretiminde bahsedilen yaygın yöntemler dışında özellikle meyve ve sebzelerden atıştırmalık üretiminde kullanılan bir diğer yöntem ise kurutmadır. Kurutma gıdadan suyun uzaklaştırılarak gıdanın raf ömrünü ve taşınmasını kolaylaştıran etkin bir yöntemdir. Kurutma atıştırmalık üretiminde sadece meyve sebzelerde değil hemen hemen her gıda ürünü için kullanılmaktadır.

Kurutma ifadesi materyalden suyun uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır. Gıdalarda ise geleneksel olarak güneşin kullanılmasıyla gıdadan suyun ortama difüze olması tanımı mevcuttur (Ratti, 2001). Kurutma ile ürünlerin nem içeriği ve su aktivitesi azaltılmaktadır. Böylece gıdalar mikroorganizma ve enzimlerin sebep olduğu biyolojik ve fizikokimyasal etkenlerden uzun süre korunmaktadır. Ayrıca, kurutulmuş gıdaların taşınma ve depolanması da kolaylaşmaktadır. Kurutmada sıcak hava kullanımı yaygın bir metot olsa da bu yöntemle gıdaların kurutulmasında ısısal zararın oluşması araştırmacıları farklı yöntemlere itmiştir ve sıcak havaya alternatif gıdaların vakum altında, basınç uygulaması ile dondurularak veya elektriksel yöntemlerle kurutulması mevcuttur.

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.

Gıdaların atıştırmalık formuna dönüştürülmesi öncesi çeşitli ön işlem uygulamaları bulunmaktadır. Bu uygulamalar örnek özelliklerine ve atıştırmalıkta geliştirilmesi veya korunması istenen özelliğe göre değişiklik göstermektedir. Et ve et ürünlerinden atıştırmalık eldesinde yaygın olarak kullanılan ön işlemlerden birisi marinasyon yöntemidir. Marinasyon, et atıştırmalıkları ve et ürünleri üretiminde etin dokusunu, mikrobiyal yapısını ve lezzetini geliştirmede kullanılan bir yöntemdir. Et atıştırmalıkları veya ürünleri üretiminde kurutma işlemi öncesi

örnek yapısının doku, lezzet ve işlemeye kadarki kalite kayıplarını engelleme açısından bir ön işleme ihtiyaç bulunmaktadır. Bu ön işlemin aynı zamanda sağlıklı bir işleme yöntemi olması tütsüleme ve yoğun tuz kullanımının bu açıdan çeşitli riskler oluşturabileceği öngörülerek, marinasyonun et ürünleri ve atıştırmalıkları üretiminde kullanımı ve uygulama yöntemleri giderek önem kazanmaktadır.

Marinasyon sonrasında etin atıştırmalık formuna getirilmesi ve farklı bir ürüne işlenmesi için ise etin kurutulması gerekmektedir.

2.2.1.1 Marinasyon, önemi ve uygulama yöntemleri

Marine etme işlemi, taze etlerin geçmiş yüzyıllarda korunabilmesi için yaygın olarak kullanılan ve geçmişi 1600'lü yıllara dayanan, ilk olarak balıkların işlenmesi için kullanılmış bir yöntemdir. Marinatlama günümüzde farklı bileşenler ve/veya farklı baharatlar da kullanılarak etin gevreklik, sululuk, su tutma kapasitesi gibi özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Marinasyonda temel amaç etin izoelektrik pH' tan (5.4) uzaklaştırılıp, etin gevrekliğinin ve sululuğunun artırılıp kolay işlenebilmesinin sağlanmasıdır. Marinasyon ile etin su tutma kapasitesinin artırılması da etin pişirilme veya farklı yöntemlerle işlenmesinde hem maliyet hem de tüketici yönünden sulu ve lezzetli bir ürün sağlamaktadır. Bununla birlikte ürünlerin mikrobiyal kalitesinin de artması ve patojenlere karşı direnç konusunda da marinasyonun faydalı bulunduğu bildirilmektedir (Deniz, 2009; Doğu, 2009).

Etlerin marine edilmesinde asidik ve alkali marinatlar kullanılmaktadır. Asidik marinatlar olarak etler şarap, sirke, meyve suları ve organik asitler gibi bileşenlerin içerisinde bekletilmektedir. Doku ve renk iyileşmesi ile pH' nın daha güvenli olduğu aralığa gelmesi asidik marinasyonlarla sağlanabilmektedir. Alkali marinatlar ise tuzlar, laktatlar ve fosfatlar ile gerçekleştirilmektedir. Doku ve sululuk bakımından alkali marinatlar da etin marinasyonuna farklı nitelik kazandırmaktadır. Etin başlangıç pH' sı, tuz oranı ve marinatın içerdiği tuz oranı ile kullanılan bileşenlerin pH' sı bu marinasyon tipi için oldukça önemlidir (Doğu, 2009; Ergezer ve Gökçe, 2004).

Çok eski bir yöntem olan marinasyonda etkinliği artırma amacıyla günümüzde farklı yöntemler geliştirilmektedir. Bunlar; daldırma, enjeksiyon, tamburlama ve masajlama teknikleridir.

Daldırma

Orijinal marinasyon yöntemi olan bu uygulamada örnekler uygun bir daldırma kabına alınıp sosu eklenerek +4° C' ta istenen koşul sağlanana kadar bekletilir. Bu yöntemde marinatin yeterli dağılamaması ve uzun süre gerektirebilmesi söz konusu olmakla birlikte düşük maliyetli olması ve parça etlerde kısmen kısa sürede istenen marinasyon şartlarının sağlanması nedeniyle küçük ölçekli üretimlere uygun görülmektedir. Son yıllarda ambalajlanan ürünlere marinat eklenerek stoklamadan tüketime kadar geçen sürede marinasyonun etkisinin görülmesi amacıyla da bu yöntemin uygulandığı yeni uygulamalar mevcuttur (Doğu, 2009; Ergezer, 2005).

Tamburlama

Tamburlama yönteminde paslanmaz çelik olan tamburların şaşırtma levhaları bulunan kazan içinde kendi eksenleri etrafında dönmesi prensibiyle marinasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Tamburlama boyunca örneklerle çarpma, düşme gibi fiziksel işlemler uygulanarak marinasyonun etkinliği arttırılmaktadır. Tamburlamada kesikli veya sürekli çalışma ile vakum altında çalışabilme sağlanmaktadır. Kazan içerisine istenen miktarda et ve marinat konarak tamburlama işlemi gerçekleştirilir. Üründe istenen nitelik için geleneksel daldırma yönteminde olduğu gibi uzun bir işlem süresine ihtiyaç varsa, bu yöntem tercih edilebilmektedir ve marinatin ürüne nüfuzunun daha fazla olduğu bildirilmektedir. Yatırım maliyetinin yüksek olması yöntemin en büyük dezavantajıdır (Deniz, 2009; Ergezer; 2005).

Enjeksiyon

Bu yöntem özellikle büyük miktarda üretime uygun olmakla birlikte istenen dozda ve istenen kompozisyonda ayarlanan marinatin ürüne hızlı bir şekilde tekli veya

çoklu iğneler ile enjekte edilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Diğer yöntemlerle kıyaslandığında daha verimli ve kısa süreli bir marinasyon sağlamaktadır. Homojen bir marinasyon sağlanması açısından kullanılan bu yöntem, sanayide yaygın olarak tamburlama yöntemi ile kullanılmaktadır. Enjeksiyon yöntemi uygulaması sonrası olası sızıntı kayıpları tamburlama yöntemi ile giderilebilmektedir. İlgili yöntemin dezavantajı olarak da kısmi oranda marinasyon sızıntısı ve su kaybından bahsedilmektedir (Doğu, 2009; Ergezer ve Gökçe, 2004).

Masajlama

Tamburlama yöntemine benzer olan bu yöntemde kazan içerisinde karıştırma işlemi ile et ve marinat kesikli veya sürekli olarak karıştırılabilmektedir. Tamburlama yöntemine benzer avantaj ve dezavantajlara sahip olan bu yöntemde farklı nitelikteki et gruplarının işlenmesi gerçekleştirilebilmektedir ve protein çözünmesi istenen durumlarda kullanılıp etten sızıntı kaybının düşük olarak gerçekleştiği bir marinasyon yöntemi olarak sanayide de kullanılmaktadır (Deniz, 2009).

Bahsedilen marinasyon yöntemleri et ve et ürünleri işleme sürecine kadar mikrobiyal kalitede artış ile lezzet ve doku gelişiminin gözlenmesi amacıyla et ve et ürünlerinin işlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sonrasında ise etkin bir kurutma işlemi ile et, uygun bir atıştırılmalık ürün formuna dönüştürülmektedir.

2.2.1.2 Kurutma ve kurutma yöntemleri

Dünya' da çeşitli materyalleri uzun süreli kullanabilme açısından en yaygın ve eski yöntemlerden biri kurutmadır. Gıda teknolojisi ve üretiminde önemli bir yeri olan kurutma, günümüzde halen yaygın olarak kullanılan bir gıda işleme ve muhafaza yöntemidir (Erbay ve Küçüköner, 2008; Ratti, 2001). Gıdaların kurutulmasında güneşte kurutma ve gölgede kurutma en eski yöntemler olarak kullanılmakla birlikte, bu yöntemlerin özellikle fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik risklere çok açık olması, homojen bir kurutmanın gerçekleşmemesi ve azalan hızdaki kuruma bölgesinde çok yavaş kurumanın

gerçekleşmesi sebebi ile kurutmada çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Gıda endüstrisinde güneş altında kurutmanın bir modifikasyonu gibi geliştirilmiş olan sıcak hava ile kurutma yaygın kullanılan bir yöntemdir (Ratti, 2001).

Sıcak hava ile kurutma

Havanın sirkülasyonu ve sıcaklığının etkisi ile gıda materyalinde suyun uzaklaştırıldığı yöntem olan sıcak hava ile kurutma, gıda sanayisinde oldukça yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin basit tasarımı, yüksek olmayan enerji ihtiyacı ve düşük maliyetli olması sebebiyle kullanımı yaygındır ve hemen her örneğin kurutulmasında kullanılabilir. Ancak, ısıl zararın yüksek olduğu özellikle biyoaktif bileşenler ile çeşitli enzimatik aktiviteler, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, protein denatürasyonu ve renk değişimi gibi ifade edilebilecek kalite kayıpları ve değişiklikleri sebebi ile bu yöntemin kullanımında kısıtlar bulunmaktadır. Her ne kadar bu durum düşük sıcaklık koşullarındaki kurutma işlemlerinde çözülebilecek gibi gözükse de, düşük sıcaklık uygulamalarında da uzun kurutma süreleri ve mikrobiyolojik tehlike unsurları düşünüldüğünde alternatif kurutma yöntemleri gündeme gelmektedir. Bu yöntemlere örnek olarak; mikrodalga ile kurutma, dondurarak kurutma ve puf kurutma gibi güncel yöntemler verilebilir (Erbay ve Küçüköner, 2008).

Mikrodalga ile kurutma

Mikrodalgalar, elektromanyetik spektrumun iyonize etmeyen 300 MHz ile 300 GHz bölgesinde yer almaktadır (Saltiel and Datta, 1999). Materyallerin mikrodalga ile ısıtılmasında iletim ve taşınım gibi dış yüzeyden başlayan ısı transferine ihtiyaç yoktur. Mikrodalga ışınları dielektrik niteliği yüksek olan materyal içerisindeki suda hızlı bir şekilde yayılır ve hacimsel bir ısıtma gerçekleştirerek kurutma işleminin karakteristik özelliklerini değiştirir (Metaxas and Meredith, 1988). Bu sebeple mikrodalga ile kurutma işlemi hızlı ve ısıl zararı düşük olarak ifade edilecek bir kurutma yöntemidir.

Dondurarak kurutma

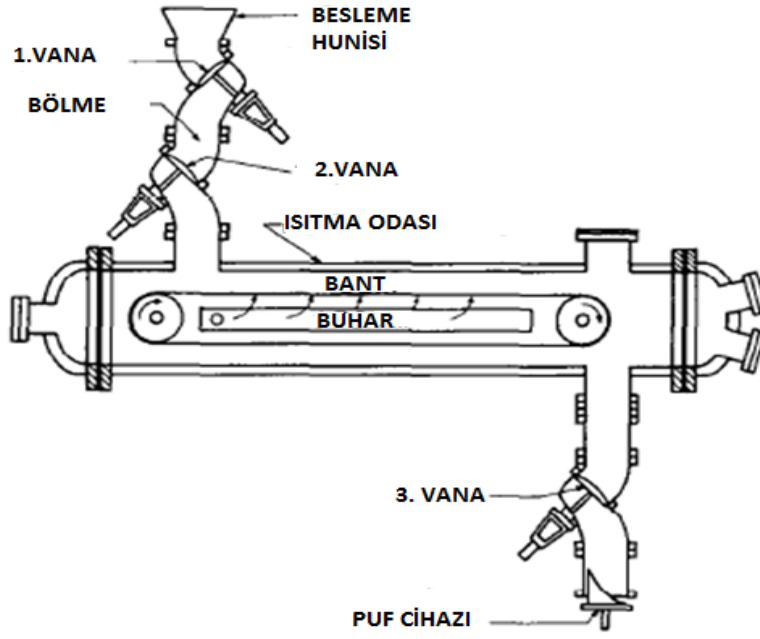
Dondurarak kurutma, kurutulmuş gıda ürünlerinin elde edilmesinde güncel ancak pahalı bir yöntemdir. Tipik bir dondurarak kurutma işlemi üç aşamadan oluşur; dondurma, birincil kurutma ve ikincil kurutma. Dondurarak kurutulacak gıdadan suyun ısıl zarara uğramadan uzaklaştırılmasını sağlamak için materyal öncelikle dondurulur. Su, kurutma aşamalarında süblimasyon ile malzemeden ayrılmaktadır. Bu kurutma aşamasında materyal vakum altında kurutulur ve donmuş olan su uygun basınç ve sıcaklık altında buhar olarak yapıdan ayrılır. Son kurutma aşaması tüm dondurarak kurutma işlemlerinde uygulanmasa da bu aşamada materyalin sıcaklığı oda sıcaklığına yakın koşullarda yine belirli bir vakum altında istenen nem içeriğine getirilmektedir. Literatürde ve sanayide hem iki fazda hem de üç fazda kurutmaya ait çalışma ve üretimler gerçekleştirilmektedir. Sıcaklığın sebep olabileceği fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal değişimlerden uzak olan bu yöntemle ilgili çeşitli çalışmalarda, gıdaların rengi, besleyici değeri ve fonksiyonel bileşenlerinin korunmasında etkin bir yöntem olduğuna dair farklı bulgular mevcuttur. Yöntemin dondurma ve kurutma süresinin toplam süresi ile gerektirdiği enerjinin yüksek olması ve başlangıç yatırım maliyetinin yüksek olması bu yöntemin her alanda kolaylıkla uygulanması konusunda ekonomik bazlı kısıtlar oluşturmaktadır (Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003; Güngör ve Özbalta, 1997).

Puf kurutma ve puf kurutma üzerine yapılan çalışmalar

Geleneksel ve güncel kurutma süreçleri sıcak havanın kullanımını temel alan farklı kurutucu tipleri (tepsili kurutucu, tünel kurutucu, akışkan yatak kurutucu) ile gerçekleştirilmektedir. Sıcak havayla kurutma, geleneksel (güneşte) kurutmaya alternatif olarak üretilmiş olup, mikrobiyal kontaminasyon, süre ve bileşen korunumu açısından geleneksel kurutmaya göre daha elverişlidir. Özellikle meyve ve sebzelerin raf ömrünü arttırarak yeni ürün üretilmesi çalışmalarında da kullanılan bir yöntemdir. İşletme, yatırım ve enerji maliyetleri düşük olan ilgili yöntemin günümüz kurutma teknolojilerine kıyasla, ürün kalite kayıpları ve uzun kurutma süresi gibi çeşitli dezavantajları bulunmaktadır (Lewicki, 2006; Doymaz ve Pala, 2002). Dondurarak kurutma ise birçok materyalin kurutulmasında

kullanılan en nitelikli yöntemlerden birisidir. Ekstrüzyon ve dondurarak kurutma teknolojilerinin dokusal ve duyuşal kazanımlarını sağlayan, sıcak hava ve dondurarak kurutma yöntemlerinde olduğu gibi örneğin doğrudan kullanım avantajını da bir arada içeren alternatif bir kurutma yöntemi ise patlatmalı puf kurutma (explosive-puff drying) dır. Kozempel et al. (1989), tarafından kombine kurutma yöntemi olarak bahsedilen bu yöntemde, 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 daha fazla olduğu belirtilmiştir (Sullivan et al. 1984).

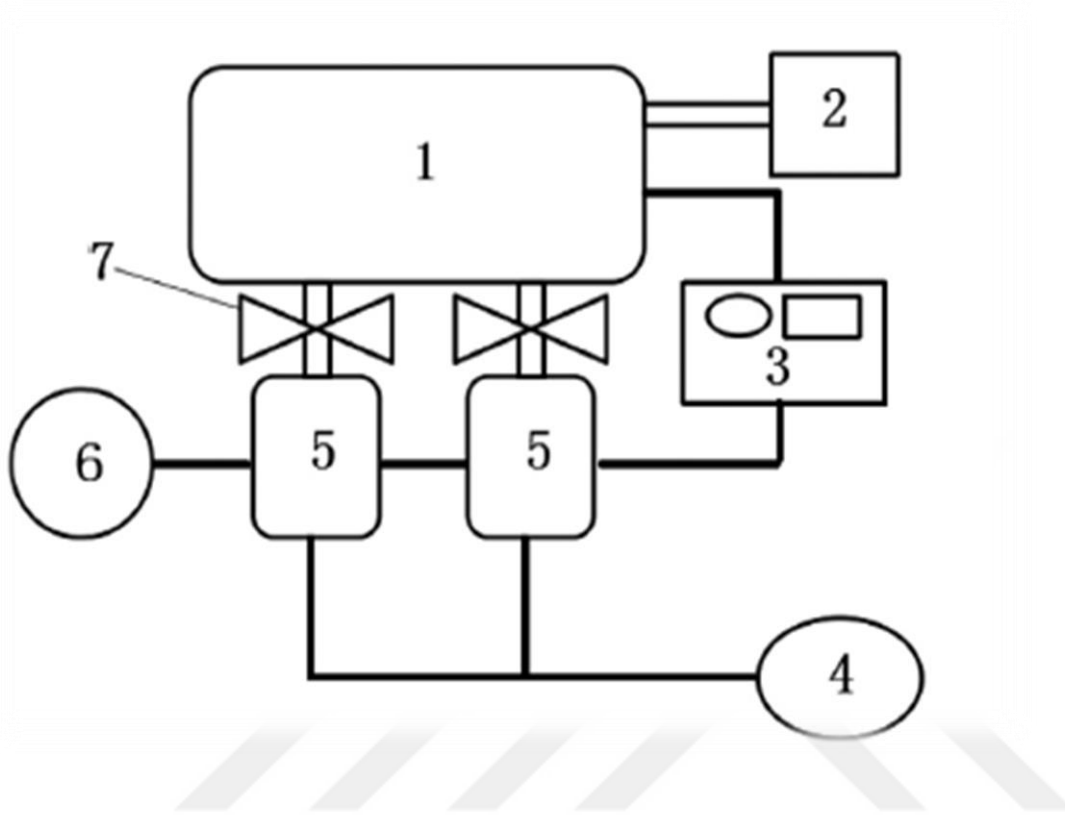
Patlamalı puf kurutma 20. yüzyılın ikinci yarısından sonra ilk kez uygulanmaya başlanmıştır. Patlatmalı puf kurutma sisteminin temel prensibi, yüksek basınç ve doygun veya kızgın buharın etkisiyle ürün dokusunun gevşetilmesi ve üründen suyun atmosferik basınçtan daha düşük basınç altında (vakum altında), olabildiğince fazla ve hızlı bir şekilde uzaklaştırılarak, aynı zamanda bal peteğine benzergözenekli bir yapı elde edilmesidir. Puf işleminin ardından genellikle vakum kurutma yöntemiyle ürünün nem içeriği % 3 veya altındaki nem değerlerine kadar düşürülebilmektedir (Kozempel et al. 1989; Sullivan et al. 1977). 1960'lı yıllarda puf kurutma temelinde dönemin popüler atıştırmalık hammaddesi olan patates üzerine başlayan alternatif cips ve türevi atıştırmalık ürün üretimi çalışmaları, 1970li yıllarda bu ürünün oksidasyonunu ve enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını engelleyebilecek düzeye getirilmiştir (Kozempel et al. 1989). Bu süreçte özellikle ABD'deki Doğu Bölgesi Araştırma Merkezinde araştırmacıların geliştirmiş olduğu sürekli sistem patlatmalı puf sistemi bugün hali hazırda kullanımı bulunan patlamalı puf kurutucuların da temelini oluşturmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 CEPS (sürekli patlatmalı puf sistemi), (Sullivan et al. 1977)

Sürekli patlatmalı puf sisteminde (CEPS) öncelikle sıcak hava kurutma işlemiyle bir ön kurutma yapıp (% 15, 20, 35 nem değerlerine kadar) sonrasında yüksek sıcaklık ve basınç (yaklaşık 100°C ve genellikle 0.1-0.4 MPa aralığında) uygulaması ve ardından tekrar sıcak hava ile kurutma işleminin gerçekleşmesi ile ürünün % 6-7 nem değerine indirilmesi gerçekleştirilmiştir (Sullivan et al. 1977). CEPS sistemi ile başlangıçta patates cipsi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada, dilimlenen patateslerin nem içeriğinin % 20-35 aralığına indirilmesi tepsili kurutucu veya bantlı kurutucu kullanılarak gerçekleştirilmiş ve patlatmalı kurutma ardından uygulanan sıcak hava ile ürünlere son formu verilmiştir. Sonraki yıllarda patlamalı puf kurutma, patatesten sonra havuç ve elmanın tekstürize edilip, atıştırmalık formuna getirilmesi için kullanılmaya başlamıştır. Günümüzde bu işlem öncelikle farklı ön kurutma yöntemleriyle ürün neminin % 20 civarına getirilip, sonrasında yüksek sıcaklık ve basınç etkisiyle kısa sürede puf edilmesi ve sonraki süreçte vakum altında kurutulması şeklinde sürekli bir sistem haline dönüştürülmüştür (Şekil 2.2). Patlatmalı puf kurutmanın, yapılan çalışmalar sonucunda önemli avantajları olduğu bildirilmektedir. Bunlar: tüketici talebini etkileyecek olan rengin ve aromanın çok iyi korunabilmesi, ortam sıcaklığında

depolama stabilitesinin yüksek olması, dokunun geliştirilmiş, taşınma masraflarının minimuma indirilmiş olmasıdır (Sullivan et al. 1982).



Şekil 2.2 Patlatmalı puf kurutucu (1. Vakum odası 2. Vakum pompası 3. Kontrol paneli 4. Hava kompresörü 5. Puf odası 6. Buhar jeneratörü 7. Dekompresyon vanası) (Bi et al. 2015)

Patlamalı puf kurutmanın genellikle tek başına bir kullanım değil de, kombine bir kurutma ve tekstürize etme işlemini kapsaması, geçmiş çalışmalardaki patlatmalı puf kurutma mekanizmasında çeşitli ürünlerin işlenmesi sırasında görülen kalite kayıplarından kaynaklanmaktadır. Yeni sistemlerde bu kalite kayıpları uygun kombine kurutma yöntemleriyle en aza indirilmektedir. Yeni sistemlerdeki çalışmalarda; öncelikle belli bir nem içeriğine kadar farklı yöntemlerle kurutulan ve sonrasında puf edilen ürün için temel puf nokta, ani sıcaklık yükselmesi ve basınç düşüşü etkenleriyle ürünün en az zarar görerek tekstürize edilmesidir. Bu sebeple suyun ani buharlaşması ve gözenekli yapının oluşturulmasıyla ürüne hacim kazandırılması prensibinde geliştirilen yeni sistemler, son yıllarda puf kurutulmuş ürünlerin popülerleşmesine de katkı sağlamaktadır (Chen et al. 2017;

Bi et al. 2015; Zou et al. 2013). Puf kurutma ile yapılan çalışmaların bir kısmı Çizelge 2.1' de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Puf Kurutma Üzerine Yapılan Çalışmalar

Ürün	Ön işlem ve koşulları	Puf Kurutma koşulları	Referans
Elma	Sıcak hava ile kurutma (82°C ve 3m/s hava hızı)	0.06-0.124 MPa ve 155-190°C aralıklarında şişirme işlemi ve ardından 73.8°C'de 3 m/s hava hızında sıcak hava ile kurutma	Sullivan et al. 1980
Yaban mersini	4-8 s, 93.3°C sıcak buharda haşlama, 24°C' de hafif yıkama, buhar uygulaması, sürekli bantlı kurutucuda sıcak hava ile kurutma (82°C' ta, bant hızı 0.004 m/s, hava hızı 2.4 ve 3 m/s)	149-188°C ve 0.1-0.172 MPa aralıklarında şişirme işlemi ve sıcak hava ile kurutma	Sullivan et al. 1982
Patates	Sıcak hava ile kurutma (% 20-35 nem içeriğine kadar)	163 °C' de 4 farklı basınç değerinde (277, 345, 414 ve 448 kPa) 10 dakika şişirme işlemi ve ardından 66 °C' de sıcak hava ile kurutma	Kozempel et al. 1989
Muz	Ozmotik kurutma (% 30luk sakkarozda 30 dak., ürün/çözeltili oranı 1:30) -Sıcak hava ile kurutma (90°C 2m/s % 30 son nem)	180, 200, 220°C 'ta 1.5; 2; 2.5 dak. puf kurutma	Tabtiang et al. 2012
Hünap	Sitrik asit çözeltisinde bekletme (% 0.2'lik)	90°C, 20dak, 2 atm' de şişirme işlemi ve 80°C 2.5 saat, vakum	Du et al. 2013

		kurutma	
Fuji elması	Sıcak hava ile kurutma (80°C, 2 saat)	105°C, 10dak., 3 atm' de şişirme işlemi ve 80 °C 2 saat vakum kurutma	Bi et al. 2015
JackFruit	Sıcak hava ile kurutma (65°C 1.2 m/s), Dondurarak kurutma (-55 °C), İnfrared kurutma (75 °C, 1125 W/m²), Mikrodalga kurutma (2.2 W/g meyve), Vakum kurutma (65°C 40Pa vakum basıncında)	90°C, 5dak, 1 atm (0.1MPa) şişirme işlemi ve 65°C' ta vakum kurutma	Yi et al. 2016
Karadut	Sıcak hava kurutma (70°C, 2.5 m/s, 3 saat) Dondurarak kurutma (-55 °C, 0.01 kPa 12 saat)	80°C, 5 dak. 1 atm' de şişirme işlemi ve 70°C 3 saat vakum kurutma	Chen et al. 2017
Mango, Pitaya ve papaya	Sıcak hava ile kurutma (65°C, 1.2 m/s havahızı, % 12 RH) Dondurarak kurutma (0.1kPa - 55°C mango ve pitaya 8 saat, papaya 12 saat)	90°C, 5dak, 1 atm' de şişirme işlemi ve 60 °C vakum kurutma	Yi et al. 2017

Sullivan et al. (1980) tarafından, patates ürününe alternatif olarak meyveden puf kurutma ile cips elde edilen çalışmada elma model gıda olarak kullanılmıştır. Başlangıç nem içeriği, şişirme işlem basıncı ve şişirme işlem sıcaklığı bağımsız işlem değişkeni olarak belirlenen çalışmada optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda 95 kPa ve 168°C puf işlem koşulları ve puf işlemi öncesi % 18 başlangıç nem içeriği optimum koşul olarak belirlenmiştir. Puf işleminin elmaya gözenekli bir yapı kazandırmasıyla, kurutma işleminin sıcak hava yöntemi ile

yapılan kurutmaya göre 2.1 kat daha hızlı gerçekleştiği de bildirilmiştir. Yaban mersini cipsi için yapılmış bir çalışmada ise (Sullivan et al. 1982), farklı ön işlem koşulları ve farklı hava hızlarında ön kurutma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmada puf işlem basıncı ve puf işlem sıcaklığı bağımsız işlem değişkeni olarak seçilmiş ve yaban mersini cipsi için optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda % 18.5 puf işlemi öncesi başlangıç nem içeriği, 103 kPa puf işlem basıncı ve 190°C puf işlem sıcaklığı optimum olarak belirlenmiştir. Ön kurutma işleminde kurutma hava hızının kurutma süresine bir etkisi gözlenmemişken, sıcaklığın 93°C' den 82°C' ye düşürülmesi ile örneklerin esnekliği ile gevrekliği artmış ve kurutmanın hızlandığı sonucuna varılmıştır. Atıştırmalık gıda üretiminde en temel gıda hammadde olarak çalışılan patatesin puf kurutma ile atıştırmalığa dönüştürülmesi ilk yapılan çalışmalardan olmuştur. Yapılan çalışmada sıcaklık sabit tutularak puf işlemi öncesi başlangıç nem değerinin (% 20-35 arasında) ve puf işlem basıncının değiştirilmesi ile optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda rehidrasyon oranı ve duyuusal lezzet kriter olarak alındığında patates cipsleri için puf öncesi başlangıç nem içeriği % 26 ve 345 kPa puf işlem basıncı optimum işlem parametresi olarak belirlenmiştir (Kozempel et al. 1989). 2000li yıllara gelindiğinde, puf kurutmada hem geleneksel hem de sevilerek tüketilen meyvelerin de puf kurutulmayla üretilmesi temelinde çalışmalara rastlanmaktadır. Atıştırmalık muz cipsi üretiminde ön işlem olarak farklı çözünür kuru madde içeriğinde sakkaroz çözeltisinde bekletmenin muz cipsi üzerine etkileri araştırılmıştır (Tabtiang et al. 2012). Ozmotik ön işlem uygulanan muz cipslerinin kuruma süreleri daha uzunken, daha az esmerleşme gözlemlenmiştir. Ayrıca sakkaroz miktarının artması muz cipslerinin yapısının daha sıkı ve sert olmasına yol açmış, bu durumda sakkaroz miktarının azaltılması gerektiğine vurgu yapılmıştır. Du et al. (2013), Hünnap (Jujube) meyvesinde puf kurutma işleminin ve güneşte kurutmanın fenolik asitlere (serbest esterler, glikozitler), flavonoidlere, toplam fenolik madde içeriğine ve antioksidanlar üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda patlatmalı puf kurutma işlemi yapılan hünnap örneklerinin en yüksek galial, *p*-hidroksibenzoik, vanillik, *p*-kumar, ferulik asitler, toplam fenolik madde ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu bulgulanmıştır. Bu sonuç, patlatmalı puf kurutma işleminin hünnap işleme için iyi bir seçim olduğunu belirtmektedir. Bi et al. (2015), yapmış oldukları çalışmalarında, patlatmalı puf

kurutma yöntemi ile 9 farklı kökenli fuji elmasından atıştırmalık cips elde etmişlerdir. Çalışmada ön kurutma işlemi olarak sıcak hava ile kurutmanın ardından patlatmalı puf kurutma işlemi uygulanmış ve her bir elma cipsinin kalite özellikleri (protein içeriği, ham yağ içeriği, ham lif, indirgen şeker içeriği, C vitamini içeriği, "L*", "a*"ve "b*" değerleri, titrasyon asitliği, genleşme oranı, çözünür katı içeriği, nem içeriği, rehidrasyon oranı, sertlik, keskinlik, üretim hızı) belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda 9 fuji elması içinde gıda endüstrisi için kalite kontrol kriterleri belirlenmiş ve kesin olarak bir türün tüm kalite yönlerinden daha iyi olduğuna dair bir çıkarımda bulunulmamıştır. Tropikal meyvelerin atıştırmalığa dönüştürülmesi ve puf kurutma yöntemiyle bu atıştırmalıkların üretimine dair çeşitli çalışmalar da bulunmaktadır. Jackfruit meyve cipsinin kalite özellikleri üzerine yapılan çalışmada (Yi et al. 2016), sıcak hava ile kurutma, dondurarak kurutma, vakum kurutma, mikrodalga kurutma ve infrared kurutma yöntemleri ile puf kurutma yönteminin kombinasyonları incelenmiştir. Çalışma sonucunda renk açısından dondurarak kurutma ve mikrodalga; hacimsel özellik ve duysal özellik bakımından dondurarak kurutmanın, rehidrasyon oranı, doku ve gözenek yapısı kalitesi yönünden de en başarılı olan kombinasyonun dondurarak kurutma ile puf kurutmanın olduğunu saptamışlar ve ilgili çalışma modeli için dondurarak kurutma + patlatmalı puf kurutma kombinasyonunu toplam kalite bakımından uygun bulmuşlardır. Antioksidan kapasitesi yüksek olan karadut, sıcak hava ile kurutma + puf kurutma ve dondurarak kurutma + puf kurutma kombinasyonları ile kurutularak, fizikokimyasal özellikleri bir diğer çalışmada incelenmiştir. Çalışma sonucunda en iyi antosiyanin korunumu dondurarak kurutmada gözlenirken, dondurarak kurutma + patlatmalı puf kurutma kombinasyonunun renk, tat ve doku bakımından en iyisi olduğu belirtilmiştir (Chen et al. 2017). Tropikal meyvelerin puf kurutma ile atıştırmalık ürüne dönüştürüldüğü bir başka çalışmada ise (Yi et al. 2017); sıcak hava ile kurutma + puf kurutma ve dondurarak kurutma + puf kurutma işlemlerinin, mango, pitaya ve papaya meyveleri üzerinde fizikokimyasal, doku, renk, mikroyapı ve rehidrasyon özellikleri açısından karşılaştırmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya göre dondurarak kurutma + patlatmalı puf kurutma kombinasyonunun üç tropikal meyve açısından en iyi sonucu vermesi, değerli hammaddelerin işlenebilmesi açısından uygulanabilir bulunmuştur.

Puf kurutma ile yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle meyve ürünlerinin atıştırmalık olarak üretildiği göze çarpmaktadır. Bu ürünlerin atıştırmalık olarak elde edilmesi sırasında gıdaların çeşitli besleyici ve kalite parametrelerinin incelendiği görülmektedir. Ancak, puf kurutma yönteminin kısmen yeni gelişen bir teknoloji olması sebebiyle çalışmaların yöntemin geliştirilmesi, kombinasyon uygulamaları ve yeni gıdalarda uygulanması konularında yoğunlaştığı görülmektedir. Ancak, günümüz koşullarında tüketicilerin ihtiyacı olan sağlıklı ve besleyici değeri yüksek, özellikle yoğun iş temposunda öğün atlayan bireylerin ihtiyacını karşılayabilecek atıştırmalıkların ilgili yöntemle henüz üretilmediği görülmektedir. Bu doğrultuda, glisemik indeksi düşük, protein, vitamin ve mineral içeriği bakımından kişilerin günlük ihtiyaçlarını karşılayabilecek ürünlerin herhangi bir emülsiyon oluşturmada puf kurutma ile üretilmesi mümkündür. Et, ilgili ürün ihtiyacını karşılayabilecek olan ve aynı zamanda birçok kültürde damak zevki açısından yer edinmiş bir üründür. Farklı kurutma yöntemleri ile bugüne kadar kurutulan etlerde genelde kalite kayıpları ve dokusal problemler olduğu görülmektedir ve puf kurutma yöntemi ile etin tekstürize edilip kurutulduğu herhangi bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Bu tez kapsamında etin protein içeriği yüksek, dokusal niteliği geliştirilmiş atıştırmalık haline dönüştürülmesi ve bu kapsamda farklı ön kurutma işlemlerinin kaliteye etkisi, optimizasyonu ve puf kurutma ile elde edilecek ürünün optimizasyonunun sağlanması amaçlanmıştır.

2.2.2 Et Atıştırmalıkları

İnsanların gelişiminde en önemli hususlardan biri sağlıklı ve dengeli beslenmedir. Beslenmede etkin rol oynayan ve tarihsel popülerliğini koruyan nadir ürünler bulunmaktadır. Et, bu ürünlerin başında gelmektedir. Et, insan hayatında geçmişten günümüze önemli bir noktada olmakla birlikte taze et ile ilgili bazı depolama ve tüketim kısıtlamaları bulunmaktadır. Taze etin pH' sı ortalama 5.5-7.0 değerlerindedir. Bu değerler çoğu patojen mikroorganizmanın üreme aralığı ve enzimlerin de genelde çalıştıkları pH aralığındadır. Besi ve kümes hayvanları ile balık etlerinin su aktivite ve nem değerleri de yüksektir (Deniz, 2009). Et ürünlerinin sağlıklı bir şekilde depolanmasında ve işlenmesinde, bu özellikler dikkate alınması gereken faktörlerin başında gelmektedir. Bununla birlikte etlerin doğal mikro florası ile ilgili şartlar göz önüne alındığında et işlenmeden uzun süre

saklanamamaktadır (Hecer, 2012; Öztürk vd. 2006). Etin işlenmesinde ısı kaynaklı işlemler geleneksel yaygınlığını korumakla birlikte çeşitli et işleme yöntemleri de mevcuttur. Et, genellikle ana öğünlerde kullanılan bir ürün olmasına karşın, etin bir kısmı işlenerek çeşitli coğrafyalarda farklı formlarda atıştırmalık olarak da üretilmektedir.

2.2.2.1 Dünya' da Üretilen Et Atıştırmalık Türleri

Etin uzun süre saklanabilmesi ve çeşitli öğünlerde kullanılabilmesi adına Dünya çapında kurutma ve kurutmaya ek çeşitli işlemlerin uygulandığı et atıştırmalık üretimleri gerçekleştirilmektedir. Kuru et atıştırmalıklarının çoğu "jerky" şeklinde isimlendirilse de gerek üretim basamaklarındaki farklılıklar gerekse kültüre özgü bileşenlerin kullanıldığı çeşitli yöresel et atıştırmalık ürünleri bulunmaktadır. Bunlardan Biltong Afrika kıtasının çoğunda, Kaddid; Tunus ve Fas gibi Kuzey Afrika ülkelerinde, Charqui ise; genelde Brezilya' ya özgü olmakla birlikte çoğu Güney Amerika ülkesinde benzer şekilde üretilmekte ve tüketilmektedir (Garcia et al. 2013; Engez et al. 2012).

Biltong

Biltong, Güney Afrika kökenli olup, aslen Hollanda dilinden türediği düşünülmektedir. Kısmen orta nemli olarak üretilen ve su aktivitesi (aw değeri) genel olarak 0.6-0.9 aralığında değişen Biltong, kurutularak üretilen bir et atıştırmalık türüdür. Biltong orta nemli olarak nitelendirilen bir et ürünü olmakla birlikte, çoğu kuru et ürününün aksine rehidrasyona veya tekrar ısıtmaya ihtiyaç duymadan tüketilebilmektedir. Genel olarak bifteklik etler ve nuar kasi kullanılarak elde edilir. Biltong üretiminde etler dilimlenip kuru tuzlandıktan sonra elma sirkesi, şeker, kişniş gibi bileşenler içeren marinasyon çözeltisi ile marinatlanıp kurutulur. Tuz ve marinasyonun bozulma ve patojen organizmaların üründeki aktivitesine karşı önemli bir koruyuculuk sağladığı ve kurutma prosesi boyunca nemin azaltılıp, su aktivitesinin de düşürülmesi ile bu etkinliğin uzun süre korunabildiği, bu sebeple Afrika gibi sıcak ülkelerde bile buzdolabı gibi soğutuculara ihtiyaç duyulmadan uzun süre saklanabildiği belirtilmektedir. Kurutma işlemi Biltong için geleneksel olan yöntemle 1 veya 2 hafta süre ile

güneş altında kurutularak gerçekleştirilmektedir. Ancak, geleneksel ve sıcak hava ile kurutulmuş çoğu Biltong ürününün mikrobiyal kalitesinin beklenenden düşük olduğu ve alternatif üretim metotları üzerine çalışmaların gerçekleştirilmesi gerektiği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Cherona et al. 2016; Petit et al. 2014; Engez et al. 2012).

Charqui

Charqui Brezilya kökenli olarak üretilen orta nemli bir et atıştırılabilirliktir. Tuzlama ve kürlenme sonrası kurutma ile üretilmektedir. Tuz, sodyum nitrit ve kurutmanın etkisiyle mikrobiyal kalitesinin yükseldiği ve son ürün su aktivitesinin 0.6 ile 0.9 arasında olduğu bildirilmektedir (Yousef et al. 2007). Charqui ürünlerinin besleyici içeriğinin yüksek olması (protein içeriği yaklaşık % 45) ve farklı yemeklerde gerek ısıtılarak gerek ısıtma işlemine maruz bırakılmadan kullanılması sebebiyle Brezilya ve diğer Güney Amerika ülkelerinde popüler bir üründür. Her ne kadar geleneksel yöntemlerle Charqui üretiminin mikrobiyal ve genel kalitesinin uygun olduğu belirtilse de özellikle mikrobiyal güvenlik açısından ürünlerde sorunlar yaşanabildiği ve farklı kurutma yöntemleri ile kürlenmeye yardımcı ajanların kullanımı üzerinde çalışmaların devam ettiği belirtilmektedir (Garcia et al. 2013; Salva et al. 2012).

Kaddid

Kaddid Fas' a özgü olmakla birlikte, Kuzey Afrika' nın belli bölgelerinde geleneksel yöntemle üretilen bir kuru et ürünüdür. Ürün karkasın herhangi bir bölgesinden kemiksiz etler kullanılarak yapılmaktadır. Geleneksel yöntemle üretimde dilimlenen etler kürlenmeye maruz bırakılır. Kürlenme işlemi genellikle kuru tuz, kimyon, sarımsak ve farklı renklendirici baharatlar ile yapılır. Bir gece bekletilen ürünler güneş altında çoğunlukla gölgede bir hafta ile 10 gün arasında değişen sürede kurutulmaktadır. Bu ürün üzerinde az sayıda çalışma bulunmakla birlikte, sıcak hava ile kurutma gibi yöntemlerin kullanımı ile mikrobiyal kalite özelliğinin incelendiği çalışmalar bulunmaktadır (Chabbouh et al.2011; Bennani et al. 1995).

Jerky

Çoğunlukla farklı ön işlemler ve sonrasında kurutma işlemi uygulanan ve son ürün haline getirilen et atıştırma malıkları mevcut olup, bu ürünler “jerky” olarak isimlendirilmektedir. Bahsedilen diğer bölgesel atıştırma malık türleri de jerky kapsamına girmektedir. Jerky ürünleri; ısı işlem görmüş (özellikle kurutularak güvenli hale getirilmiş), oda sıcaklığında saklanabilen yenmeye hazır et ürünleri olarak tanımlanmaktadır (Nummer et al. 2004).

Pastırma

Türk kültüründe önemli bir yere sahip olan pastırma, kuru kürlleme yöntemi ile bütün kastan parça halinde geleneksel yöntemle üretilen ve teknolojik üretim proseslerine de bu şekilde aktarılan, kesin bir standart üretime sahip olmadığı bildirilen bir atıştırma malıktır. Özellikle sığır veya dana etinin sırt kısmından ayrılan kasların tuz, nitrit ve nitrat ile kuru kürlleme şeklinde işlenmesi sonrasında bir ön kurutmaya tabi tutulur. Sonrasında genellikle çemenleme işlemi yapılır ve et son kurutmaya alınır (Kabil, 2019). Bu geleneksel yöntemde çemenleme süresi, formülasyonu ve kuru kürlleme süresi ile tuz oranları değişiklik göstermektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte pastırma üretiminde kurutmaya ve genel kaliteye yardımcı olması için starter kültür kullanımı ve işlemin geliştirilmesi çalışmaları da yer almaktadır. Geleneksel olarak üretim, yaz ayları sonrasındaki rutubetli ve sıcak sonbahar aylarında gerçekleştirilmektedir. Sanayide ise uygun şartlandırılmış odalarda veya geleneksel yöntemi modifiye edecek şekilde üretimler gerçekleştirilmektedir (Kabil, 2019; Kaban, 2013; Aksu ve Kaya, 2002).

2.2.2.2 Et Atıştırma malıkları Üzerine Yapılan Çalışmalar

Et atıştırma malıkları üzerine literatürde farklı yöntemler ile çeşitli hayvan gruplarına ait çeşitli bölge etlerinden üretilen atıştırma malıklar ve bu atıştırma malıkların özelliklerine dair çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar Çizelge 2.2' de özetlenmiştir.

Çizelge 2.2 Et Atıştırmalıkları Üzerine Yapılan Çalışmalar

Ürün	Yöntem	Sonuç	Referans
Domuz ve Dana Eti	Marinasyona tabi tutulan ürünler 70°C' ta sıcak hava ile kurutulmuştur.	Domuz etlerinin su aktivitelerinin düşük, TBARS ve doymamış yağ asidi içeriklerinin yüksek, ve mikrobiyolojik kalitesinin iyi olduğu belirlenmiştir.	Yang et al. 2009
Tavuk Eti	%1 NaCl, %2 NaCl %1 NaCl ve %1 KCl içeren tavuk göğüs etleri sabit marinat ile (şeker, mısır unu, zencefil tozu, sarımsak tozu ve baharat karışımı) 65, 75 ve 85°C sıcaklıktaki fırında kurutulmuştur.	Kuruma kinetiği üzerine etki belirlenmeye çalışılıp NaCl azaltımının ve KCl kullanımının kuruma kinetiğini olumlu etkilediği bulgulanmıştır.	Luckose et al. 2017
Dana Eti	Güneşte, gölgede ve sıcak hava ile kurutma işlemi yapılmıştır.	Kalite ve duyuşal yönlerden güneşte ve gölgede kurutmanın daha nitelikli görüldüğü bildirilmiştir.	Nam et al. 2012
Dana Eti	Aside dirençli <i>Salmonella</i> suşları eklenen ürünler, sodyum laktat, asetik asit ve %5 etanol içeren soya sosu kullanılarak marinatlanmış ve sonra 60°C' ta fırında kurutulmuştur.	İşlemlerin aside dirençli <i>Salmonella</i> suşlarının inaktivasyonu açısından nitelikli olduğu bildirilmiştir.	Calicioglu et al. 2003
Dana Eti	<i>Listeria monocytogenes</i> eklenen ürünler asidik ve farklı bir marinat ile marinasyona tabi	Kurutma sıcaklıklarının etkisinin düşük, marinasyon farklılığının inaktivasyon etkisinin daha	Yoon et al. 2006

	tutulmuş ve sonrasında sıcak hava kurutucuda 52, 57 ve 63°C' lerde kurutulmuştur.	yüksek olduğu belirlenmiştir.	
Tavuk Eti	Farklı parametrelerin dondurarak kurutulmuş ürünlerdeki kaliteye etkisi incelenmiştir.	Ürün kalınlığının kalite üzerinde en önemli etken olduğu belirlenmiştir.	Babic et al. 2009
Domuz Eti	Atmosferik basınç plazma metodu ile örneklerin kurutulması sağlanmış ve yöntemin nitrit içermeyen et atıştırmağı üretimine etkisi belirlenmiştir.	Nitrit içermeyen üretilen ürünlerin nitelikli bulunduğu ve yöntemin atıştırmağı üretiminde kullanılabileceğı bildirilmiştir.	Yong et al. 2017
Dana Sucuğı	Hızlı Dilimleme Sistemi (QDS) ve geleneksel fermantasyonla üretilen ürünler çeşitli yönlerden karşılaştırılmıştır.	QDS ile üretilen ürünlerde pH değerlerinin daha düşük olduğu bulgulanmıştır.	Kamenik et al. 2017
Somon Eti	Kürleme bileşenleri ile hamur haline getirilen somonlara farklı antioksidanlar da katılarak örnekler ekstrüdere beslenmiş ve sonrasında fırında sıcak hava ile kurutulmuştur.	Ekstrüzyon teknolojisinin omega-3'ün korunması açısından daha uygun bulunduğu bildirilmiştir.	Kong et al. 2011
Dana Eti	Farklı konsantrasyonlarda tuzlanan örnekler vakum altında kurutulmuş ve sorpsiyon özellikleri incelenmiştir.	Tuz konsantrasyonuna bağı olarak sorpsiyon özelliklerinin değıştiğı ve oluşturulan modelin deneysel verilerle uyumunun yüksek olduğu belirlenmiştir.	Dinçer ve Erbaş, 2018

Hindi Eti	Herhangi bir ön işlem uygulanmadan örnekler farklı kalınlıkta boyutlandırılıp dondurularak kurutulmuş ve bir kurutma modeli oluşturulmuştur.	Oluşturulan nümerik modelin deneysel verilerle uyumu çok yüksek bulunmuştur.	Cumhur et al. 2016
-----------	--	--	--------------------

Yang et al. (2009), domuz ve dana etinden üretilen atıştırmalıkların fizikokimyasal ve mikrobiyolojik kalite açısından karşılaştırılmasını hedefledikleri çalışmada, ürünleri öncelikle liflere paralel şekilde kesip, boyutlandırıp marine etmişlerdir. Marinat içeriği % 70 su, % 1.5 tuz, % 1.0 şeker, % 0.02 sodyum nitrit ve % 0.03 sodyum eritrobat olarak belirlenmiştir. Örnekler daha sonra 70°C' ta sıcak hava ile kurutulurken (RH' ın % 70' ten % 40' a indirilmesi koşulunda) aw değeri 0.8 ve daha altına indirilmiştir. Domuz etlerinin daha düşük aw değerine ve daha yüksek pH' ya sahip olduğu, ancak, kesme kuvveti ve TBARS değerlerinin domuz etinde, dana etine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Doymuş yağ asidi içeriği açısından dana etlerinin, doymamış yağ asidi içeriği açısından ise domuz etlerinin daha yüksek değerlere sahip olduğu, mikrobiyolojik açıdan ise domuz etlerinin daha güvenli olduğu bildirilmiştir. Etin kurutulmasında tuzlama ön işlemi geleneksel uygulamalardan biri olmakla birlikte, günümüzde Sodyum' un azaltıldığı tuzlama çalışmaları da yapılmaktadır. NaCl' nin % 50 azaltıldığı kurutulmuş tavuk atıştırmalıklarında (Luckose et al. 2017), kurutma işlemi 65, 75 ve 85°C sıcaklıkta fırında gerçekleştirilmiştir. Üç farklı ürün için (% 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 (% 1.5 şeker, % 2 mısır unu, % 1.5 zencefil tozu, % 2 sarımsak tozu, % 2 oranında da baharat karışımı) sıcak hava ile kurutma işlemi gerçekleştirilerek karşılaştırmalar yapılmıştır. KCl içeren ve NaCl miktarının % 50 azaltıldığı (% 1 NaCl içeren) uygulanan ürünlerin kuruma niteliklerinin % 2 NaCl içeren üründen daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Güneşte ve gölgede kurutma eski zamanlardan beri kullanılan yöntemler olmakla birlikte, günümüzde de çeşitli et ürünlerinin üretiminde kullanımı mevcuttur. Bu

yöntemlerin ve sıcak hava ile kurutmanın (tepsili kurutucuda 60°C' ta kurutma) dana et atıştırmalıklarındaki kesme kuvveti direnci, serbest amino asit içeriği, dipeptit yapısı ve duysal kaliteye olan etkisi Nam et al. (2012) tarafından incelenmiştir. Güneşte kurutulan ürünlerin serbest amino asit içeriğinin yüksek, dipeptit yapıları içinse gölgede kurutulan atıştırmalıkların daha yüksek değere sahip oldukları belirlenirken, kesme kuvvetinin sıcak hava ile kurutulan ürünlerde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışmada sıcak havayla kurutulan ürünlerin daha düşük duysal kaliteye sahip oldukları bildirilmiş, bu çalışma kapsamında herhangi bir mikrobiyolojik analiz yapılmamıştır. Etin mikrobiyolojik olarak riskli grupta olması sebebiyle işlenmiş et ürünlerinde mikrobiyal kalite çok önemlidir. Bu sebeple et ürünlerinde mikrobiyal inaktivasyon üzerine çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Calicioglu et al. (2003), marinatlama ve ön kurutma işleminin aside adapte olan ve olmayan *Salmonella* cinsi bakterilerin dana eti atıştırmalıklarındaki azalışı üzerine etkisini incelemişlerdir. Marinatlama işleminde % 1.2 sodyum laktat, % 9 asetik asit ve % 5 etanol içeren % 68'lik soya sosu kullanılmıştır. 24 saat (4°C) marinatlama sonrası etlere *Salmonella* suşları eklenerek, örnekler 60°C' ta fırında 10 saatlik bir süreyle kurutulmuştur. Tüm ön işleme, kurutma ve oda sıcaklığında depolama koşulları sonucunda, hiç bir üründe aside adapte olan *Salmonella* görülmemiştir. *Listeria monocytogenes* üzerine olan bir çalışmada ise Yoon et al. (2006), dana etinden atıştırmalık üreterek sıcaklığın ve ön kurutma işlemlerinin *L. monocytogenes*' e kurutma boyunca olan etkisini incelemişlerdir. *L. monocytogenes* inokülasyonu yapılan etlere kurutma işlemi öncesinde; % 5' lik asit çözeltisine daldırma (10 dakika) 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 (10 dakika) marinasyon işlemi uygulanmıştır. Sonrasında sıcak hava ile 52, 57 ve 63°C' ta 10 saatlik kurutma işlemi uygulanmıştır. Farklı kurutma sıcaklıklarının mikroorganizma ölümü üzerinde ciddi bir değişim yaratmadığı, asidik ön işlem uygulamasının ise kurutma sıcaklıklarından bağımsız olarak organizmanın inaktivasyonu üzerinde daha fazla etkili olduğu belirtilmiştir. Isısal bozunmayı engellemek amacıyla gıdaların vakum basıncında tutularak normal atmosfer koşullarındaki sıcaklıklardan daha düşük sıcaklıklarda kurutulması üzerine çalışmalar yürütülmektedir. Vakum altında kurutma yöntemi kullanılarak dana eti atıştırmalığı üretilmesinde (Dinçer ve Erbaş, 2018), farklı tuz

konsantrasyonlarında tuzlanmış ürünler kurutularak, işlemin kuruma kinetikleri ve sorpsiyon izotermi üzerine etkisi incelenmiştir. % 5-10-15 ve % 20 oranında kuru tuzlanan dana eti örnekleri 70 °C' ta 25 mbar basınçta, nem içeriği % 32 (kuru temelde) olana dek kurutulmuş ve sorpsiyon verileri Page, Pabis ve Henderson modellerine fit edilmiştir. Sorpsiyon izotermi Tip-2' ye uygun olduğu bildirilmekle birlikte, tuz konsantrasyonu artışı ile Tip-3' e döndüğü ve tüm örneklere ait deneysel verilerin teorik modellerle yüksek uyum gösterdiği belirtilmiştir.

Dondurarak kurutma, ürünlerin ısısal zarar görmediği ve bu sebeple kalite kayıplarının olmadığı, ürünün dondurulması ve sonrasında içeriğindeki donmuş suyun vakum basıncı altında katı fazdan süblimleşerek uzaklaştırıldığı bir yöntemdir (Telis and Sobral, 2002). Hindi etinin dondurularak kurutulduğu bir çalışmada; Cumhur et al. (2016), herhangi bir ön işlem uygulamadan örnekleri farklı iki kalınlıkta (diğer boyutlar sabit kalacak şekilde) boyutlandırılıp, - 40 °C ve 10 Pa vakum koşulunda dondurarak kurutmuş ve ağırlık kayıpları ile sıcaklık ölçümelerini almışlardır. İlgili çalışmada nümerik bir deneysel model oluşturulup, model ve deneysel verilerin uyumu belirlenmiş ve deneysel veriler ile modelin uyumunun yüksek olduğu bildirilmiştir. Kombine ön işlemlerin kurutmadaki etkisi geleneksel yöntemlerle çalışılmakla birlikte, güncel yöntemlerle de çalışmalar mevcuttur. Tavuk göğüs etinden atıştırmalık üretiminde farklı dondurarak kurutma parametrelerinin incelendiği çalışmada, Babic et al. (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 karşılaştırmışlardır. Örnek kalınlığının en önemli belirleyici parametre olduğu saptanmış olup, çalışma sonucunda, duysal ve görünüş açısından taze et özelliklerini koruyan nitelikli bir ürün elde edilmiştir.

Et ürünleri üretiminde nitrit kullanımının azaltılmasına ve ısısal yöntemlere alternatif olarak, ürün bileşimine daha az zarar verecek atmosferik basınç plazma metodu Yong et al. (2017) tarafından çalışılmıştır. Domuz etinden kurutulmuş atıştırmalık üretiminde atmosferik basınç plazma metodu kullanılmış ve nitrit gerektirmeyen bir ürün üretimi amaçlanmıştır. Çalışmada renk, fizikokimyasal özellikler ve mikrobiyolojik kalite belirlenmiştir. 40 ve 60 dakika atmosferik

basınç plazma ünitesinde nitrit kullanılmadan üretilen ürünler, nitrit içeren kontrol grubuyla kıyaslanmış, renk korunumu, yağ oksidasyonunun düşüklüğü ve çeşitli patojenlere direnç açısından ilgili yöntemin nitrit kullanımı gerektirmeden bir atıştırmalık et üretimi sağlamada kullanılabileceği bildirilmiştir.

Geleneksel yöntemle üretilen sucuklar ile QDS ile üretilenlerin kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşsal özellikleri karşılaştırılmıştır (Kamenik et al. 2017). Üç farklı işleme sürecine tabi tutulan sucuklar, (tuzlama, fermantasyon süresi farklılıkları) -10°C ' ta dondurulup, boyutlandırılmış ve sistemde $26-28^{\circ}\text{C}$ ' ta sıcak havayla kurutulmuştur. Duyusal kalite ve renk değerlerinin çok farklı bulunmadığı, QDS ile işlenen ürünlerin pH değerlerinin ise daha düşük olduğu bildirilmiştir.

Gıdaların bütün halde kurutulması yerine emülsiyon formuna getirilip işlendiği bir başka yöntem ise ekstrüzyondur. Ekstrüzyon teknolojisi, gıdaların tekstürize edilmesi amacıyla kullanılan, yüksek basınç ve sıcaklığın etkisiyle gıdaların genellikle kısa sürede işlenebildiği bir yöntemdir. Nadiren et atıştırmalık üretiminde kullanılan ekstrüzyon teknolojisi ile somon atıştırmalığı elde edilmiştir (Kong et al. 2011). Çalışmada, yağ oksidasyonu değişimi belirlenmiştir. Teriyaki, nane ve küreme bileşenleriyle 12 dakika karıştırılan somonlar kontrol grubu hariç farklı antioksidanlar ilave edilip (biberiye, askorbil palmitat vb.) vida tipi ekstrüderde maksimum 150°C ' ta (işlem $60-150^{\circ}\text{C}$ arası) çıkış sıcaklığı 80°C olacak şekilde işlenmiş ve sonra sıcak hava ile fırında 93°C ' ta bir saat kurutulmuştur. Sonrasında depolamaya alınan ürünlerde TBARS değerinin in farklı antioksidan ilavelerinden etkilenmediği, asktansantin' in 8. haftaya kadar tüm bileşen kullanımlarıyla yüksek oranda korunduğu ve ekstrüde ürünün omega-3 korunumu açısından avantajlı olduğu bildirilmiştir.

Etin atıştırmalık olarak tüketilmesi amacıyla uygulanan çeşitli yöntemler gün geçtikçe artmaktadır. Et gibi dünya genelinde çoğu ürüne göre pahalı bir ham maddenin katma değeri yüksek bir atıştırmalığa dönüştürülmesi düşünüldüğünde, gerek yatırım, gerek işlem süreleri, gerekse de enerji maliyetlerinin minimum olması ve ürün kalitesinin de maksimum korunması gerekmektedir. Bu duruma

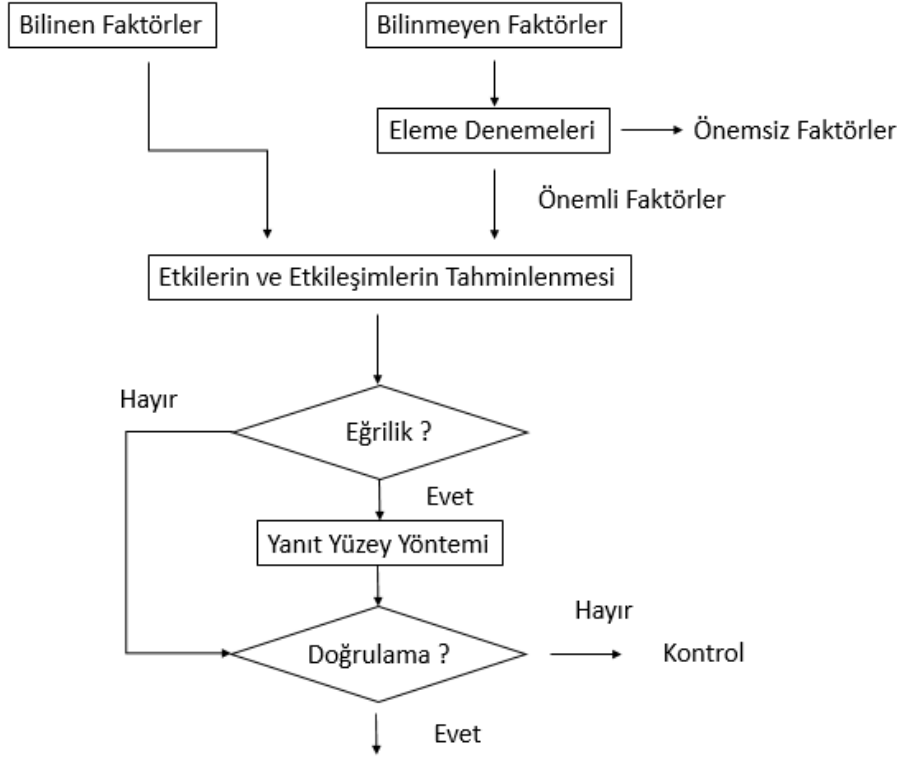
uygun güncel yöntemler geliştiriliyor gibi gözükse de bu alana dair yöntem eksikliğinin bulunduğu görülmektedir.

2.3 Yanıt Yüzey Yöntemi

Geleneksel optimizasyon yöntemlerinin temelini, sadece bir parametreyi zamanla değiştirirken diğerlerini sabit tutmak oluşturur. Bu yaklaşım, araştırmacıya hem maliyet hem de zaman açısından önemli dezavantajlar getirmektedir. Ayrıca, bu yaklaşımla çeşitli işlem parametreleri arasındaki intereksiyonların belirlenmesi ve prosesin tam anlamıyla tanımlanabilmesi için yeterli veri elde etmek oldukça güçtür (Cochran and Cox, 1957). İlk olarak 1951 yılında kimyasal materyaller üzerinde reaksiyon optimizasyonu adına gerçekleştirilen yüzey yanıt yöntemi Box ve Wilson tarafından geliştirilmiştir. Myers and Montgomery (2002), yanıt yüzey yöntemini, proseslerin geliştirilmesi ve optimizasyonu için gerekli istatistiksel ve matematiksel tekniklerin birlikte kullanıldığı bir yöntem olarak tanımlamıştır. Yüzey yanıt yöntemi, işlem değişkenlerinin sınırlarını deneysel olarak belirlemede, sistemin yanıtı ve bağımsız değişkenler ile olan ilişkiyi deneysel modeller ile ifade etmek için kullanılan bir yöntem olduğu tanımlaması da mevcuttur. Genel olarak yanıt yüzey yöntemi 3 aşamadan (eleme denemeleri, bölge araştırması ve işlemin veya ürünün optimizasyonu) oluşmaktadır. İlk olarak eleme denemeleri yapılmaktadır. Bu denemeler daha az sayıda ve daha verimli esas deneme yapılmasına olanak sağlama amacıyla yapılmaktadır. İkincil olarak bölge araştırması ile belirlenen bağımsız değişken sınırlarının işlemdeki yanıtlarının optimum noktaya yakınlığı test edilmektedir. Optimum noktaya yaklaştıkça yanıt yüzeydeki eğrilik daha belirgin hale gelmektedir. Yanıt yüzey yönteminin bu aşamasında birinci dereceden modeller kullanılır. Birinci dereceden modeller sistemin yanıtını belirlemede yeterli ise seçilen deneme bölgesinin optimum noktadan uzakta olduğu anlaşılır ve yeni bir deneme bölgesi seçilir. Bu işlem, oluşturulan yanıt yüzeydeki eğriliğin önemli olduğu bölgeler bulununcaya kadar devam eder. Üçüncü aşama ise, işlem optimum noktaya yaklaştığında kullanılmaktadır. Burada sistemin esas yanıtı, optimum nokta civarında belirgin bir eğrilik göstermektedir. Bu eğriliğin tahminlenmesinde lineer olmayan modeller, genellikle ikinci dereceden polinomial modeller kullanılır. Uygun bir model elde edildikten sonra, bu model optimum noktanın

araştırılmasında kullanılır (Beşir, 2019; Özdikicierler vd. 2016; Koç ve Ertekin, 2010; Koç, 2009; Eren, 2004).

Yanıt yüzey yönteminin işleyişini ifade eden akım şeması Şekil 2.3' te verilmiştir.



Şekil 2.3 Yanıt yüzey yöntemi akım şeması (Köprüalan, 2019)

Deney dizaynının oluşturulması, uygun modelin seçilmesi, modelin istatistiki anlamda doğruluğunun test edilmesi ve modelin bağımsız değişkenlerinin cevap değişkenlerine karşı optimizasyonu yanıt yüzey yönteminin esas bölümleri olarak ifade edilebilir. Yanıt yüzey metodu sayesinde daha az deneme ile optimizasyon işlemi gerçekleştirilebilir, aynı zamanda değişkenlerin yanıtlar üzerindeki bağımsız ve ortak olan etkileri görülebilmektedir. Ayrıca bu yöntem, sistemin matematiksel bir model ile tanımlanması, dolayısıyla bağımlı değişken ve bağımsız değişken arasındaki ilişkinin bu model ile ifade edilmesini de sağlamaktadır. Yanıt yüzey yöntemi ile genelde yanıt değişkenleri üzerinde hedeflenen bir maksimum veya minimum noktaları olması sebebiyle, bu yöntemin, her ne kadar doğrusal (lineer) olmayan sistem modellenmesinde

kullanımında kısıtlar oluşsa da parabolik fonksiyonlar açısından (hiperbolik ya da çan eğrisi) maksimum ve minimum noktalar hedeflendiğinde bu yöntem ile uygun sonuçlar da alınabilmekte ve modelleme yapılabilir (Koç, 2009; Eren, 2004; Myers and Montgomery, 1995).

2.3.1 Box-Behnken

Box ve Behnken tarafından 1960 yılında geliştirilen Box - Behnken dizayn sistemi, dönersel tasarımlardan bir tanesini oluşturmaktadır. Bu dizayn, ikinci derece modellerin değişkenlerinin tahmininde çok etkili ve üç seviyeli tamamlanmamış bir dizayn olarak ifade edilmektedir. Dengeli tamamlanmış blok denemelerinin üzerine kurulmuştur. Üç faktörlü bir deneme planına göre denemenin yapısı incelenecek olursa; Box-Behnken deneme planında faktörlerden birinin değeri merkez değerinde sabitlenirken, diğer faktörlerin tüm düzeylerinin kombinasyonları uygulanır. Her değişken etkeni -1, 0 ve 1 olmak üzere üç düzeye sahiptir. Box-Behnken dizaynları küresel ve sadece üç düzeyde verilere sahiptir. Bu da önemli bir deneme deseni avantajı sunmaktadır. Şekil 2.4.' te üç faktörlü deneme planı görülmektedir.

Sıralama	Box-Behnken Deneme Planı		
	X	Y	Z
1	-1,00000	-1,00000	0,00000
2	1,00000	-1,00000	0,00000
3	-1,00000	1,00000	0,00000
4	1,00000	1,00000	0,00000
5	-1,00000	0,00000	-1,00000
6	1,00000	0,00000	-1,00000
7	-1,00000	0,00000	1,00000
8	1,00000	0,00000	1,00000
9	0,00000	-1,00000	-1,00000
10	0,00000	1,00000	-1,00000
11	0,00000	-1,00000	1,00000
12	0,00000	1,00000	1,00000
13	0,00000	0,00000	0,00000
14	0,00000	0,00000	0,00000
15	0,00000	0,00000	0,00000

Şekil 2.4 Box-Behnken üç faktörlü deneme planı

Şekilden de görüldüğü üzere, önce Z değeri sabit tutulmuş ve X ve Y koşullarının tüm düzeyleri denenmiş, daha sonra hepsi X ve Y' nin orta noktaları için denenmiş ve son olarak tüm koşullar için orta nokta olan değerlerde de denemeler gerçekleştirilmiştir (Koç, 2009). Box-Behnken dizaynlarında noktalar deneme alanında tüm kenarların orta noktasında yer almaktadır. Box-Behnken dizaynları için deneme noktasının sayısı; $N = 2k(k-1) + n_c$ denklemi ile belirlenir. Bu denklemde k etken sayısı, n_c merkezi deneme sayısı olarak ifade edilmektedir. Deneme dizaynında tüm bağımsız değişkenler açısından alt ve üst sınırlar aynı anda hiçbir zaman bir arada bulunmamaktadır. Bu sebep ile sınır değerlerinin sebep olacağı efektif olmayan sonuçlar ile karşılaşılmamaktadır. Box-Behnken dizaynları, ikinci dereceden modellerin tahminine, ardışık dizaynların gerçekleştirilmesine, modelin güven eksikliğinin analiz edilmesine ve blok oluşturmaya izin verdiği için kullanılan bir yanıt yüzeyi dizayn yöntemidir (Köprüalan, 2019; Özdikicierler vd. 2016; Ferreira et al. 2007).

2.3.2 Optimizasyon

Optimizasyon, bir işlemin belirlenen hedefler (yanıtlar) doğrultusunda, bağımsız değişkenlerin birbirleriyle olan etkileşimleri ve bu bağımsız değişkenlerin hedefe (yanıtlar) olan etkileri de göz önünde bulundurularak bir araya getirilip uygulanması işlemidir. 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).

İşlem optimizasyonu hedeflenen birden fazla yanıtı uygun cevap eldesini sağlayacak şekilde tasarlanmaktadır. Burada bazı durumlarda maksimum minimum değerleri aranırken, kimi durumlar göz önüne alındığında belirli sınıra yaklaşılması veya belirli aralıklara ulaşılması amaçlanır. Yanıtların tek tek ele alınıp cevaplanması durumunda hedeflenen optimizasyon için yanlış kararlar verilebilmektedir. Bu sebeple optimizasyon sürecinde yanıtların birbirleri ile olan

etkileşimleri de optimizasyon sürecinde göz önüne alınmaktadır. Bu karmaşık durumun kolaylaştırılması adına ise; doğrusal olmayan programlama, cevapların izohips eğrilerinin elde edilip, üst üste çakıştırılması ve son olarak arzu edilen fonksiyonun oluşturulması (desirability fonksiyon) gibi süreçler ele alınmaktadır. Özellikle desirability fonksiyonu yaklaşımı, hem endüstriyel hem de bilimsel çalışmalarda önemli bir optimizasyon çözümlemesi 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 değerin 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

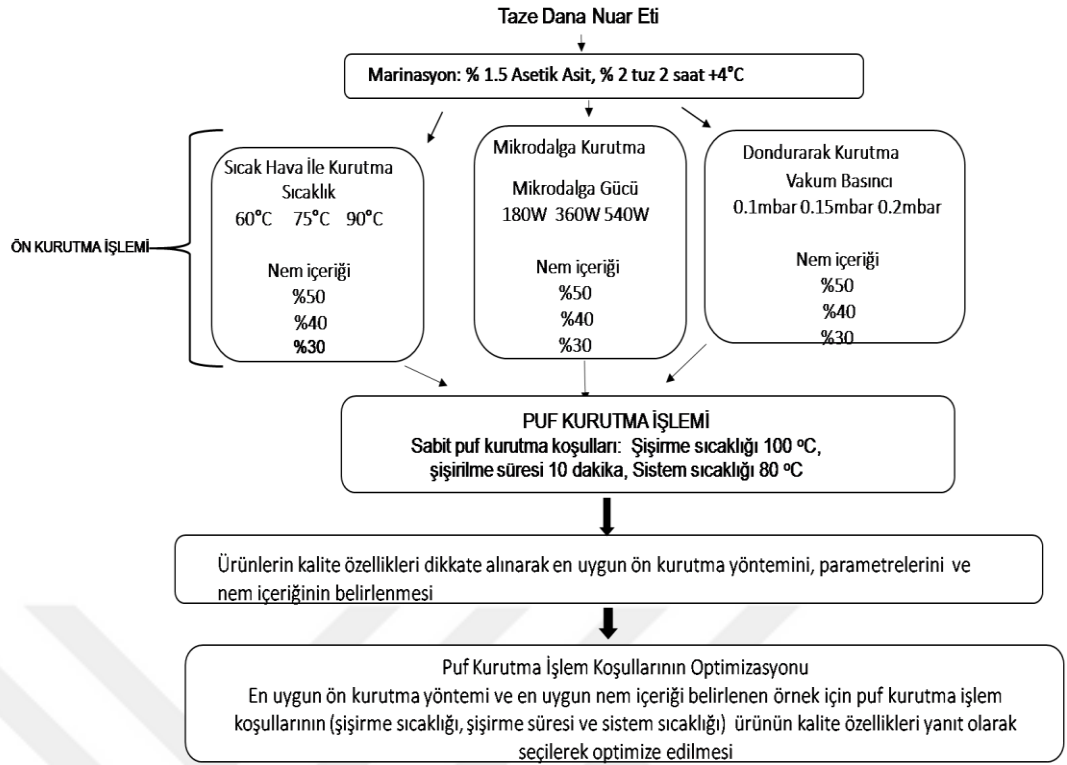
3.1 Materyal

Et kurutma denemelerinde yağ içeriğinin düşük olması nedeniyle dana nuarı kullanılmıştır. Materyaller Pınar Entegre Et ve Un Sanayi A.Ş. (İzmir)' den temin edilmiştir. Kesimden 24 saat sonra karkastan çıkartılmış olan kaslar kurutma denemelerine kadar 4°C' ta vakum ambalajda maksimum 1 hafta depolanmıştır. Atıştırmalık etlerin ambalajlanmasında kullanılmış olan polietilen tereftalat/Alüminyum metalize polietilen tereftalat / düşük yoğunluklu polietilen (PET/Al Metalize PET/LDPE), Bak Ambalaj San. A.Ş. (İzmir)' den sağlanmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Deneme Planı

Bu tez kapsamında puf kurutma öncesi dana nuar örneklerinin puf kurutma işleminin genel niteliğini sağlaması ve ön kurutma yöntemi etkisinin de belirlenmesi açısından belirli nem içeriklerine sıcak hava (tepsili), mikrodalga ve dondurarak kurutma yöntemleri ile kurutularak getirilmiştir. Bu üç yönteme puf kurutma öncesi uygulanması ön görülen üç işlem değişkeni ve üç farklı nem içeriği belirlenmiş ve uygun ön kurutma işlemi seçimi için sabit koşullarda (100° C' de 10 dakika puf işlemi ve 80° C' ta ~% 5 (yaş temelde) nem içeriğine kadar (vakum altında kurutma) puf kurutulan örneklerin daha sonra optimum koşullarda üretimi de gerçekleştirilmiştir. Optimum üretim denemeleri sonrasında ise bu optimum koşulda üretilen örneğe ait doğrulama denemeleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda kullanılan deneme yöntemine ait şema Şekil 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3.1 Dana nuar örneklerinin kurutulması çalışmalarındaki deneme planı şeması

3.2.2 Örnek Hazırlama

Dana nuar etleri, görünür yağlarından arındırıldıktan sonra 3x2x1 cm, 3x2x0.1 cm ve 3x2x0.5 cm boyutlarında olacak şekilde kesilmiş ve ön deneme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan ön deneme çalışmalarında 3x2x1 cm boyutundaki örneğin atıştırmalık ürün boyutuna göre büyük ve kuruma süresi açısından uzun bir süreye sahip olduğu, 3x2x0.1 cm boyutuna sahip örneğin ise; fazla küçük ve ağızda kolay dağılan ve atıştırmalık hissi vermeyen örnek olduğu belirlenmiştir. Böylece ön deneme çalışmaları sonucunda 3x2x0.5 cm boyutuna sahip örnek denemeler için en uygun örnek boyutu olarak belirlenmiştir. Çalışmalar boyunca birden fazla karkasa ait nuar etleri temin edilmiş olup, her bir deneme sürecinde gelen etlerin fiziksel bileşim, kimyasal bileşim, renk ve dokusal özellikleri belirlenmiştir. Ön deneme çalışmalarında uygun marinasyon seçimi işlemi de gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada ayrı ayrı olarak sitrik asit, fosfat ve asetik asit ile sabit oranlarda NaCl içeren marinatlar hazırlanmış ve örneklerin dokusal özelliği

olarak yumuşaklığı ve izoelektrik pH' dan uzaklaştırılıp asidik gıdalara yakın bir pH değerine en yakın olduğu aralık hedef olarak seçilmiştir. Burada % 1.5 asetik asit ve % 2 tuz içeren marinasyon çözeltisi en uygun çözelti bileşenleri ve oranları olarak belirlenip, tüm denemeler öncesinde boyutlandırılan örnekler 2 saat boyunca $+4^{\circ}\text{C}$ ta bu çözelti içinde marine edilmiştir. Marinasyon işlemi sonrası etlerin fazla suyu süzülüş ve dondurarak kurutma işlemi haricinde (dondurularak işleme hazırlanmış) tüm etler bekletilmeksizin işlenmiştir.

3.2.3 Ön Kurutma Denemeleri ve Kuruma Eğrilerinin Çıkarılması

Çalışmalarda puf kurutma öncesi dana nuar eti örneklerinin nem içeriğini belirli değerlere indirmek için yapılan ön kurutma işlemleri; sıcak hava ile kurutma (tepsili), mikrodalga ile kurutma ve dondurarak kurutma olmak üzere 3 farklı yöntem olacak şekilde denenmiştir.

3.2.3.1 Ön kurutma işlemleri için kuruma eğrilerinin çıkarılması

Bu kısımda sıcak hava ile kurutma, mikrodalga ile kurutma ve dondurarak ön kurutma işlemleri sonucunda istenen nem içeriği değerlerinin belirlenmesi çalışmaları yapılmıştır. Bu üç yöntem için de farklı sürelerde kurutma işlemleri gerçekleştirilmiş ve örneklerin nem değerleri tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda sıcak hava ile kurutma işleminde % 20 nem değerinin altına düşülmesinin oldukça uzun zaman aldığı görülmekle birlikte diğer yöntemlerle yapılan ön kurutma çalışmaları sonrasında % 20 nem değeri ve altındaki örneklerin puf kurutma işlemi sonrasında hedeflenen dokusal ve duyusal niteliğe ulaşmadığı görülmüştür. % 50 nem değerinin üstünde ise; tüm yöntemlerde örneklerin puf kurutma süresinin oldukça uzun ve dokusal açıdan hedeflenen kalitede olmadığı 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.

Belirlenen nem içeriklerinde (% 50.0 ± 2.0 , % 40.0 ± 2.0 ve % 30.0 ± 2.0) ön kurutma işlemlerinin yapılması aşamasında üç kurutma yönteminde farklı sıcaklık, sistem basıncı ve mikrodalga güçlerinde kurutmalar yapılarak örneklere ait kuruma

eğrileri çıkarılmıştır. Bu süreç boyunca örnekler belli aralıklarda tartılmış ve örneklerin ağırlık kaybı belirlenmiştir. Sonrasında zamana bağlı nem içeriği değişimi göz önünde tutularak elde edilen kuruma eğrilerinden üç farklı yöntemin her koşulu için hedeflenen nem içeriklerine ulaşılma süreleri belirlenmiştir. Kurutma işlemleri sıcak hava için değişen bağıl nem koşulları dikkate alınarak 3 tekrar olarak diğer yöntemler için ise 2 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.2 Sıcak hava ile kurutma

Sıcak hava ile kurutma çalışmaları Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği pilot tesisinde bulunan tepsili kurutucu ile (Eksis Kurutma Sistemleri, Isparta, Türkiye) gerçekleştirilmiştir. Dana nuar etinin sıcak hava ile ön kurutulması çalışmalarında kullanılacak olan hava hızının belirlenmesi için 1, 1.2 ve 1.8 m/s değerleri için ön denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu denemeler kapsamında puf kurutma işlemi öncesinde etin düşük hava hızı ile kurutulmasının çok uzun sürede gerçekleşmesinin dokusal olarak da nitelikli bir ürün ortaya koymadığı, örnek iç yapısına az etki ederek, dış yapıda kabuksu bir yapı oluşturulmasının puf kurutma sonrasında daha uygun bir yapı sağladığı bulgulanmış ve bu durumu en iyi sağlayacak kurutma hızının 1.8 m/s hava hızında gerçekleştirilebildiği ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. 3x2x0.5 cm olacak şekilde boyutlandırılıp, sonrasında marine edilen dana nuar etleri 60, 75 ve 90°C hava sıcaklıklarında, 1.8 m/s hava hızında kurutulmuş ve örneklerin kurutma sonrasında nem içeriklerinin % 50.0, % 40.0 ve % 30.0 (yaş temel) değerlerinde olması sağlanacak şekilde kurutma yapılmıştır. Üç sıcaklıkta hedeflenen nem değerine ulaşılması için gereken süreler kuruma eğrilerinden belirlenmiştir. Bu koşullarda dana nuar örnekleri için 3 farklı sıcaklıkta 1.8 m/s hava hızında toplam 9 deneme gerçekleştirilmiştir. Sıcak hava ile kurutucuya her denemede 550±10 g marine edilmiş örnek konulmuş ve kurutma işlemleri 2 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir (9x2=18 deneme). Ön kurutma işlemleri sonrasında örneklerin nem, protein, yağ ve tuz içeriği, yağ oksidasyon değeri (TBARS değeri) 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.

3.2.3.3 Dondurarak kurutma

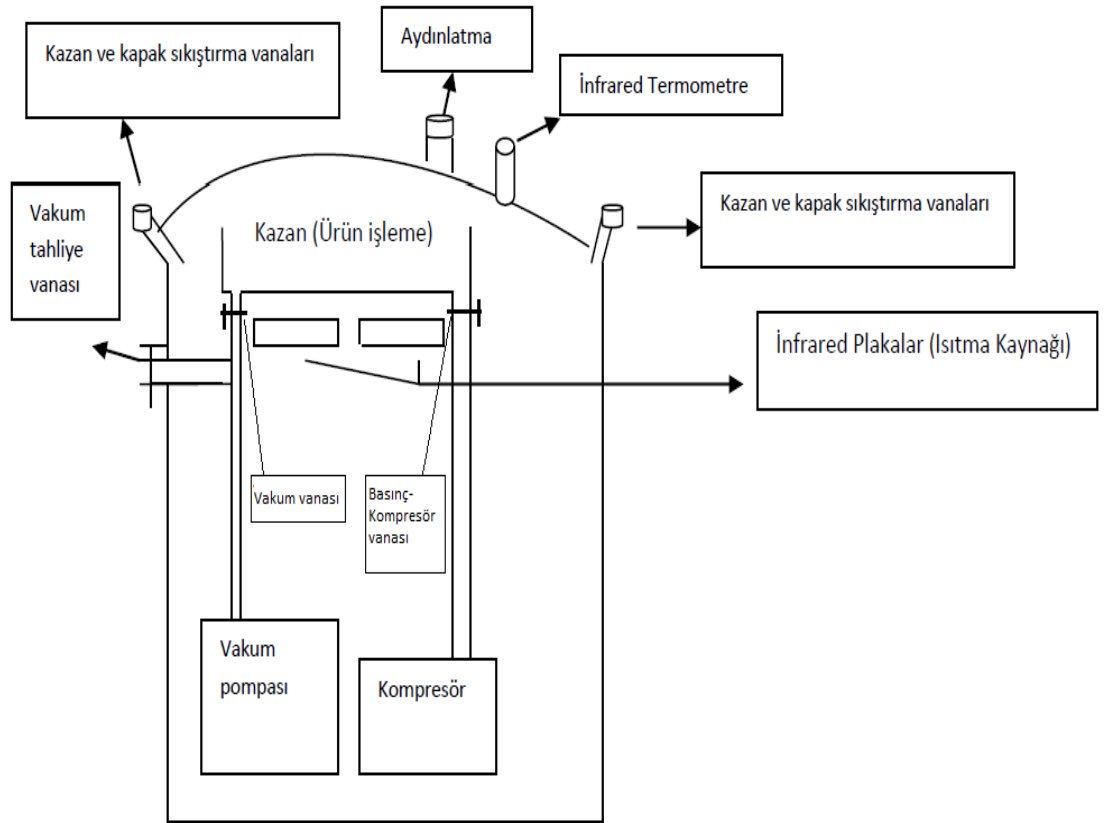
Dondurarak kurutma yöntemi ile yapılan çalışmalar Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği pilot tesisinde bulunan liyofilizatör (Telstar, İspanya) ile gerçekleştirilmiştir. 3x2x0.5 cm olacak şekilde boyutlandırılıp, marine edilen dana nuar örnekleri -24°C' ta dondurulduktan sonra bekletilmeksizin dondurarak kurutucuya alınmıştır. Ön kurutma çalışmaları 0.1, 0.15 ve 0.2 mbar vakum basınçlarında kuruma eğrilerinde belirli sürelerde alınan örneklerle bağlı olarak belirlenen nem içerikleri göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Üç değişik vakum basıncında üç farklı nem içeriğine kadar örneklerin ön kurutulması için 9 deneme gerçekleştirilmiştir. Denemeler 2 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir (9x2=18 deneme). Ön kurutma işlemi sonrasında ise dana nuar etlerinin nem, protein, yağ ve tuz içeriği, yağ oksidasyonu değeri (TBARS), ağırlık kaybı, su aktivitesi (aw değeri), pH değeri, yığın yoğunluğu, genişleme oranı, renk değerleri (L*, a*, b*) ve dokusal özellikleri (sertlik ve gevreklik) belirlenmiştir.

3.2.3.4 Mikrodalga kurutma

Örneklerin mikrodalga işlemine tabi tutularak kurutulması Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği pilot tesisindeki Mikrodalga fırın (Arçelik MD-55) ile gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga ile kurutulan marine edilmiş dana nuar örnekleri kuruma eğrileri çalışmalarında belirlenen nem içerikleri ve daha önce belirtilen üç farklı mikrodalga gücünde (540, 360 ve 180 W) belirlenmiş olan sürelerde gerçekleştirilmiştir. Farklı üç mikrodalga gücü ve nem içeriği için 9 adet deneme yapılmıştır ve her deneme 2 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir (9x2=18 deneme). Mikrodalga ile ön kurutma işlemi sonrasında da diğer ön kurutma işlemleri sonrasında olduğu gibi dana nuar örneklerinde nem, protein, yağ, tuz içeriği ve oksidasyon değeri (TBARS), ağırlık kaybı, su aktivitesi (aw değeri), pH değeri, yığın yoğunluğu, genişleme oranı, renk değerleri (L*, a*, b*) ve dokusal özellik (sertlik ve gevreklik) analizleri yapılmıştır.

3.2.4 Patlatmalı Puf Kurutma Sistemi ile Uygun Ön Kurutma İşleminin Seçilmesi

Örneklerin puf kurutma ile denge nem içeriğine kadar kurutularak tekstürize edilmesi işlemi Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği pilot tesisinde Rapid Gıda A.Ş. (İzmir) firmasından temin edilen gıdalarda puf yapı oluşturma cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Sisteme ait dizayn Köprüalan, (2019) tarafından gerçekleştirilen tez çalışmasında kullanılan dizayn ile aynı olup, kurutucuya ait dizayn, kurutucu görüntüsü ve puf kurutucu cihazın kullanıcı ekranı Şekil 3.2, 3.3 ve 3.4' te verilmiştir.



Şekil 3.2 Puf kurutma cihazının şematik olarak kısımlarının gösterimi (Köprüalan, 2019)



Şekil 3.3 Puf kurutma cihazı



Şekil 3.4 Puf kurutucu kullanıcı ekranı

Dizaynı verilen puf yapı oluşturma cihazı; maksimum 1.9 bar mutlak şişirme basıncında ve minimum 0.25 bar mutlak basınçta (- 0.75 bar gösterge basıncında)

vakum altında çalışabilmektedir. Sabit koşullarda puf kurutma işlemleri ve optimizasyon çalışmaları boyunca şişirilme basıncı 1.9 bar (mutlak) ve 0.25 bar (mutlak) olacak şekilde uygulanmıştır. 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 sağlanmakta ve gerektiğinde kullanıcı tarafından değiştirilebilmektedir (Şekil 3.4). Puf işlemi için gerekli olan ısı kaynağı kazan altında bulunan iki adet infrared plaka ile sağlanmıştır. Cihazın üst kısmına yerleştirilmiş olan lazer termometre ile kazan yüzeyi ve kazan üzerinde bulunan örnekler için sıcaklık verileri alınabilmektedir. Sıcaklık ayarı, cihazın ürün sıcaklığına bağlı olarak otomatik olarak gerçekleştirilmekte ve ölçülen sıcaklık ürün sıcaklığından düşüken ısı kaynağın açılması, yüksekken kapatılması sağlanabilmektedir. PLC sistem sayesinde örnekler istenilen sıcaklık ve basınç koşulunda puf işlemine tabi tutulup, yine istenilen sıcaklık ve sürede vakum altında kurutulmaktadır. Uygun ön kurutma işleminin seçimi basamağında ise sıcak hava, mikrodalga ve dondurarak kurutma ile ön kurutulmuş örnekler, ön kurutma işlem ve koşullarının etkisini belirlemek amacıyla, sabit koşullarda (şişirme basıncının 1.9 bar mutlak basınçta, şişirme sıcaklığının 100 °C, şişirme süresinin 10 dakika, ardından sistem sıcaklığı 80 °C, 0.25 bar mutlak basınç) puf kurutma işlemine tabi tutulmuşlardır.

3.2.5 Puf Kurutma İşlem Koşullarının Optimizasyonu

Dana nuar eti için uygun ön kurutma işlem koşulları ve yöntemi belirlendikten sonra, puf kurutma işlem koşullarının ürün kalitesi üzerine olan etkisi cevap olarak belirlenecek şekilde optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Puf kurutma işlem koşulları; şişirme sıcaklığı, şişirme süresi ve vakum sıcaklığı olarak seçilmiş ve Box-Behnken deney tasarımına göre çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Örnekler için puf kurutma işlem koşulları sınır değerleri Çizelge 3.1' de verilmiştir. Box-Behnken tasarımı göz önüne alınarak, her örnek için beş tanesi merkez noktada toplam 17 deneme yapılmıştır (Çizelge 3.2). Şişirme sıcaklığı, şişirme süresi ve sistem sıcaklığı (vakum altında kurutma sırasında kullanıcı tarafından girilen sıcaklık) bağımsız değişkenlerine yanıt olarak; aw değeri (0.2 hedef değeri), maksimum genişleme oranı ve maksimum duyuşal doku (gevreklik) seçilmiştir.

Çizelge 3.1 Ön kurutulmuş dana nuar 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 Dana nuar et örneklerinin puf kurutma koşullarının optimizasyonu süresince izlenen Box- Behnken Deneme Dizaynı

Deneme No	Şişirme Sıcaklığı (°C) (A)	Şişirme Süresi (Dak) (B)	Sistem Sıcaklığı (°C) (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	125	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 polinomiyal denklem oluşturulmuş ve Eş (1)' de verilmiştir.

$$\text{Yanıt} = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} x_{ji} \quad (k = 1,2,3) \quad (1)$$

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 and Suich, 1980) kullanılmıştır. Modele göre belirlenmiş optimum noktada (optimum işlem koşullarında) beş deneme yapılmış ve optimum nokta deneysel olarak da doğrulanmıştır.

3.2.6 Analiz Yöntemleri

Taze, marine, ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş dana nuarı örneklerine yapılan analizler Çizelge 3.3' te verilmiştir.

Çizelge 3.3 Dana nuarı örneklerinde uygulanan analizler

Taze Dana Nuarı	Marine Dana Nuarı	Ön Kurutulmuş Dana Nuarı	Puf Kurutulmuş Dana Nuarı
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 (%)

3.2.6.1 Bileşim Analizleri

Taze dana nua eti örnekleri ile marine, ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş et örneklerinde nem içeriği belirlemesi gravimetrik yöntem ile (AOAC, 2005), protein içeriği tayini, Kjeldahl yöntemine (AOAC, 2005) ve tuz oranı ise Mohr yöntemine göre (Ludorf and Meyer, 1973) belirlenmiş ve sonuçlar % cinsinden ifade edilmiştir. Tüm et örneklerinin pH değeri örnekler homojenize edilip 5 g kadar tartıldıktan sonra 50 ml yaklaşık 70° C' deki saf su içerisinde AOAC (2012) yöntemine göre belirlenmiştir. Yağ içeriği belirlemesinde ise; yağ ekstraksiyonu gerçekleştirilmesi yapılmıştır. Bunun için yaklaşık 10 g örnek homojenize edilerek, homojen bir yapı kazandırılmış ve daha sonra kloroform: metanol

karişımı (2:1) ile yağ ekstraksiyonu yapılmış ve sonrasında örneklerden çözgen evaporasyon yöntemi ile uzaklaştırılmış ve toplam yağ içeriği gravimetrik olarak belirlenmiştir. Sonuçlar % cinsinden verilmiştir (Flynn and Bramblett, 1975).

3.2.6.2 Su Aktivitesi (aw değeri)

Taze nuar eti, marine et ile ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş bütün örneklerde su aktivitesi (aw değeri), Testo su aktivitesi ölçüm probu (Testo, Freiburg, Almanya) ile belirlenmiştir. Su aktivitesi (aw) belirlenirken yaklaşık 3-4 g et örneği su aktivitesi kabına alınıp, probun bulunduğu paslanmaz çelikten sızdırmaz hazne içerisine konulmuştur. Su aktivitesi cihazı ara yüzünde dengenin sağlandığı görüldüğünde su aktivitesi değeri kaydedilmiştir. Ölçümler üç tekrar olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.6.3 Renk Değerleri

Taze dana nuarı, marine edilmiş, ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin L*, a*, b* değerleri renk ölçüm cihazı (Minolta, CR-300) ile tespit edilmiştir. Örneklerden dörder ölçüm alınarak renk değerlerinin belirlenmesi yapılmıştır.

3.2.6.4 Yığın Yoğunluğu

Taze, marine edilmiş, ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş dana nuarı örneklerinin yığın yoğunlukları, 100 ml' lik hacimli silindirin tamamını örnekler kaplayana kadar ekleme yapılmış ve 100 ml' deki örnek ağırlıkları belirlenmiştir. Yığın yoğunluğu, örnek ağırlıklarının örnek hacimlerine oranı ile hesaplanmıştır (kg/m^3) ve analiz üç tekrar olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.6.5 Genişleme Oranı

Puf kurutma işlemi öncesinde ve sonrasında bütün örneklerin hacimleri kolza tohumu ile yer değiştirme metodu kullanılarak belirlenmiştir (AACC, 2000). Genişleme oranı ise, bu hacimler kullanılarak Eş. 2' ye göre hesaplanmıştır ve analiz 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

3.2.6.6 Ağırlık Kaybı

Tüm marine edilmiş dana nuarı örneklerinin ön kurutma öncesi, ön kurutma sonrası ve puf kurutma sonrası ağırlıkları belirlenmiş ve her aşama için gravimetrik ağırlık kayıpları verilmiştir. Ağırlık kaybı sonuçları % olarak ifade edilmiştir (Arimi et al. 2008).

3.2.6.7 Rehidrasyon Oranı

Puf kurutulmuş bütün örneklerin her biri tartılarak süzgeç içerisine yerleştirilmiş ve 25°C' deki su banyosuna daldırılmıştır. Örnekler farklı zaman aralıklarında su banyosundan çıkarılmış, yüzeydeki fazla su peçete yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Bu aşama iki ardışık kayıt arasındaki fark 0.001 g' dan düşük olana kadar tekrarlama yapılmıştır. Rehidrasyon oranı Eş. 3' e göre hesaplanmıştır (Yi et al. 2016);

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

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

3.2.6.8 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 dana nuar eti, marine edilmiş et örneklerinde silindirik prob sadece sıkıştırma işlemi ile sertlik belirlenmesi amacıyla kullanılmış ve bu örneklerde sadece sertlik değerleri belirlenmiştir (Paula and Conti-Silva, 2014). Ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş et örneklerinde ise yine silindirik prob kullanılmış ve bu örneklerde uygulanan işlemin örnek dokusunda kırılgenlik ve çıtırılık yaratıp yaratmadığı da sıkıştırma

işlemindeki kırılma sayıları ile test edilmiştir. Bu örneklerin yine aynı zamanda sıkıştırma işlemi ile sertlik değerleri de belirlenmiştir. Dokusal analizler sırasında örneklerden beş ölçüm alınmıştır.

3.2.6.9 Makro ve Mikro Yapının Belirlenmesi

Puf kurutma uygulanmış et örneklerinin makro yapısı, örnekler eşit boyutta ikiye kesilerek ve tarayıcı ile fotoğraflanarak belirlenmiştir (Hp Officrjet Pro 8600).

Mikro yapının belirlenmesinde ise puf kurutulmuş örneklerin mikro yapıları Ege MATAI 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 örneklerle ait ortalama gözenek çapı (μ m) da belirlenmiştir.

3.2.6.10 Oksidasyon derecesi (TBARS değeri)

Ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş dana nuar et örneklerine ait oksidasyon derecesinin belirlenmesi Tarladgis et al. (1960) yöntemine göre yapılmıştır. 20 g olacak şekilde tartılan örnekler % 20' lik Trikloroasetikasit (TCA) ve 1:1 oranındaki TCA, saf su içeren çözeltiler ile blender yardımı (Arzum, Soppa 600) ile parçalanarak kaba filtreden süzölmüş ve sonrasında balonjojeye Watmann No.1 filtre kağıdından süzölerek aktarılmış, balon jejelerin hacmi 1:1 oranındaki TCA, saf su ile 100 ml' ye tamamlanmıştır. Bu çözeltiden 5 ml tüplere aktarılmış ve örneklere 5 ml 0.02 M TBA (Tiyobarbitürikasit) çözeltisi eklenmiş, örnekler daha sonra sıcak su banyosunda (80 °C) yarım saat süre ile bekletilmiş ve örneklerin absorbans değeri 532 nm' de okunmuştur. Bulunan absorbans değeri 5.2 değeri ile çarpılarak örneklere ait mg malonaldehit/kg ürün cinsinden TBARS değeri belirlenmiştir. Analiz üç tekrar olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.6.11 Duyusal Değerlendirme

Puf kurutulmuş et örneklerinin duyusal olarak değerlendirilmesinde renk, dış görünüş, lezzet yoğunluğu, sertlik, gevreklik ve okside lezzet tanımları unipolar

skalalar ile değerlendirilmiştir (Altuğ ve Elmacı, 2005; Paula and Conti-Silva, 2014). Tüm örnek değerlendirmeleri 1-9 puan arasında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, örneklerin tüm izlenim açısından da 1 ila 9 puan aralığında olacak şekilde değerlendirilmesi istenmiştir. Böylece, tüm izlenim puanı ile duyuşal olarak değerlendirilen diğler özellikler arasında ilişki kurularak tüm izlenim puanı yüksek olan örneklerin istenen sertlik, gevreklik ve lezzet gibi özellikleri belirlenmiştir. Bu özellikler doku ölçüm cihazı ile elde edilen doku analizi değerleri ile de ilişkilendirilmiş ve tüm izlenimi olumlu etkileyen sayısal değerler ortaya konulmuştur. Duyusal analiz 10 kişilik eğitilmiş panel grubu tarafından gerçekleştirilmiştir. Ön kurutma denemelerinde duyuşal değerlendirme için kullanılmış olan form Ek Şekil A1' de, puf kurutma işlem koşullarının optimizasyonu kısmındaki duyuşal değerlendirme çalışmasına ait duyuşal form ise Ek Şekil A2' de verilmiştir. Analiz çift tekrar yapılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.6.12 Mikrobiyolojik Analiz

Et örneklerine uygulanan işlemlerin çeşitli kalite kriterlerine olan etkisinin yanı sıra mikrobiyolojik kalitesinin de belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Marine örneklerde toplam canlı sayımı (ISO2293, 1998) ve en uygun ön kurutma yöntemi ve işlem koşullarının belirlenmesi aşamasında sabit koşullarda puf kurutulmuş et örneklerinde koagülaz pozitif stafilokok (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.

3.2.6.13 İstatistiksel Analiz

Dana nuarı örneklerinde uygun ön kurutma yöntemi ve nem içeriğı belirlemesi yapılırken, sıcak hava ile kurutmada sıcaklık, mikrodalga kurutma için mikrodalga gücü, dondurarak kurutma yönteminde de vakum basıncının etkisi ile tüm kurutma denemelerinde ürünlerin puf kurutma öncesi sahip olduğı nem içeriğı gibi kriterlerin ön ve puf kurutulmuş örneklerin belirlenen kalite parametreleri üzerinde olan etkisi SPSS (IBM SPSS Statistic Base 15.0) paket programı kullanılarak ANOVA analizi ile belirlenmiştir. Çalışmada % 95 güven

seviyesinde analizler gerçekleştirilmiştir. Denemeler 2 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.6.14 Optimizasyon (Box-Behnken)

Puf kurutma işlemi sonrasında seçilen örneklerde Design Expert 7 programında seçilen 3 bağımsız değişken ve 3 koşul için (şişirme sıcaklığı, şişirme süresi ve vakum sıcaklığı) Box-Behnken deneme dizaynına göre 5' i tüm koşullar için orta noktada, 12 deneme ise program üzerinden verilen deneme planına uygun olacak şekilde toplam 17 deneme yapılmıştır. Denemeler sonrası uygun model belirlemesi ve işlem değişkenlerinin yanıtlara olan etkileri bağımsız ve ortak etkiler olarak belirlenmiştir.

4.BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Taze Dana Nuar Eti Bileşimi

Taze dana nuar etleri Pınar Entegre Et ve Un Sanayi A.Ş' den 4 farklı zaman diliminde temin edilmiştir. Ön kurutma denemeleri kapsamında 4 kez et temini yapılmış ve et örneklerinde analizler gerçekleştirilip örnekler arası farklılıklar da belirlenmeye çalışılmıştır. Ön kurutma denemeleri kapsamında taze dana nuar eti örneklerine ait sonuçlar Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Taze et örneklerine ait bileşimler

	1.Örnek Grubu	2.Örnek Grubu	3.Örnek Grubu	4.Örnek Grubu
Nem içeriği (%)	72.08±0.76 ^a	71.77±0.59 ^a	72.45±0.27 ^a	71.82±0.53 ^a
aw değeri	0.996±0.001 ^a	0.997±0.001 ^a	0.994±0.002 ^a	0.998±0.001 ^a
pH	5.72±0.02 ^a	5.87±0.01 ^a	5.74±0.07 ^a	5.84±0.06 ^a
Yığın Yoğunluğu (kg/m³)	533.4±11.4 ^a	565.2±15.6 ^a	565.6±17.3 ^a	556±21.2 ^a
Renk Değerleri				
L*	43.70±0.96 ^a	41.16±1.50 ^a	41.07±2.70 ^a	41.22±1.36 ^a
a*	27.08±2.37 ^a	25.70±2.13 ^a	24.66±1.31 ^a	23.76±1.54 ^a
b*	10.39±1.54 ^a	11.90±0.48 ^a	11.47±0.88 ^a	11.54±0.96 ^a
Sertlik (g)	8222.5±838.5 ^a	7736.8±508.9 ^a	8469.3±881.9 ^a	8330.2±645.2 ^a
KM' de Protein (%)	81.64±0.94 ^a	79.18±1.58 ^a	80.58±1.97 ^a	79.84±1.58 ^a
KM' de Yağ (%)	9.99±0.67 ^a	9.71±0.26 ^a	9.76±0.50 ^a	9.91±1.49 ^a
KM' de Kül (%)	3.24±0.12 ^a	3.24±0.12 ^a	3.24±0.12 ^a	3.24±0.12 ^a

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

Çizelge incelendiğinde, tüm fiziksel ve kimyasal analizlerin sonuçları açısından örnek grupları arasında istatistiksel fark saptanmamıştır. Örnek gruplarının birbirlerinden belirgin oranda farklı olmamaları sebebi ile örneklere ait sonuçların ortalama değerler alınmış ve sonuçlar Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Taze dana nuar etine ait ortalama fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Bileşim Analizleri		Renk Analizleri	
Nem içeriği (%)	72.03±0.49	L*	41.79±1.63
aw değeri	0.996±0.002	a*	25.30±1.83
pH	5.77±0.15	b*	11.43±1.72
KM'de Yağ(%)	9.85±0.62	Doku Analizleri	
KM'de Protein(%)	80.31±1.44	Sertlik (g)	8332.7±1686.8
Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	555,3±18,2		

Taze et örneklerinin pH değerlerinin gıda güvenliği açısından riskli değerde olduğu (pH>4.5) görülmektedir ve bu sebeple etin pH değeri asidik marinasyon ile düşürülmeye çalışılmış, aynı zamanda marinasyon çözeltisine eklenen tuzun aw değeri ve mikrobiyal yük açısından daha güvenli et örnekleri sağlayacağı ön görülmüştür. Taze etin aw değerinin oldukça yüksek olduğu ve renk açısından kırmızılığının belirgin olduğu görülmektedir.

4.2 Marinasyon Sonrası Et Bileşimi

Marinasyon etin dokusunu yumuşatmak ve pH değerini izoelektrik pH' dan uzaklaştırıp daha güvenli pH değeri (~4.6) aralıklarına çekmek için uygulanmıştır. Bu aşamada çeşitli ön denemeler yapılarak çeşitli organik asitler (tripolifosfat, sitrik asit ve asetik asit) ve NaCl içeren çözeltiler ile denemeler farklı boyutlarda kesilmiş et örneklerinde denenmiş ve en uygun çözeltinin tüm örnek boyutları için asetik asit ve NaCl içeren çözelti olduğuna karar verilmiştir. % 1.5 asetik asit ve % 2 tuz içeren çözelti ile marine edilen et örneklerine ait sonuçlar Çizelge 4.3' te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Marine dana nuar eti örnek gruplarına ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Analiz Adı/Örnek	1.Örnek Grubu	2.Örnek Grubu	3.Örnek Grubu	4.Örnek Grubu
Nem içeriği (%)	73.24±0.36 ^a	72.84±0.39 ^a	73.05±0.83 ^a	72.55±0.34 ^a
aw değeri	0.996±0.002 ^a	0.995±0.001 ^a	0.997±0.001 ^a	0.996±0.001 ^a
pH	4.70±0.07 ^a	4.39±0.30 ^a	4.26±0.41 ^a	4.55±0.20 ^a
Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	581,2±8,6 ^a	559,4±33,2 ^a	566,3±54,3 ^a	592,6±11,7 ^a
Renk Değerleri				
L*	45.07±2.19 ^a	43.64±2.29 ^a	43.72±1.22 ^a	45.27±0.45 ^a
a*	10.83±2.36 ^a	9.54±1.25 ^a	11.34±0.57 ^a	12.20±1.12 ^a
b*	11.50±0.98 ^a	12.60±1.42 ^a	11.98±0.79 ^a	12.31±0.99 ^a
Sertlik (g)	6616.4±420.20 ^a	6776±912.8 ^a	6840.7±432.7 ^a	6962.4±158.3 ^a
KM' de Protein (%)	83.43±1.12 ^a	82.59±0.94 ^a	83.17±1.07 ^a	81.68±1.37 ^a
KM' de Yağ (%)	8.87±1.01 ^a	9.06±0.13 ^a	8.73±1.45 ^a	8.64±0.86 ^a
KM' de Tuz (%)	6.97±0.23 ^a	6.66±0.96 ^a	6.86±1.35 ^a	7.03±1.71 ^a

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

Çizelge 4.3' e göre, marine edilmiş örneklerin pH değerlerinin kullanılan asidik marinasyonun hedefi olan et pH' sını izoelektrik pH' dan (5.4) uzaklaştırmaya uygun olduğu bulgulanmıştır. Kimyasal özellikler bakımından örnekler arasında istatistiksel fark saptanmamıştır (p>0.05). Marine örnek sertlik değerleri taze örneklerle kıyaslandığında, taze örneklerle göre daha düşük sertlik değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Bu durum marinasyon işleminin temel hedefi olan dokunun yumuşatılmasında etkili olduğunu, asidik marinasyonun içerisindeki bileşenlerin ve marinasyon içerisinde örneklerin tutulma sürelerinin yeterli bulunduğunu göstermektedir. Marine edilmiş örneklerin yığın yoğunlukları incelendiğinde ise; taze örneklerin yığın yoğunlukları ile (Çizelge 4.1) benzer olduğu görülmektedir. Marinasyon sonrası, örneklerde parlaklık (L*) değerlerinin düşük miktarlarda olsa da artmış olduğu, kırmızılık (pozitif a*) değerlerinin taze örneklerle göre ciddi oranda azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte marine örneklerle ait sarılık (pozitif b*) değerlerinin taze örneklerle oldukça yakın olduğu bulunmuştur. Marine edilmiş örneklerin bileşim değerleri ise taze örnek sonuçlarına yakın olarak bulgulanmıştır.

Marine örneklerle ait örnek gruplarının birbirleri arasında istatistiksel fark olmaması sebebi ile bu örnek grubu verilerinin de ortalaması alınmış ve ön kurutma çalışmaları sonuçları ile kıyaslama yapılırken de bu ortalama sonuçlar

dikkate alınmıştır. Marine örnek sonuçlarına ait ortalama değerler Çizelge 4.4' te verilmiştir.

Çizelge 4.4 Marine dana nuar eti örnek gruplarına ait ortalama fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

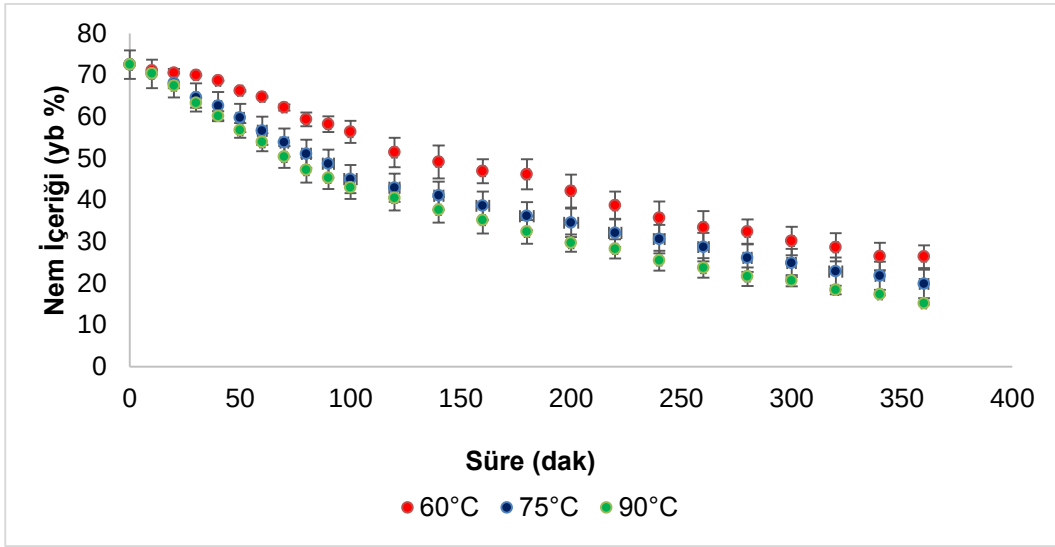
Bileşim Analizleri		Renk Analizleri	
Nem içeriği (%)	72.92±0.45	L*	44.43±1.43
aw değeri	0.996±0.001	a*	10.98±1.42
pH	4.48±0.26	b*	12.10±1.32
KM'de Yağ(%)	8.83±0.72	Doku Analizleri	
KM'de Protein(%)	82.72±1.05	Sertlik (g)	6609.4±1065.2
Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	575,6±26		
KM'de Tuz (%)	6.88±0.86		

Marine edilmiş dana nuarı etinde fiziksel ve kimyasal analizlerin yanı sıra mikrobiyolojik analizler de gerçekleştirilmiştir. Marine örnekler için toplam mikrobiyal yükün belirlenmesi adına toplam canlı sayımı mikrobiyal analiz olarak yapılmıştır. Marine örnekte uygulanan analiz sonrası örneğin toplam canlı yükünün 10^7 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 olan 10^7 kob/ g' dan yüksek olduğunu göstermektedir.

4.3 Dana Nuar Eti için Ön Kurutma Eğrilerinin ve Kuruma Sürelerinin Belirlenmesi

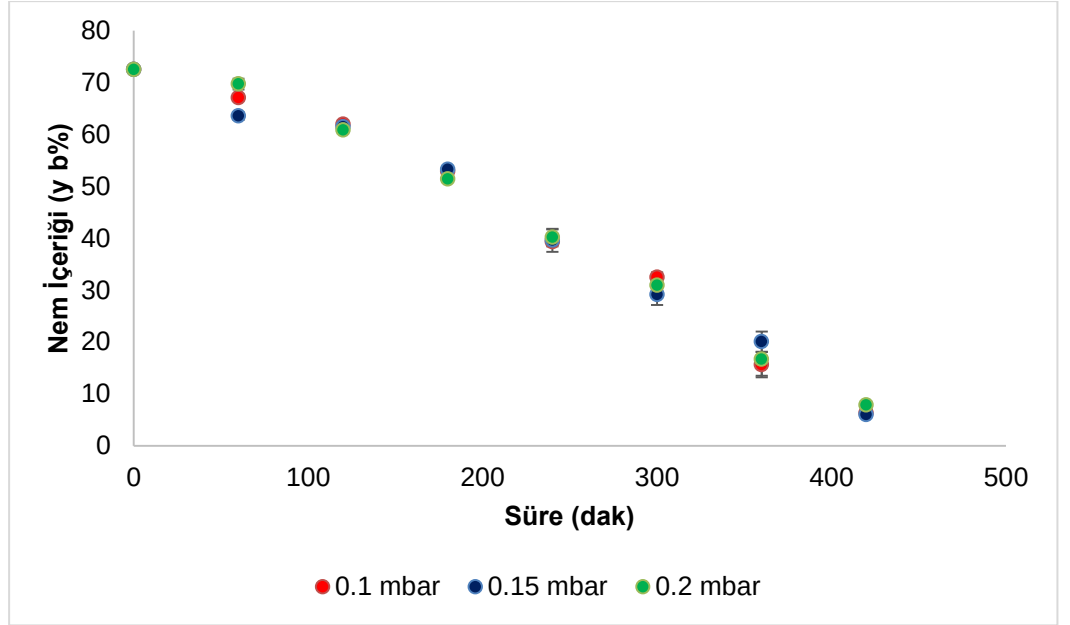
Dana nuarı örneklerinden çalışmalarda kullanılacak uygun örnek boyutunun seçilmesi amacıyla farklı boyutlandırmalar yapılmış ve örnekler 3 farklı ön kurutma yöntemine ve ardından puf kurutma yöntemine tabi tutulmuşlardır. Hem

ön kurutulmuş hem de puf kurutulmuş örneklerde sertlik, gevreklik, pH, nem ve a_w değerleri kriterleri göz önüne alınarak uygun örnek boyutu belirlenmiştir (3x2x0.5 cm). Uygun boyut belirlemesi yapılan ve seçilmiş uygun çözelti ile marine edilen örnekler 3 farklı yöntem ile kurutulmuş ve örneklerin belirli sürelerdeki nem içeriği belirlenerek nem içeriği-kuruma süresi grafikleri oluşturulmuştur. Sıcak hava ile kurutulmuş dana nuarı et örnekleri 60, 75 ve 90°C' larda 1.8 m/s hava hızında kurutulmuştur. Farklı sıcaklıklara ait kuruma eğrileri Şekil 4.1' de verilmiştir.



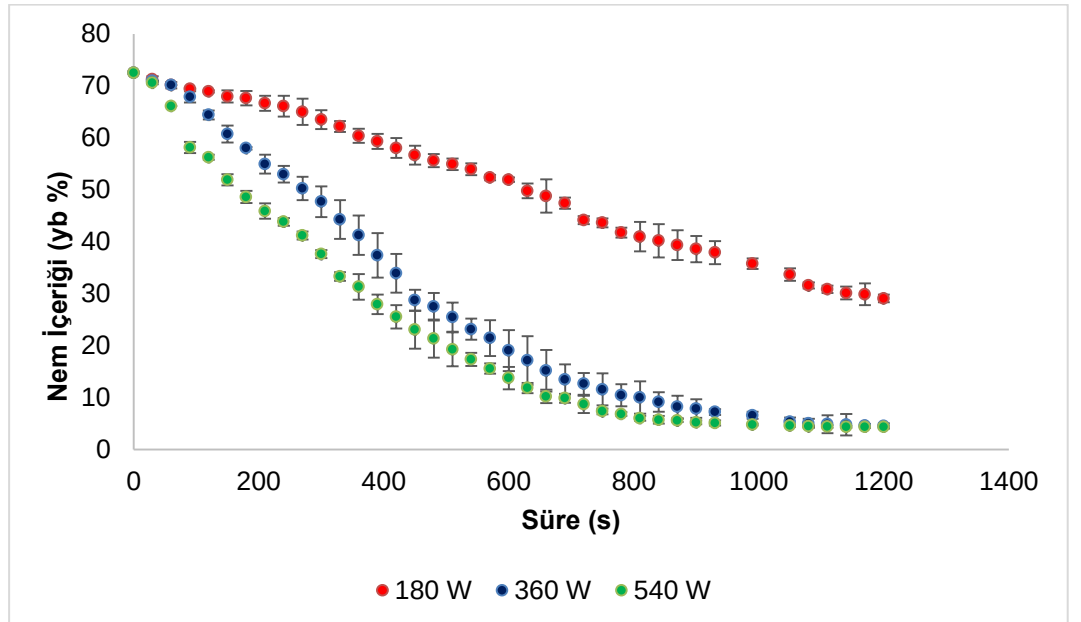
Şekil 4.1 Sıcak hava ile kurutulan örneklerin zamana bağlı nem içeriği (yaş temelde) değişimi

Sıcak havada kurutma haricinde dondurarak kurutma ve mikrodalga ile kurutma yöntemlerinde de 3 farklı koşulda kurutma çalışmaları yapılarak zamana bağlı nem içerikleri ile kuruma eğrileri çıkarılmıştır. Dondurarak kurutma ile 3 farklı vakum basıncı koşullarında kurutulan örneklere ait kuruma eğrileri Şekil 4.2' de verilmiştir.



Şekil 4.2 Farklı vakum basınçlarında dondurarak kurutulan örneklerin zamana bağlı nem içeriği (yaş temelinde) değişimi

Mikrodalga kurutma yöntemi kullanılarak 3 farklı Watt gücünde gerçekleştirilen kurutma denemelerinde elde edilen eğriler Şekil 4.3' te verilmiştir.



Şekil 4.3 Farklı Watt güçlerinde mikrodalga ile kurutulan örneklerin % nem içeriklerinin (yaş temelinde) zamana bağlı değişimi

Benzer nem içeriklerine ulaşılması için 360 W ve 540 W mikrodalga güçlerinde geçen sürelerin birbirine yakınlığı görülürken, 180 W mikrodalga gücünde ise daha uzun kurutma süresine ihtiyaç duyulmaktadır. Sıcak hava kurutma yöntemi ile kıyaslandığında 180 W mikrodalga gücünde bile yaklaşık 20 dakika içerisinde % 20 nem içeriğine ulaşılabilir. Bu durum, mikrodalga ile gerçekleştirilen kurutmanın sıcak hava ile kurutmadan çok daha kısa olduğunu göstermektedir.

Ön kurutma yöntemleri kurutma hızları açısından karşılaştırıldığında en hızlı kurutma yönteminin mikrodalga, daha sonra sıcak hava ile kurutma ve en yavaş kurutma yönteminin ise dondurarak kurutma olduğu belirlenmiştir. Farklı nem içeriklerindeki ön kurutulmuş örnekler puf kurutucuda çeşitli şişirme sıcaklığı, şişirme basıncı ve vakum sıcaklıklarında deneyerek ön kurutulmuş örneklerin puf kurutucuda kurutulacağı sabit puf kurutma koşulu 100° C' ta 1.9 bar basınçta 10 dakika puf işlemi, 80° C' ta 0.25 bar basınçta denge nem içeriğine kadar vakum kurutma olarak belirlenmiştir. Daha sonra kuruma eğrileri üzerinden seçilen 5 farklı nem içeriğine ait (% 60, 50, 40, 30, 20) örnekler puf kurutucuda sabit koşullarda (100° C' ta 1.9 bar basınçta 10 dakika puf işlemi, 80° C' ayarlanan sıcaklıkta 0.25 bar basınçta denge nem içeriğine kadar vakum altında kurutma işlemi) kurutulmuş ve bu 5 örnek içerisinde sertlik ve duyusal kalite açısından en kabul edilebilir olan 3 farklı nemdeki (% 50, 40, 30) örnek seçilerek ön kurutma denemelerinde bu örneklerle ilgili ön kurutma yöntemleri ve puf kurutma kombine kurutma çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler boyunca örneklerin ön kurutma ve puf kurutma koşul ve süreleri Çizelge 4.5' te verilmiştir.

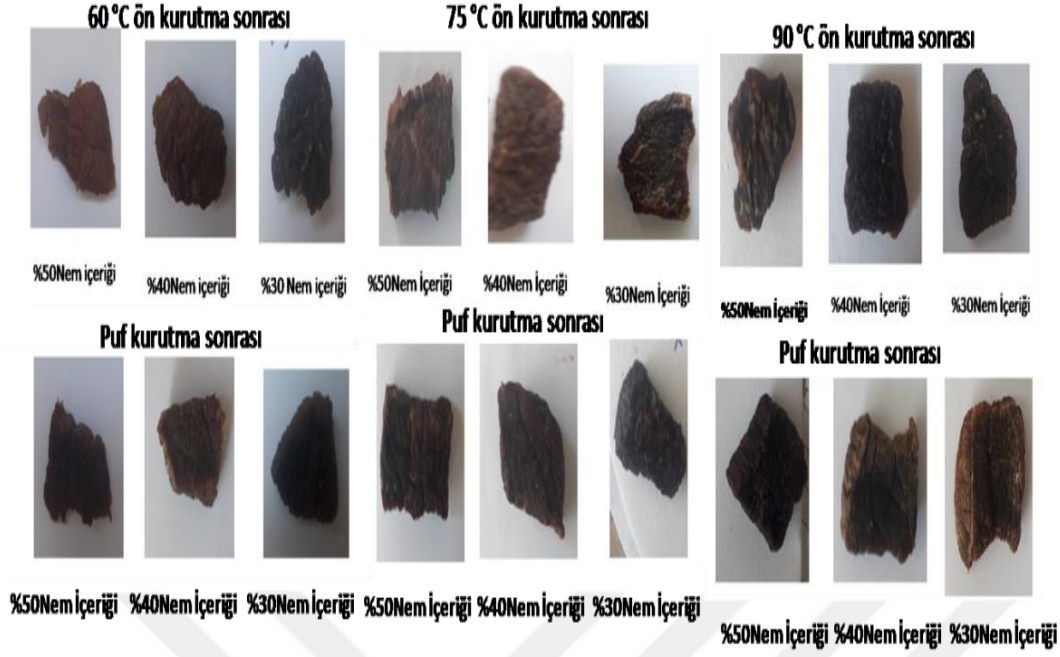
Çizelge 4.5 Farklı ön kurutma ve puf kurutma işlem parametreleri ve süreleri

Mikrodalga Kurutma	Ön kurutma işlemi		Puf Kurutma İşlemi	
Güç (W)	Nem İçeriği (%)	Süre (dakika)	1.9 bar 100°C	Sistem 80°C
			Süre (dakika)	Süre (dakika)
180	50.0±2.0	11.5	10	160
	40.0±2.0	16.5	10	135
	30.0±2.0	19.8	10	110
360	50.0±2.0	6.2	10	160
	40.0±2.0	7.5	10	135
	30.0±2.0	9.5	10	110
540	50.0±2.0	4.5	10	160
	40.0±2.0	5.0	10	135
	30.0±2.0	6.5	10	110
Dondurarak Kurutma	Ön kurutma işlemi		Puf Kurutma İşlemi	
Basınç (mbar)	Nem İçeriği (%)	Süre (dakika)	1.9 bar 100°C	Sistem 80°C
			Süre (dakika)	Süre (dakika)
0,1	50.0±2.0	200	10	225
	40.0±2.0	250	10	190
	30.0±2.0	302	10	150
0,15	50.0±2.0	191	10	225
	40.0±2.0	262	10	190
	30.0±2.0	292	10	150
0,2	50.0±2.0	184	10	225
	40.0±2.0	256	10	190
	30.0±2.0	313	10	150
Sıcak Hava ile kurutma	Ön kurutma işlemi		Puf Kurutma İşlemi	
Sıcaklık (°C)	Nem İçeriği (%)	Süre (dakika)	1.9 bar 100°C	Sistem 80°C
			Süre (dakika)	Süre (dakika)
60	50.0±2.0	140	10	160
	40.0±2.0	210	10	140
	30.0±2.0	305	10	120
75	50.0±2.0	95	10	160
	40.0±2.0	160	10	140
	30.0±2.0	245	10	120
90	50.0±2.0	105	10	160
	40.0±2.0	165	10	140
	30.0±2.0	235	10	120

4.4 Ön Kurutma Denemeleri

4.4.1 Sıcak Hava İle Ön Kurutma + Puf Kurutma

Sıcak hava ile 60, 75 ve 90°C' ta % 50, % 40 ve % 30 nem içeriğine kadar ön kurutma uygulanıp, sabit koşullarda puf kurutma uygulanan örneklerle ait görüntüler Şekil 4.4' te verilmiştir.



Şekil 4.4 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin görüntüleri

Çizelge 4.6' da sıcak hava ile ön kurutulan ve ardından puf kurutulan örneklere ait ön kurutma ve puf kurutma işlemi sonrası elde edilen nem içeriği, aw değeri, ağırlık kayıpları ve pH değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.6 Sıcak hava ile ön kurutma gerçekleştirilen örneklerin ön kurutma ve puf kurutma sonrası fiziksel bileşim sonuçları

Sıcaklık (°C)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		Ağırlık Kaybı (%)	Nem İçeriği (%)	aw	pH	Ağırlık Kaybı (%)	Nem İçeriği (%)	aw	pH
60	50.0±2.0	40.82±1.06 ^a	51.52±0.50 ^d	0.984±0.002 ^c	5.17±0.37 ^c	77.01±2.83 ^a	9.03±1.76 ^{bc}	0.723±0.026 ^d	4.91±0.03 ^{bc}
	40.0±2.0	45.92±6.44 ^{ab}	41.73±0.19 ^c	0.969±0.009 ^c	5.09±0.24 ^c	78.25±0.93 ^a	10.38±0.26 ^c	0.691±0.007 ^d	4.69±0.06 ^{ab}
	30.0±2.0	58.08±5.77 ^{cd}	31.61±0.36 ^a	0.917±0.023 ^b	4.96±0.13 ^{abc}	79.73±3.98 ^a	6.36±0.21 ^{ab}	0.438±0.017 ^b	4.99±0.00 ^c
75	50.0±2.0	47.72±2.18 ^{ab}	51.26±1.37 ^d	0.966±0.002 ^c	4.57±0.34 ^{ab}	79.23±1.00 ^a	8.19±1.17 ^{bc}	0.592±0.003 ^c	4.64±0.04 ^a
	40.0±2.0	56.68±1.01 ^{cd}	39.21±0.52 ^b	0.977±0.012 ^c	4.48±0.03 ^a	78.62±1.05 ^a	5.70±1.33 ^{ab}	0.587±0.013 ^c	4.89±0.01 ^{bc}
	30.0±2.0	58.16±1.89 ^{cd}	32.16±0.09 ^a	0.879±0.004 ^a	4.97±0.04 ^{abc}	78.67±0.56 ^a	6.96±2.25 ^{abc}	0.445±0.006 ^b	4.95±0.02 ^c
90	50.0±2.0	53.55±4.03 ^{bc}	49.67±2.23 ^d	0.982±0.000 ^c	4.89±0.17 ^{abc}	77.11±0.68 ^a	6.11±2.74 ^{ab}	0.542±0.016 ^c	4.82±0.27 ^{abc}
	40.0±2.0	50.17±0.11 ^{bc}	39.89±0.64 ^{bc}	0.979±0.003 ^c	5.00±0.00 ^{bc}	76.18±0.67 ^a	5.19±0.96 ^{ab}	0.540±0.011 ^c	5.02±0.03 ^c
	30.0±2.0	62.10±0.27 ^d	30.25±0.16 ^a	0.905±0.002 ^b	4.89±0.00 ^{abc}	79.68±0.13 ^a	4.12±1.25 ^a	0.251±0.053 ^a	4.94±0.00 ^c

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

Sıcak hava ile ön kurutma uygulanan örneklerde ağırlık kayıplarının istatistiksel olarak birbirinden farklı gruplandığı belirlenmiştir. Ancak, puf kurutma işlemi sonrasında ağırlık kayıpları arasında istatistiki bir fark saptanmamıştır (Çizelge 4.6). Ön kurutulmuş örneklerde nem içeriğinin azalmasına bağlı olarak aw değerlerinde bir düşüş saptanmıştır ve örneklerin istatistiksel olarak birbirinden farklı oldukları da ($p<0.05$) belirlenmiştir. Puf kurutulmuş örneklerin aw değerleri açısından da bu istatistiki yorum yapılabilmektedir ve ayrıca yine ön kurutma nem içeriğinin azalması ile birlikte puf kurutma sonrasındaki aw değerlerinin de azaldığı görülmektedir. Puf kurutma işlemi sonrasında ürünlerin nem içeriği değerleri % 4.12 ile % 10.38 arasında değişiklik göstermektedir (Çizelge 4.6). Düşük sıcaklıkta ön kurutma işlemi uygulanan puf kurutulmuş örneklerin nem içeriği ve aw değeri daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun nedeninin düşük sıcaklıkta sıcak hava ile kurutma işleminin hedeflenen nem içeriğine ulaşmak için uzun süre gerektirmesi ve dolayısıyla kabuk oluşumunu artırması olduğu düşünülmüştür. pH değerlerine bakıldığında ise; örneklerin marinasyon sonrası pH değerlerinin genel olarak arttığı görülmüştür. Kayaardı (1992)' nin yapmış olduğu çalışma ile örneklerin aw değeri ve pH değerleri kıyaslandığında, ilgili çalışmanın güneş altında ve iklim kabininde yapılmış olduğu ve marinasyon ön işlemi içermediği görülmektedir. Çalışmadaki pH verilerine bakılarak Çizelge 4.6' daki pH ve aw değerlerinin daha düşük olduğu (puf kurutma sonucundaki ürün açısından) görülmektedir. Puf kurutmadaki yüksek basınç ve sıcaklığın dokunun gevşetilerek suyun daha kolay uzaklaşmasını sağlamasının örneklerin su aktivitelerindeki düşüklük (Chen et al. 2017; Kozempel et al. 1989) üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Çizelge 4.7' de ön kurutma işleminde uygulanan sıcaklık ve ulaşılması hedeflenen nem içeriğinin dana nuar etinin fiziksel özellikleri üzerine etkisini açıklamak amacıyla gerçekleştirilen çift yönlü (two way) ANOVA istatistiksel analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.7 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin ağırlık kaybı, nem içeriği, aw değeri ve pH değeri özelliklerinin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri					
		Ön Kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası		
		Ağırlık Kaybı (%)	aw değeri	pH	Ağırlık Kaybı (%)	aw değeri	pH
Model	8	0.002*	0.000*	0.091	0.489	0.000*	0.036*
Sabit	1	0.000	0.000*	0.000*	0.000	0.000	0.000*
X ₁	2	0.012*	0.037*	0.021*	0.534	0.000*	0.246
X ₂	2	0.000*	0.000*	0.786	0.237	0.000*	0.040*
X ₁ * X ₂	4	0.086	0.095	0.188	0.537	0.004*	0.038*
R ²		0.882	0.967	0.695	0.473	0.987	0.763

X₁: Sıcaklık, X₂: Hedeflenen Nem içeriği, *: p<0.05 düzeyinde anlamlı

Gerçekleştirilen istatistiksel analizlerle ön kurutma için işlem değişkenlerinin (sıcaklık ve hedeflenen nem içeriği) bağımsız ve ortak olarak etkilerinin yapılan analizlerdeki anlamlılık düzeyleri incelenmiştir. İlgili sonuçlar göz önüne alındığında, sıcaklık parametresinin bağımsız etkisinin ön kurutulmuş örneklerin tüm fiziksel özellikleri üzerinde anlamlı olduğu ($p<0.05$), puf kurutulmuş örnekler için ise, sıcaklık bağımsız değişkeninin sadece aw değerleri üzerinde anlamlı bir fark yarattığı saptanmıştır. Hedeflenen nem içeriği bağımsız değişkeninin ön kurutulmuş örneklerde pH dışındaki diğer iki analiz sonucu üzerinde anlamlı düzeyde etkili olduğu tespit edilip, puf kurutulmuş örneklerde ise aw ve pH değerleri üzerinde anlamlı bir fark yarattığı sonucuna varılmıştır ($p<0.05$). Hedeflenen nem içeriği ve sıcaklık bağımsız değişkenlerinin ortak etkileri incelendiğinde ise; ön kurutulmuş örnekler üzerinde bu ortak etkinin anlamlı düzeyde bulunmadığı ($p>0.05$) belirlenmiş ve puf kurutulmuş örneklerin de aw değeri ve pH değerleri üzerinde bu değerlerin bir anlamlı fark yarattığı ($p<0.05$) sonucuna varılmıştır. Örneklere ait yığın yoğunluğu, genişleme oranı, dokusal özellikler ve rehidrasyon oranı sonuçları Çizelge 4.8' de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklere ait yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik, gevreklik ve rehidrasyon oranı sonuçları

Sıcaklık (°C)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası		Puf kurutma işlemi sonrası				
		Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Sertlik (g)	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Rehidrasyon Oranı (%)	Genişleme Oranı (%)	Sertlik (g)	Gevreklik
60	50.0±2.0	322.7±21.4 ^{ab}	>30000	269.0±8.4 ^a	124.3±2.97 ^{bcd}	99.20±0.98 ^f	>30000	2.5±0.7 ^a
	40.0±2.0	325.1±31.6 ^{ab}	>30000	317.0±4.2 ^{bcd}	113.2±1.42 ^a	89.80±1.27 ^{ef}	>30000	2.0±1.41 ^a
	30.0±2.0	303.0±25.2 ^a	>30000	298.3±16.6 ^{ab}	117.9±4.12 ^{ab}	75.95±1.62 ^{cd}	>30000	5.0±1.41 ^a
75	50.0±2.0	352.8±19.4 ^{bc}	23887.7±2093.2 ^{ab}	309.4±21.5 ^b	128.4±6.59 ^{cd}	80.65±8.83 ^{de}	>30000	2.5±0.7 ^a
	40.0±2.0	381.3±4.3 ^{cd}	29550.6±990.5 ^{abc}	321.3±4.7 ^{bcd}	130.9±6.26 ^d	64.95±3.88 ^{bc}	>30000	3.5±2.12 ^a
	30.0±2.0	355.3±21.6 ^{bcd}	27442.2±1322.2 ^{abc}	348.6±30.7 ^{cde}	121.8±1.37 ^{abc}	61.05±12.65 ^b	>30000	5.5±2.12 ^a
90	50.0±2.0	401.6±16.7 ^d	19667.5±2341.8 ^a	358.5±20.1 ^{de}	121.5±2.74 ^{abc}	52.05±3.46 ^{ab}	>30000	4.5±2.12 ^a
	40.0±2.0	370.3±13.2 ^{bcd}	21507.4±3608.4 ^a	367.9±6.8 ^c	118.8±0.04 ^{ab}	43.65±2.47 ^a	>30000	2.5±0.7 ^a
	30.0±2.0	376.2±2.4 ^{cd}	>30000	350.0±0.4 ^{cde}	119.6±0.78 ^{abc}	57.15±0.78 ^b	>30000	5.5±2.12 ^a

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

90°C' ta kurutulan örneklerin yığın yoğunlukları hem ön kurutma hem de puf kurutma işlemleri sonrasında daha yüksek bulunmuştur. Çizelge 4.8 incelendiğinde, örneklerin istatistiksel olarak farklı olduğu ve aynı sıcaklık veya nem içeriğine sahip örneklerde de istatistiksel olarak bu farklılığın gözlemlendiği saptanmıştır. Ön kurutulmuş örneklerde gevreklik tespit edilmezken, sıcaklık artışı ile ön kurutulmuş örneklerde sertlik değerlerinin genel olarak daha düşük olduğu görülmüştür. Sertlik değerlerinin özellikle farklı sıcaklık uygulamaları sonrasında istatistiksel farkın örnekler arasında olduğu gözlemlenmiş ve düşük sıcaklıklardaki ön kurutma işlemlerinde dış yüzeyde kabuk oluşumu kaynaklı yüksek dokusal sertliğin algılandığı öngörülmektedir. Puf kurutulmuş örneklerde ise ön kurutma aşamasında uygulanan sıcaklık ve hedeflenen nem içeriği fark etmeksizin sertlik değerleri 30000 g üzerindedir. En yüksek gevreklik/çıtırlık değerleri 75°C ve 90°C' ta % 30 nem içeriğine kadar ön kurutulup sonra puf kurutulmuş örneklerde tespit edilmiştir. Gevreklik değerleri arasında istatistiksel fark bulgulanmamıştır. Bu durum, gevreklik değerine ön kurutma sıcaklığı ve hedef nem içeriğinin etkisini saptanmasını zorlaştırmıştır. Örneklerin genişleme oranları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. Ön kurutma sıcaklığı artışı örneklerin genişleme oranlarında genel bir azalmaya sebep olmuştur. Puf kurutulmuş örneklerle ait rehidrasyon sonuçları istatistiki olarak birbirinden farklıdır. Ancak, sıcaklık değişimi veya hedeflenen nem değişkenlerine bağlı genel bir artış veya azalıştan bahsedilememektedir.

Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma işlemi uygulanan örneklerin yığın yoğunluğu, rehidrasyon oranı, genişleme oranı, sertlik ve gevreklik değerlerine ait istatistik sonuçları Çizelge 4.9' da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma işlemi uygulanan örneklerin yığın yoğunluğu rehidrasyon oranı, genişleme oranı, sertlik ve gevreklik değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	S D	p-değeri						
		Ön kurutma işlemi sonrası		Puf kurutma işlemi sonrası				
		Yığın Yoğunluğu	Sertlik	Yığın Yoğunluğu	Rehidrasyon Oranı	Genişleme Oranı	Sertlik	Gevreklik
Model	8	0.011*	0.035*	0.002*	0.020*	0.000*	0.031*	0.267
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.001*	0.017*	0.000*	0.006*	0.000*	0.019*	0.042*
X ₂	2	0.394	0.040*	0.061	0.100	0.007*	0.103	0.572
X ₁ * X ₂	4	0.361	0.247	0.125	0.107	0.024*	0.081	0.758
R ²		0.826	0.765	0.882	0.797	0.951	0.772	0.577

X₁: Sıcaklık, X₂: Hedeflenen Nem içeriği, * p<0.05 değerinde istatistiksel olarak önemli

Ön kurutma aşamasında uygulanan sıcaklık ve ulaşılması hedeflenen nem içeriğine ait bağımsız değişkenlerin tek başlarına ve ortak olan etkileri incelenmiş olup, sıcaklık bağımsız değişkeninin hem ön kurutulmuş hem de puf kurutulmuş örneklerin yığın yoğunluğu sonuçları üzerinde anlamlı etkisinin olduğu ($p<0.05$) saptanmıştır. Ön kurutulmuş örneklerin sertlik sonuçlarının çift yönlü ANOVA sonuçları incelendiğinde sıcaklık ve nem içeriği değişkenlerinin bağımsız olarak örnek sonuçları üzerinde anlamlı etkilerinin olduğu ($p<0.05$) ancak, ortak etkilerinin anlamsız olduğu gözlenmiştir. Puf kurutulmuş örneklerin sertlik sonuçları açısından çift yönlü ANOVA sonuçları incelendiğinde, sadece sıcaklık değişkeninin bağımsız etkisinin anlamlı olduğu görülmektedir. Çizelge 4.8' e göre örnekler arasında gevreklik değerleri bakımından istatistiksel fark gözlenmezken, yapılan çift yönlü ANOVA analizi sonucunda gevreklik parametresi üzerinde sıcaklık değişkeninin bağımsız etkisinin anlamlı olduğu saptanmıştır ($p<0.05$). Puf kurutulmuş örneklerin rehidrasyon sonuçlarına bakıldığında, istatistiksel olarak anlamlı farkın sadece sıcaklık değişkeninin bağımsız etkisinde kaynaklı olduğu görülmektedir. Genişleme oranı açısından ise, sıcaklık ve nem içeriği

değişkenlerinin bağımsız ve ortak etkilerinin anlamlı olduğu ($p<0.05$) sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.10' da ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerle ait renk değerlerinin (L^* , a^* ve b^*) sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.10 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	32.02±6.59 ^{ab}	16.50±0.30 ^b	7.75±3.43 ^a	31.99±1.11 ^c	10.71±0.17 ^d	7.18±0.96 ^{ab}
	40.0±2.0	32.76±0.83 ^{abc}	16.37±1.90 ^b	7.51±2.75 ^a	29.92±0.64 ^{bc}	9.43±0.49 ^{cd}	5.82±0.79 ^{ab}
	30.0±2.0	28.93±0.18 ^{ab}	9.29±3.97 ^a	5.96±2.24 ^a	29.78±1.44 ^{bc}	9.65±0.87 ^{cd}	7.77±0.96 ^{ab}
75	50.0±2.0	38.95±0.27 ^c	11.62±0.29 ^a	9.16±0.27 ^a	24.57±0.87 ^a	6.71±0.42 ^{ab}	5.88±0.61 ^{ab}
	40.0±2.0	34.12±4.00 ^{bc}	8.86±0.18 ^a	7.31±0.17 ^a	29.99±2.17 ^{bc}	7.84±0.22 ^{abc}	7.33±0.62 ^{ab}
	30.0±2.0	28.69±0.98 ^{ab}	9.18±1.01 ^a	5.70±0.83 ^a	26.63±2.93 ^{ab}	8.62±1.12 ^{bcd}	7.09±2.06 ^{ab}
90	50.0±2.0	28.80±0.47 ^{ab}	11.19±0.49 ^a	6.41±0.03 ^a	25.85±1.68 ^{ab}	6.54±2.40 ^{ab}	5.11±1.92 ^a
	40.0±2.0	29.24±0.79 ^{ab}	10.78±0.84 ^a	6.66±1.73 ^a	26.13±3.57 ^{ab}	6.10±0.31 ^a	5.62±2.88 ^{ab}
	30.0±2.0	27.40±1.12 ^a	10.29±1.06 ^a	6.13±0.30 ^a	28.38±2.16 ^{abc}	8.12±0.11 ^{abc}	8.98±0.42 ^b

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

Ön kurutulmuş örneklerin parlaklık değerleri (L^*) marine örneklerle oranla daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4.3). Parlaklık değerlerinin istatistiksel gruplarının birbirinden sıcaklık veya nem içeriği değişkeninden bağımsız olarak farklı olduğu bulgulanmıştır. Aynı durum puf kurutulmuş örneklerin L^* değerleri için de geçerlidir. Ön kurutulmuş örneklerin kırmızılık (pozitif a^*) değerleri marine örneklerle kıyasla oldukça azalırken (Çizelge 4.3), puf kurutulan örneklerde bu değerler ön kurutulmuş örneklerle yakın bulgulanmıştır. 75°C ve 90°C' larda ön kurutulan örneklerin a^* değerlerinin istatistiksel anlamda aynı olduğu bulgulanmıştır. Puf kurutulan örnekler için ise, bu durumun herhangi bir sıcaklık

grubu açısından gerçekleşmediği, örneklerin a^* değerlerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Sarılık değerleri (pozitif b^*) ise; hem ön kurutulmuş hem de puf kurutulmuş örneklerde marine örneklere benzer (Çizelge 4.3) olarak gözlemlenmiştir. Ön kurutulmuş örneklerde b^* değerleri açısından bir istatistiki farkın görülmediği (Çizelge 4.10), puf kurutulmuş örneklerde ise; 60°C ve 75°C' larda ön kurutma uygulanan örneklerin b^* değerlerinin istatistiki olarak farklılık göstermediği belirlenmiştir.

Farklı sıcaklık ve nem değerlerinde ön kurutma ve puf kurutma uygulanmış örneklerin renk değerleri üzerine bu bağımsız işlem değişkenlerinin etkisini gösteren ANOVA sonuçları 4.11' de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Sıcak hava ile ön kurutulmuş ve puf kurutma uygulanmış örneklerin renk değerlerine ait istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri					
		Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Model	8	0.031*	0.005*	0.645	0.070	0.012*	0.311
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.019*	0.003*	0.627	0.020*	0.001*	0.920
X ₂	2	0.026*	0.011*	0.240	0.604	0.216	0.102
X ₁ * X ₂	4	0.242	0.042*	0.781	0.137	0.215	0.347
R ²		0.772	0.857	0.403	0.717	0.823	0.555

X₁: Sıcaklık, X₂: Hedeflenen Nem içeriği

Çizelge 4.11' deki çift yönlü ANOVA sonuçları göz önüne alındığında, ön kurutulmuş örneklerde L* değerlerine ait istatistiksel anlamlı farkın sıcaklık ve hedef nem içeriği değişkenlerinin bağımsız etkileri sonucunda olduğu, puf kurutulmuş örneklerde ise, bu durumun sadece sıcaklık değişkeninin bağımsız etkisi sonucunda gerçekleştiği bulgulanmıştır. a^* değerleri açısından çizelge incelendiğinde, ön kurutulmuş örneklerde tüm bağımsız değişken etkisi ve ortak etkilerin, istatistiksel düzeyde anlamlı farka neden olduğu ($p < 0.05$) gözlenmişken, puf kurutulmuş örneklerde bu durum sadece sıcaklık değişkeninin bağımsız etkisi

ile bulgulanmıştır. b* değerleri bakımından tüm örnekler açısından herhangi bir değişkenin bağımsız etkisi veya ortak etkileri sonucunda istatistiksel düzeyde anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Sıcak hava ile ön kurutulmuş ve daha sonra puf kurutulmuş örneklerin kuru madde içeriğindeki % yağ, % tuz ve % protein bileşimi ile TBARS değerine ait sonuçlar Çizelge 4.12' de verilmiştir.



Çizelge 4.12 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin kimyasal bileşim sonuçları

Sıcaklık (°C)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein(%)	TBARS Değeri (mgmalonaldehit/kgürün)	KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein(%)	TBARS Değeri (mgmalonaldehit/kgürün)
60	50.0±2.0	5.84±0.84 ^a	8.37±0.65 ^a	84.91±1.98 ^a	0.56±0.26 ^a	7.04±0.47 ^{ab}	9.13±0.24 ^b	83.01±2.05 ^a	0.84±0.13 ^c
	40.0±2.0	8.93±0.55 ^d	7.60±2.68 ^a	81.94±3.83 ^a	0.35±0.00 ^a	6.29±1.04 ^a	7.67±1.95 ^{ab}	82.05±1.39 ^a	0.81±0.08 ^{bc}
	30.0±2.0	8.50±0.94 ^{cd}	6.31±0.13 ^a	84.42±1.55 ^a	0.36±0.21 ^a	7.08±1.08 ^{ab}	6.21±0.79 ^a	86.07±0.96 ^{ab}	0.67±0.00 ^{bc}
75	50.0±2.0	6.93±1.27 ^d	6.84±1.41 ^a	86.07±1.79 ^a	0.47±0.14 ^a	7.35±1.36 ^{ab}	5.69±0.38 ^{ab}	87.30±0.22 ^{ab}	0.79±0.24 ^a
	40.0±2.0	7.12±0.47 ^{abcd}	7.05±1.59 ^a	85.06±1.49 ^a	0.42±0.05 ^a	7.73±0.54 ^{ab}	6.46±0.08 ^{ab}	86.55±0.68 ^{ab}	0.64±0.14 ^{bc}
	30.0±2.0	7.05±1.40 ^{abcd}	7.01±1.17 ^a	85.19±0.91 ^a	0.37±0.06 ^a	6.16±0.49 ^b	6.19±1.48 ^{ab}	87.83±0.61 ^{ab}	0.76±0.01 ^{ab}
90	50.0±2.0	8.11±1.09 ^{bcd}	6.36±2.10 ^a	85.98±3.24 ^a	0.39±0.02 ^a	8.38±0.74 ^b	6.07±0.45 ^{ab}	85.33±1.51 ^b	0.71±0.22 ^{ab}
	40.0±2.0	5.97±0.24 ^{abc}	6.38±0.65 ^a	87.18±2.45 ^a	0.42±0.10 ^a	6.13±0.16 ^a	8.10±1.90 ^{ab}	85.02±7.09 ^{ab}	0.58±0.11 ^{ab}
	30.0±2.0	6.19±0.27 ^{ab}	7.73±0.68 ^a	86.31±1.22 ^a	0.53±0.11 ^a	5.90±0.24 ^a	6.67±0.00 ^{ab}	86.90±0.29 ^{ab}	0.69±0.13 ^{abc}

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

Farklı sıcaklıklarda farklı nem içeriklerine kadar kurutulan örneklerin protein içeriği % 80' in üzerindedir. Ön kurutulmuş örneklerin protein içerikleri açısından istatistiksel olarak fark bulgulanmazken, puf kurutulmuş örnekler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. Kayaardı (1992), yapmış olduğu tez çalışmasında güneş altında ve etüv fırın tipi kurutucuda kurutulmuş dana etlerinin protein içeriklerini % 40 civarında bulmuş olup, tuz ile kütleme yaptığı için tuz içeriği değerlerini herhangi bir sınır koşuluna (Gıda Kodeksi Et Tebliği veya farklı bir regülasyon sınır değeri düşünülmeden) bağlı olmadan % 20 ve üzerinde bulmuştur. Sıcak hava ile kurutulmuş örneklerin yağ içeriği ise çalışmaya benzer bulunmuştur. Farklı koşullarda ön kurutma ve ön kurutma + puf kurutma uygulanan örneklerin tuz içeriklerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğu bulgulanmıştır. Farklı koşullarda ön kurutulmuş örneklerin yağ içerikleri birbirlerine oldukça yakın olup, istatistiksel olarak da aralarında fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Puf kurutulan örnekler açısından ise; 75°C ve 90°C' larda ön kurutma + puf kurutma uygulanan örneklerin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı gözlenmiştir. Yağ oksidasyonu verileri incelendiğinde ise, TBARS değerlerinin 0.35 ile 0.84 mg malonaldehit/kg ürün aralığında olduğu görülmüştür. Et ürünleri için maksimum TBARS değeri 2 mg malonaldehit/kg ürün olarak sınır verilmektedir (Connell, 1990). Ön kurutulmuş örneklerin TBARS değerleri arasında istatistiksel fark gözlenmemiştir. Puf kurutulmuş örneklerde ise örneklerin istatistiksel olarak birbirlerinden farklı olduğu belirlenmiştir. Ön kurutma işlemi esnasında uygulanan sıcaklığın ve hedeflenen nem içeriğinin dana nuar etinin kimyasal bileşim sonuçları üzerine istatistiki etkisini gösteren çift yönlü ANOVA analizi sonuçları Çizelge 4.13' te verilmiştir.

Çizelge 4.13 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin kimyasal bileşimlerinin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	S D	p-değeri							
		Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		KM'de Tuz(%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein (%)	TBARS değeri	KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein (%)	TBARS değeri
Model	8	0.041*	0.651	0.564	0.518	0.052	0.242	0.129	0.682
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.170	0.830	0.160	0.869	0.050	0.773	0.036*	0.419
X ₂	2	0.993	0.210	0.776	0.475	0.204	0.165	0.335	0.471
X ₁ * X ₂	4	0.014*	0.752	0.731	0.297	0.063	0.176	0.316	0.719
R ²		0.754	0.401	0.440	0.460	0.739	0.591	0.663	0.386

X₁: Sıcaklık, X₂: Hedeflenen Nem içeriği, *:p<0.05 düzeyinde anlamlı

Çizelge 4.13' teki tuz içeriğine ait istatistiksel sonuçlar incelendiğinde, ön kurutulmuş örnekler sıcaklık ve nem içeriği bağımsız değişkenlerinin ortak etkileri anlamlı bulunurken ($p<0.05$), puf kurutulmuş örneklerde herhangi bir değişkeninin bağımsız etkisinin veya değişkenlerin ortak etkilerinin anlamlı düzeyde olmadığı görülmüştür. Yağ içeriği sonuçları incelendiğinde, tüm örnekler açısından herhangi bir değişkenin bağımsız veya ortak etkilerinin anlamlı bulunmadığı ($p>0.05$) sonucuna varılmıştır. Protein sonuçları açısından, sadece puf kurutulmuş örneklerde sıcaklık değişkeninin bağımsız etkisinin anlamlı düzeyde olduğu bulgulanırken, ön kurutulmuş örnekler açısından herhangi bir durum üzerinden istatistiksel düzeyde anlamlılığa rastlanmamıştır. TBARS değerleri açısından ise, tüm örnekler üzerinde herhangi bir değişkenin bağımsız etkisi veya bu değişkenlerin ortak etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ($p>0.05$) saptanmıştır.

Sıcak hava ile ön kurutulup ardından puf kurutulan örneklerin duyuşal değerlendirme sonuçları Çizelge 4.14' te, sıcaklık ve nem içeriğinin bu örneklerin duyuşal değerlerine etkisinin incelendiği ANOVA sonuçları ise Çizelge 4.15' te verilmiştir.

Çizelge 4.14 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin duyuşal değerlendirme sonuçları

Sıcaklık (°C)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Duyuşal Değerlendirme					
		Renk	Görünüş	Çıtırılık	Sertlik	Lezzet	Tüm İzlenim
60	50.0±2.0	5.80±0.00 ^a	5.70±0.42 ^{ab}	5.00±0.56 ^{abcd}	4.60±0.28 ^{ab}	5.40±0.28 ^a	5.20±0.28 ^{ab}
	40.0±2.0	4.70±1.55 ^a	4.90±0.98 ^{ab}	4.10±0.14 ^{ab}	5.10±0.14 ^{abc}	5.30±0.14 ^a	5.10±0.14 ^{ab}
	30.0±2.0	5.20±0.28 ^a	5.50±0.42 ^{ab}	5.20±0.56 ^{abcd}	5.30±0.42 ^{abc}	5.20±0.56 ^a	5.10±0.14 ^{ab}
75	50.0±2.0	5.50±1.55 ^a	6.10±0.70 ^b	5.50±0.42 ^{bcd}	6.60±0.28 ^c	5.70±0.70 ^a	5.80±0.84 ^{ab}
	40.0±2.0	5.60±0.00 ^a	6.20±0.00 ^b	5.70±0.70 ^{bcd}	6.30±0.14 ^c	5.50±0.14 ^a	5.80±0.00 ^{ab}
	30.0±2.0	5.80±0.28 ^a	5.60±0.28 ^{ab}	4.90±0.98 ^{abc}	4.60±1.13 ^{ab}	5.00±1.13 ^a	5.30±0.70 ^{ab}
90	50.0±2.0	4.60±0.84 ^a	5.20±0.84 ^{ab}	4.90±0.7 ^{cd}	5.80±0.28 ^{bc}	5.60±1.41 ^a	5.50±1.27 ^{ab}
	40.0±2.0	4.05±1.48 ^a	4.00±1.41 ^a	3.70±0.70 ^a	3.90±0.14 ^a	4.10±0.98 ^a	4.10±1.27 ^a
	30.0±2.0	5.50±1.55 ^a	5.70±1.27 ^{ab}	6.70±1.27 ^d	6.60±1.41 ^c	6.00±1.69 ^a	6.20±1.13 ^b

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

Çizelge 4.14 incelendiğinde, renk ve lezzet değerlendirmelerinin birbirleri içerisinde istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı belirlenmiştir. Diğer değerlendirme parametrelerinin ise, istatistiksel olarak kendi aralarında birbirlerinden farklı olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.15 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyusal değerlendirme istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri					
		Renk	Görünüş	Çıtırılık	Sertlik	Lezzet	Tüm İzlenim
Model	8	0.722	0.353	0.036*	0.019*	0.724	0.442
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.516	0.391	0.039*	0.340	0.549	0.470
X ₂	2	0.373	0.168	0.194	0.137	0.954	0.561
X ₁ * X ₂	4	0.809	0.468	0.042	0.007*	0.477	0.287
R ²		0.366	0.535	0.764	0.799	0.366	0.494

X₁: Sıcaklık, X₂: Hedeflenen Nem içeriği, *: p<0.05 düzeyinde anlamlı

Duyusal kalite kriteri olarak incelenen renk özelliği açısından 75°C' ta % 30 nem içeriğine ön kurutma ve sonra puf kurutma uygulanan örnek, panelistler tarafından en iyi örnek olarak değerlendirilmiştir. Renk üzerinde istatistiksel olarak sıcaklık ve nem içeriği değişkenlerinin bağımsız veya ortak etkilerinin anlamlı bulunmadığı ($p>0.05$) bulgulanmıştır. Örnek görünüşlerinde 75°C' ta % 30 nem içeriğine ön kurutulan örnek, en iyi örnek olarak belirlenirken, örnekler arasında sıcaklık ve nem değişkenlerinin bağımsız veya ortak etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.15). Çıtırılık açısından en yüksek puanı 90°C' ta % 30 nem içeriğine ön kurutulup sonrasında puf kurutulan örnek almıştır. Sıcaklık ve nem içeriği değişkenlerinin ortak etkilerinin çıtırılık üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ($p<0.05$) bulunmuştur. Sertlik değerleri 9 üzerinden 6.6 olan yani sertliği panelistler tarafından iyi olarak nitelendirilen iki örnek mevcuttur. İstatistiksel olarak ise örnek sertliklerine sıcaklık ve nem içeriği değişkenlerinin ortak olan etkilerinin önemli olduğu ($p<0.05$) saptanmıştır. Panelistlerin lezzet açısından en çok beğendiği örnek 90°C' ta % 30 nem içeriğine ön kurutulan örnek olmasına karşın, örneklerin ANOVA sonuçları arasında istatistiksel düzeyde önemli bir fark, sıcaklık veya nem içeriği değişkenlerinin bağımsız ortak etkileri bakımından saptanmamıştır ($p>0.05$). Tüm izlenim açısından en yüksek puanı alan örnek, 90°C' de % 30 nem içeriğine kadar ön kurutulan olarak bulunmuştur. Çizelge 4.15' teki çift yönlü ANOVA sonuçları açısından, örneklerin tüm izlenim

değerlendirmeleri üzerinde sıcaklık ve nem içeriği değişkenlerinin bağımsız ve ortak etkilerinin anlamlılığından söz edilememektedir ($p>0.05$).

Örneklerin makroyapılarının incelenmesi amacıyla tüm puf kurutulmuş örnekler ikiye ayrılarak tarayıcı ile fotoğraflanmıştır. Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklere ait makroyapı görüntüleri Şekil 4.5' te verilmiştir.

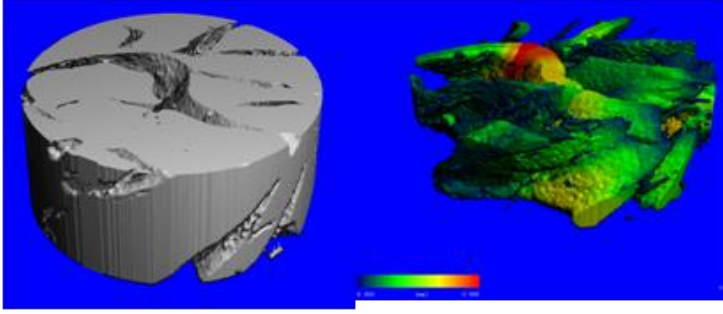


Şekil 4.5 Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin makroyapı görüntüleri

Sıcak hava ile ön kurutulmuş olan örneklerin puf kurutma sonrasında içyapılarının genellikle gözenekli olmadığı görülmüştür.

Şekil 4.6' da sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örnekler arasında en iyi gözenekliliğe ve poroziteye sahip olduğu belirlenen örnek olan 60°

C' ta % 30 nem içeriğine kadar ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneğin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.6 60° C' ta % 30 nem içeriğine kadar ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneğin mikroyapı görüntüsü

Örneğin mikroyapısı incelendiğinde, ortalama gözenek çapının 359.4 μm olduğu ve yüzde porozitesinin % 25.41 değerinde olduğu belirlenmiştir. Örnekte çoğunluklu olarak küçük ve orta boyutlu gözeneklerin belli bir bütün olarak bulunduğu saptanmıştır. Diğer örnekler için mikroyapı görüntüleri Ek Şekil B 1' de verilmiştir. Çizelge 4.16' da ise sıcak hava ile ön kurutma + puf kurutma uygulanan örneklerin mikroyapılarına ait sonuçlar verilirken, Çizelge 4.17' de örneklerin mikroyapılarının çift yönlü ANOVA analizi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.16 Sıcak hava ile ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanmış örneklerin mikroyapı görüntüleri

Sıcaklık (°C)	Hedeflenen Nem içeriği (%)	Ortalama Gözenek çapı (μm)	Porozite %
60	50.0±2.0	197.25±1.29 ^a	16.21±1.19 ^b
	40.0±2.0	238.10±2.12 ^b	18.63±1.03 ^b
	30.0±2.0	359.42±3.18 ^{bcd}	18.94±2.02 ^d
75	50.0±2.0	257.95±2.18 ^{cd}	19.32±0.61 ^c
	40.0±2.0	264.02±0.68 ^d	20.52±0.56 ^b
	30.0±2.0	278.84±3.72 ^{cd}	25.41±2.06 ^a
90	50.0±2.0	282.15±1.59 ^{bc}	22.28±1.59 ^b
	40.0±2.0	290.57±2.24 ^{bc}	19.35±1.03 ^b
	30.0±2.0	257.75±1.24 ^e	18.95±2.07 ^e

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

Çizelge 4.16 incelendiğinde, hem gözenek çapları hem de porozite sonuçları arasında istatistiksel fark görülmüştür. Sıcaklık farkı veya nem içeriğine bağlı bir artış veya azalışın ise her iki durum için de sağlanmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.17 Sıcak hava ile ön kurutma ve sonrasında puf kurutma uygulanan örnekler için mikroyapı sonuçlarının çift yönlü ANOVA analizi

Kaynak	SD	p-değeri	
		Ortalama Gözenek Çapı	Porozite
Model	8	0,000*	0,000*
Sabit	1	0,000	0,000
X ₁	2	0,000*	0,000*
X ₂	2	0,013*	0,0001*
X ₁ * X ₂	4	0,000*	0,0001*
R ²		0,963	0,980

X₁: Sıcaklık, X₂: Hedeflenen Nem içeriği, *: p<0.05 düzeyinde anlamlı

Sıcak hava ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin mikroyapılarına ait ANOVA sonuçlarına bakıldığında, hem gözenek çapları sonuçları hem de porozite değerlerine ait sonuçlar üzerinde sıcaklık ve nem içeriği değişkenlerinin bağımsız olarak ve bu değişkenlerin ortak etkilerinin değerlerde istatistiksel düzeyde önemli farklar (p<0.05) yarattığı belirlenmiştir.

Örnekler arasında en düşük ısı işlem koşulunda kurutulan (ön kurutma sıcaklığı-süresi ve puf kurutma süresi toplamı) ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneğe mikrobiyolojik analizler uygulanmıştır. Sıcak hava için en düşük ısı işlem koşulunda kurutulan örnek 60°C' ta % 50 nem içeriğine kadar ön kurutulan ve sonrasında puf kurutma ile kurutulan örnektir. Örneklerin mikrobiyolojik sonuçları Çizelge 4.18' de verilmiştir.

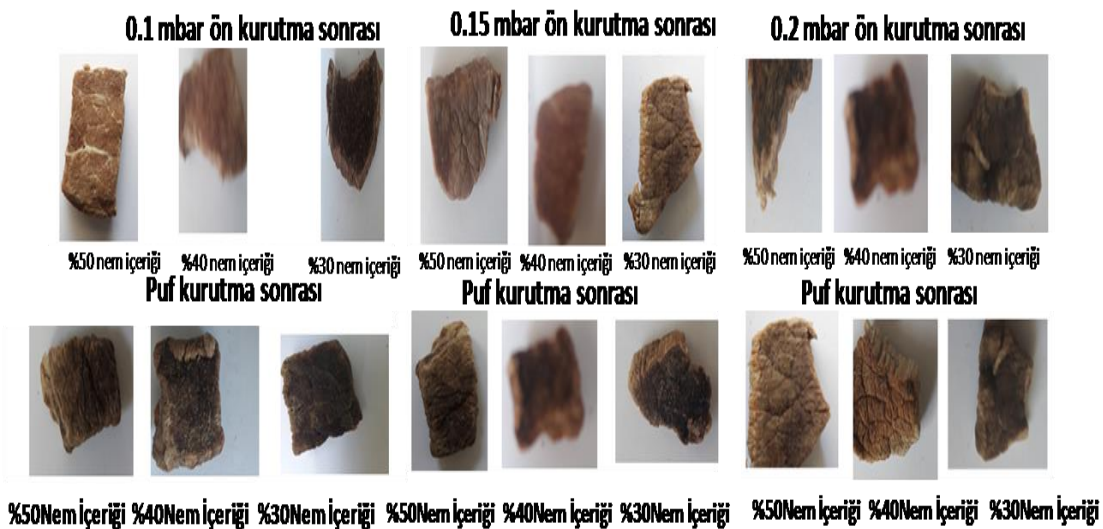
Çizelge 4.18 Sıcak hava ile ön kurutma ve sonra puf kurutma uygulanan örneklerin mikrobiyolojik analiz sonuçları

Örnek/Analiz	Ön Kurutulmuş	Puf Kurutulmuş				
60° C'ta %50±2.0 nem içeriği	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>Staphylococcus aureus</i> (kob/25g)
	8.0x10 ⁶	negatif	negatif	<10	negatif	<10

Çizelge 4.18' e göre sıcak hava ile ön kurutulan örneğin mikrobiyal yükü, başlangıç marine örneğin yüküne oranla (10⁷ kob/ g) azalmıştır. Puf kurutma ile kurutulmuş örneklerde ise Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği (2011)' nde kurutulmuş veya ısıtılmış işlem görmüş et ürünlerinde istenen şartlar sağlanmıştır.

4.4.2 Dondurarak Ön Kurutma + Puf Kurutma

Dondurarak ön kurutma işlemleri 0.1 mbar, 0.15 mbar ve 0.2 mbar vakum basınç değerlerinde gerçekleştirilmiş olup, örnekler sonrasında belirtilen koşullarda puf kurutulmuştur. Dondurarak ön kurutulan ve sonrasında puf kurutulan örneklerle ait görüntüler Şekil 4.7' de verilmiştir.



Şekil 4.7 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma sonrası örnek görüntüleri

Dondurarak ön kurutma işlemi uygulanan ve sonrasında puf kurutulan örneklerin fiziksel özelliklerine ait sonuçlar ve örnek gruplarına ait istatistikler Çizelge 4.19' da, vakum basıncı ve nem içeriğinin fiziksel özellikler üzerine etkisinin değerlendirildiği çift yönlü ANOVA sonuçları ise Çizelge 4.20' de verilmiştir.



Çizelge 4.19 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklere ait ağırlık kaybı, nem içeriği, aw değeri ve pH sonuçları

Basınç (mbar)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		Ağırlık Kaybı (%)	Nem İçeriği (%)	aw	pH	Ağırlık Kaybı (%)	Nem İçeriği (%)	aw	pH
0.2	50.0±2.0	44.70±5.40 ^{bc}	51.35±1.27 ^c	0.900±0.08 ^{ab}	4.77±0.07 ^a	51.15±4.51 ^c	9.88±0.74 ^b	0.385±0.13 ^c	4.96±0.02 ^b
	40.0±2.0	37.89±6.63 ^{ab}	42.66±0.49 ^b	0.962±0.02 ^b	4.68±0.33 ^a	49.88±1.86 ^{bc}	9.54±0.16 ^b	0.285±0.01 ^{bc}	4.87±0.12 ^{ab}
	30.0±2.0	51.15±2.94 ^c	30.95±1.95 ^a	0.870±0.04 ^{ab}	4.82±0.17 ^a	44.02±1.69 ^{ab}	3.08±0.11 ^a	0.200±0.00 ^{ab}	4.90±0.02 ^{ab}
0.15	50.0±2.0	30.01±3.76 ^a	50.77±0.44 ^c	0.946±0.01 ^{ab}	4.83±0.04 ^a	60.42±1.75 ^e	4.47±0.08 ^a	0.260±0.04 ^{ab}	4.97±0.02 ^b
	40.0±2.0	35.46±4.90 ^{ab}	42.14±0.74 ^b	0.922±0.03 ^{ab}	4.89±0.05 ^a	58.55±2.04 ^{de}	2.83±2.39 ^a	0.245±0.01 ^{ab}	4.89±0.11 ^{ab}
	30.0±2.0	43.49±0.98 ^{bc}	31.10±1.01 ^a	0.902±0.03 ^{ab}	4.67±0.09 ^a	48.93±0.98 ^{bc}	2.23±1.20 ^a	0.205±0.01 ^{ab}	4.98±0.00 ^b
0.1	50.0±2.0	37.11±7.48 ^{ab}	52.08±1.01 ^c	0.905±0.01 ^{ab}	4.85±0.07 ^a	53.37±4.34 ^{cd}	3.29±0.25 ^a	0.220±0.01 ^{ab}	4.76±0.03 ^a
	40.0±2.0	39.13±2.90 ^{ab}	42.89±0.21 ^b	0.901±0.01 ^{ab}	4.58±0.08 ^a	58.35±1.57 ^{de}	2.97±0.40 ^a	0.180±0.01 ^{ab}	4.79±0.05 ^a
	30.0±2.0	53.75±0.07 ^c	30.97±0.46 ^a	0.845±0.06 ^a	4.85±0.05 ^a	39.67±0.82 ^a	2.22±0.24 ^a	0.160±0.01 ^a	4.83±0.04 ^{ab}

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

Basınç değişiminden bağımsız olarak ön kurutulmuş örneklerde nem içeriğinin azalması ile birlikte ağırlık kaybının da genel olarak arttığı görülmüştür. Puf kurutulmuş örneklerin a_w değerleri 0.16 ile 0.385 değerleri arasındadır. İstatistiksel olarak ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin a_w değerlerinin çoğu arasında fark gözlenmese de değerler arasında genel bir fark tespit edilmiştir. 0.1 mbar vakum basıncında ve % 30 nem içeriğinde ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneğin a_w değeri en düşük değer olarak bulgulanmış olup, ön kurutma işlemindeki nem içeriğinin azalması ile puf kurutma sonucundaki a_w değerlerinin de azaldığı görülmektedir. Ön kurutulmuş örneklerin pH değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Puf kurutulmuş örnek grupları arasında ise genel olarak istatistiksel fark bulgulanmıştır.

Çizelge 4.20 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin fiziksel bileşimlerinin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri					
		Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası		
		Ağırlık Kaybı	a_w değeri	pH	Ağırlık Kaybı	a_w değeri	pH
Model	8	0.009*	0.226	0.416	0.000*	0.027*	0.050*
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X_1	2	0.024	0.272	0.858	0.001*	0.015*	0.005*
X_2	2	0.002	0.088	0.489	0.000*	0.018*	0.312
$X_1 * X_2$	4	0.340	0.602	0.206	0.050	0.364	0.564
R^2		0.834	0.578	0.505	0.931	0.781	0.741

X_1 : Vakum basıncı, X_2 : Hedeflenen Nem içeriği, *: $p<0.05$ düzeyinde anlamlı

Çizelge 4.20 dikkate alındığında, ön kurutulmuş örneklerin ağırlık kaybı değerleri model açısından istatistiksel öneme sahipken, herhangi bir değişkenin bağımsız etkisi veya ortak etkisinin anlamlı düzeyde olmadığı belirlenmiştir. Puf kurutulmuş örnekler için ağırlık kaybı değerlerinde ise, hem vakum basıncı hem de nem içeriği değişkenlerinin bağımsız etkilerinin istatistiksel düzeyde anlamlı olduğu ($p<0.05$) saptanmıştır. a_w değerleri açısından, ön kurutulmuş örneklerde

herhangi bir değişkenin bağımsız etkisinin veya değişkenlerin ortak etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görölürken, puf kurutulmuş örnekler ağıısından vakum basıncı ve nem içeriği değişkenlerinin bağımsız etkilerinin anlamlı düzeyde bulunduğu tespit edilmiştir. Ön kurutulmuş örneklerle ait pH değeri üzerinde herhangi bir değişkenin bağımsız etkisi veya değişkenlerin ortak etkisine dair anlamlı fark saptanmamıştır ($p>0.05$). Puf kurutulmuş örneklerde ise; sadece vakum basıncı değişkeninin bağımsız etkisi kaynaklı bir anlamlı fark tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.21' de örneklere ait dokusal özellik, yığın yoğunluğu, genişleme oranı ve puf kurutulmuş örneklerin rehidrasyon oranı sonuçları verilmiştir.



Çizelge 4.21 Dondurarak ön kurutulmuş ve puf kurutma sonrası örneklerin yığın yoğunluğu, rehidrasyon oranı, genişleme oranı, sertlik ve gevreklik sonuçları

Basınç (mbar)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası		Puf kurutma işlemi sonrası				
		Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Sertlik (g)	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Rehidrasyon Oranı (%)	Genişleme Oranı (%)	Sertlik (g)	Gevreklik
0.2	50.0±2.0	250.3±3.7 ^d	18136.1±1158.7 ^{bc}	291.0±8.4 ^c	130.59±7.96 ^{ab}	94.55±6.85 ^a	29158.3±1851.4 ^{de}	4.0±1.41 ^a
	40.0±2.0	242±8.1 ^d	18124.0±874.7 ^{bc}	280.0±5.9 ^c	132.35±1.06 ^{ab}	94.15±4.45 ^a	24819.9±28.2 ^{ab}	5.5±2.12 ^a
	30.0±2.0	222.6±8.4 ^b	16933.9±1376.1 ^{bc}	215.0±11.4 ^a	140.92±5.20 ^{abc}	154.80±12.16 ^c	23056.5±1569.3 ^a	6.5±2.12 ^a
0.15	50.0±2.0	239.3±8.6 ^{cd}	14213.6±4139.2 ^{ab}	282.0±16.2 ^c	127.56±6.96 ^a	92.25±8.55 ^a	28700.6±108.3 ^{cd}	4.0±1.41 ^a
	40.0±2.0	238.5±4.6 ^{cd}	15902.1±1768.5 ^{bc}	264.0±30.6 ^{bc}	130.88±3.56 ^{ab}	98.10±17.81 ^a	25671.3±117.4 ^{abc}	6.0±2.82 ^a
	30.0±2.0	223.2±8 ^b	13455.6±1857.9 ^{ab}	262.0±16.3 ^{bc}	145.79±3.82 ^{bc}	100.65±11.66 ^a	26662.2±558.4 ^{bcd}	4.5±2.12 ^a
0.1	50.0±2.0	228.0±4.7 ^{bc}	16838.1±3996.0 ^{bc}	252.0±11.4 ^{abc}	137.42±13.00 ^{abc}	114.85±13.08 ^{ab}	>30000	5.0±1.41 ^a
	40.0±2.0	241.6±4.9 ^{cd}	9046.5±1564.2 ^a	274.0±16.4 ^{bc}	139.56±4.78 ^{abc}	91.60±10.32 ^a	27019.4±1912.2 ^{bcd}	3.5±2.12 ^a
	30.0±2.0	205.1±3.3 ^a	19863.8±407.2 ^c	240.0±15.3 ^{ab}	151.47±0.55 ^c	128.85±7.56 ^b	28489.7±1362.1 ^{cd}	5.5±2.12 ^a

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

Dondurarak ön kurutulmuş örneklerde herhangi bir gevreklik tespit edilemezken, örneklerle ait sertlik değerleri ise doku analiz cihazının yük hücresi tarafından tespit edilebilecek aralıklarda bulunmuştur (0-30000 g). Ön kurutulmuş örnek grupları istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur (Çizelge 4.19). Puf kurutulmuş örnek sertlik sonuçları da genel itibariyle istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. Puf kurutulmuş örneklerle ait gevreklik verileri ise sıcak hava ile kurutulan örneklerle kıyasla daha yüksektir. Ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin yığın yoğunlukları birbirleri içerisinde istatistiksel olarak farklı olup, nem içeriği veya vakum basıncına bağlı artış veya azalış göstermemiştir. Puf kurutulmuş örneklerin rehidrasyon oranları istatistiksel olarak birbirinden farklı bulgulanmış olup, ön kurutmada elde edilen nem içeriğinin azalmasına bağlı olarak rehidrasyon verilerinde bir artış görülmüştür. Rehidrasyon değeri en yüksek olan örnek 0.1 mbar vakum basıncında % 30 nem içeriğinde ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örnek olarak bulgulanmıştır. Örneklerin genişleme oranları sonuçları istatistiksel anlamlı birbirinden farklıdır. Ancak, ön kurutma nem içeriği veya vakum basıncı değişkenine bağlı bir artış veya azalıştan söz edilememektedir. Örneklerle ait dokusal gevreklik sonuçları istatistiksel anlamda farklılık göstermemiştir ($p>0.05$). Gevreklik sonuçları arasında, vakum basıncı veya ön kurutma nem içeriğine bağlı bir artış veya azalış saptanmamıştır. Aykın ve Erbaş (2016)' ın dondurarak kurutulmuş dana nuarı örnekleri ile Çizelge 4.21' deki sonuçlar kıyaslandığında, rehidrasyon değerlerinin referans çalışmadan oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Her ne kadar örneklerle ait sertlik sonuçları bu çalışma ile benzer gözükse de uygulanan yöntem ve doku ölçüm başlığının ve örnek kalınlık farklılıklarının etkisi düşünülerek dokusal özelliklere bağlı bir kesin yorumdan bahsedilememektedir. Çizelge 4.22' de dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanmış örneklerin yığın yoğunluğu, rehidrasyon oranı, genişleme oranı, sertlik ve gevreklik değerlerinin çift yönlü ANOVA sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.22 Dondurarak ön kurutulmuş ve puf kurutma sonrası örneklerin yığın yoğunluğu, rehidrasyon oranı, genişleme oranı, sertlik ve gevreklik değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri						
		Ön kurutma işlemi sonrası		Puf kurutma işlemi sonrası				
		Yığın Yoğunluğu	Sertlik	Yığın Yoğunluğu	Rehidrasyon Oranı	Genişleme Oranı	Sertlik	Gevreklik
Model	8	0.001*	0.026*	0.019*	0.056	0.003*	0.003*	0.824
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.010*	0.084	0.356	0.084	0.045*	0.004*	0.619
X ₂	2	0.000*	0.198	0.006*	0.008*	0.001*	0.001*	0.840
X ₁ * X ₂	4	0.136	0.016*	0.053	0.921	0.018*	0.259	0.628
R ²		0.901	0.783	0.798	0.734	0.951	0.876	0.311

X₁: Vakum basıncı, X₂: Hedeflenen Nem içeriği, *: p<0.05 düzeyinde anlamlı

Çizelge 4.22' ye göre vakum basıncı ve nem içeriği değişkenlerinin bağımsız etkilerinin ön kurutulmuş örneklerin yığın yoğunlukları üzerinde anlamlı etkili oldukları (p<0.05) belirlenmiş, puf kurutulmuş örnekler için ise sadece nem içeriği değişkeninin bağımsız etkisinin bu parametre üzerinde istatistiksel anlamda etkili olduğu görülmüştür. Rehidrasyon oranı için sadece nem içeriği değişkeninin bağımsız etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir (p<0.05). Ön kurutulmuş örneklerin sertlik değerleri üzerinde vakum basıncı ve nem içeriğinin bağımsız değişkenlerinin ortak etkilerinin anlamlı olduğu (p<0.05) saptanmıştır. Puf kurutulmuş örneklere ait sertlik sonuçları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde ise; vakum basıncı ve nem içeriği değişkenlerinin bağımsız etkilerinin önemli düzeyde oldukları tespit edilmiştir. Genişleme oranları açısından, örnekler üzerinde hem değişkenlerin bağımsız etkilerinin hem de değişkenlerin ortak etkilerinin istatistiksel düzeyde anlamlı oldukları belirlenmiştir. Gevreklik sonuçlarına vakum basıncı ve nem içeriği değişkenlerinin bağımsız etkileri veya ortak etkilerinin sonuçlar üzerinde istatistiksel bir fark yaratmadığı (p>0.05) görülmüştür.

Çizelge 4.23' te dondurarak ön kurutulmuş ve sonra puf kurutma uygulanmış örneklerin renk değeri sonuçları (L^* , a^* ve b^*) verilmiştir. Çizelge 4.24' te ise vakum basıncı ve nem içeriğinin renk değerleri üzerine etkisini gösteren çift yönlü ANOVA sonuçları görülmektedir.

Çizelge 4.23 Dondurarak ön kurutulmuş ve puf kurutma uygulanmış örneklerin renk değeri sonuçları (L^* , a^* ve b^*)

Basınç (mbar)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası		
		L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
0.2	50.0±2.0	59.44±0.08 ^b	19.24±3.21 ^b	14.67±1.20 ^a	29.07±3.13 ^a	8.00±0.89 ^a	7.51±2.00 ^a
	40.0±2.0	58.83±7.59 ^{ab}	16.43±1.58 ^{ab}	8.08±7.61 ^a	32.30±1.09 ^{ab}	9.68±1.16 ^{ab}	9.24±1.61 ^{ab}
	30.0±2.0	47.27±2.99 ^a	13.66±1.88 ^a	14.86±1.64 ^a	38.68±10.81 ^{abc}	10.52±2.40 ^{ab}	12.63±4.56 ^{abc}
0.15	50.0±2.0	48.84±11.21 ^{ab}	11.96±4.75 ^a	14.43±1.85 ^a	39.20±2.42 ^{abc}	8.88±0.42 ^a	12.31±4.85 ^{abc}
	40.0±2.0	55.12±1.06 ^{ab}	15.72±0.59 ^{ab}	12.46±0.48 ^a	39.28±0.89 ^{abc}	10.55±0.27 ^{ab}	10.73±1.01 ^{abc}
	30.0±2.0	55.90±2.13 ^{ab}	15.77±0.21 ^{ab}	13.11±0.16 ^a	46.66±5.27 ^c	8.84±0.45 ^a	17.16±2.31 ^c
0.1	50.0±2.0	53.81±0.23 ^{ab}	14.83±0.52 ^{ab}	13.28±0.11 ^a	39.82±1.00 ^{bc}	9.96±0.95 ^{ab}	13.30±0.63 ^{abc}
	40.0±2.0	55.27±2.46 ^{ab}	13.64±0.16 ^a	12.80±0.17 ^a	41.69±2.16 ^{bc}	9.59±1.44 ^{ab}	14.47±2.91 ^{bc}
	30.0±2.0	55.52±0.50 ^{ab}	12.61±0.57 ^a	13.46±0.68 ^a	45.73±0.75 ^{ac}	12.36±0.71 ^b	14.59±1.33 ^{bc}

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

Dondurarak ön kurutulmuş örneklerin L^* değerlerinin, marine örneklerden daha yüksek olduğu (Çizelge 4.3) ve 47.27 ile 59.44 arasında değiştiği görülmüştür. Ayrıca, ön kurutulmuş örneklerin L^* değerleri üzerinde istatistiksel gruplandırma açısından farkın sadece 0.2 mbar vakum basıncında ön kurutulan örneklerde bulunduğu saptanmıştır. Puf kurutulmuş örneklerde ise örnekler istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. Ön kurutulmuş örneklerin a^* değerlerinin ise marine örnek sonuçlarına benzer (Çizelge 4.3) olduğu bulgulanmıştır ve bu örnekler arasında vakum basıncı ve nem değişkeni bakımından istatistiksel fark görülmüştür. Puf kurutulmuş örneklerin a^* değerleri açısından da bir istatistiksel

fark söz konusudur. Ön kurutulmuş örnekler için b^* değerleri ise; marinyasyon sonrası elde edilen verilere paraleldir ve bu değerlerde istatistiksel bir fark saptanmamıştır. Puf kurutulmuş örnek gruplarında ise istatistiksel fark bulunmamıştır. Puf kurutma sonucunda parlaklıkta belirgin bir azalma görülürken, kırmızılık değerlerinde bir azalma görülmüş olup, sarılık değerlerinde ise belirgin bir değişim saptanmamıştır. Aykın ve Erbaş (2016), dondurarak kurutulmuş dana nuarı örneklerinde yapmış olduğu çalışmada parlaklık ve kırmızılık değerlerini daha yüksek bulmuştur. Ancak, ilgili çalışmada örnekler herhangi bir marinyasyon işlemine tabi tutulmadığı için renk değişimleri ile kesin bir kıyaslamadan bahsedilememektedir. Bununla birlikte dondurarak kurutma ile etin kurutulması çalışmaları kısıtlı olup, çoğunlukla etler bu işlem öncesi herhangi bir işleme tabi tutulmamaktadır. Puf kurutma sonrasında ön kurutulmuş örnekler için en az renk değişimi gözlenen örnekler, % 30 nem içeriklerinde ön kurutma uygulandıktan sonra puf kurutma yapılan örneklerdir.

Çizelge 4.24 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin renk değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri					
		Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Model	8	0.295	0.128	0.428	0.043*	0.107	0.119
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.768	0.121	0.866	0.010*	0.160	0.050
X ₂	2	0.460	0.502	0.163	0.032*	0.097	0.082
X ₁ * X ₂	4	0.133	0.097	0.430	0.955	0.156	0.566
R ²		0.563	0.664	0.500	0.752	0.681	0.671

X₁: Vakum basıncı, X₂: Hedeflenen Nem içeriği

L* değerleri için, ön kurutulmuş örneklerde herhangi bir değişkenin bağımsız olarak etkisinin veya değişkenlerin ortak etkilerinin anlamlı düzeyde olmadıkları görülmüştür. Puf kurutulmuş örneklerde ise nem içeriği ve vakum basıncı değişkenlerinin bağımsız etkisi istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur

(Çizelge 4.24). Ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin a^* ve b^* değerleri göz önüne alındığında, herhangi bir değişkenin bağımsız etkisi veya değişkenlerin ortak etkilerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadıkları belirlenmiştir.

Dondurarak ön kurutulmuş ve sonrasında puf kurutma işlemi uygulanmış örneklerin kimyasal bileşim ve TBARS değeri sonuçları Çizelge 4.25' te verilmiştir.



Çizelge 4.25 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma sonrası ürünlerin kimyasal bileşimleri ve yağ oksidasyonu (TBARS değeri) sonuçları

Basınç (mbar)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein(%)	TBARS Değeri (mgmalonaldehit/kgürün)	KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein(%)	TBARS Değeri (mgmalonaldehit/kgürün)
0.2	50.0±2.0	7.02±1.15 ^{bc}	3.86±0.65 ^a	88.33±1.11 ^a	0.40±0.12 ^a	6.34±0.03 ^a	5.43±1.10 ^{ab}	86.55±1.27 ^{ab}	0.73±0.09 ^b
	40.0±2.0	8.16±0.10 ^{cd}	5.43±0.33 ^{bc}	86.59±2.63 ^a	0.28±0.08 ^a	5.83±0.07 ^a	4.76±0.35 ^{ab}	88.76±1.34 ^b	0.84±0.05 ^b
	30.0±2.0	8.05±0.38 ^{bc}	4.50±1.01 ^{ab}	84.97±3.24 ^a	0.32±0.03 ^a	8.19±0.04 ^{bc}	3.22±0.6 ^a	84.19±0.74 ^a	0.79±0.12 ^b
0.15	50.0±2.0	8.28±0.76 ^{cd}	6.38±1.23 ^c	83.53±1.35 ^a	0.30±0.09 ^a	8.02±0.367 ^{bc}	4.98±0.05 ^{ab}	88.54±1.51 ^b	0.63±0.26 ^{ab}
	40.0±2.0	6.65±0.81 ^{ab}	6.86±0.38 ^c	86.26±1.30 ^a	0.23±0.08 ^a	7.94±0.169 ^{bc}	5.38±2.01 ^{ab}	85.50±1.56 ^{ab}	0.44±0.07 ^a
	30.0±2.0	5.35±0.03 ^a	5.78±0.19 ^{bc}	85.11±1.11 ^a	0.39±0.05 ^a	7.79±0.671 ^b	4.59±0.46 ^{ab}	85.46±2.82 ^{ab}	0.79±0.06 ^b
0.1	50.0±2.0	8.84±0.32 ^d	5.68±0.29 ^{bc}	83.95±0.43 ^a	0.34±0.03 ^a	8.52±0.862 ^{bc}	4.48±1.58 ^{ab}	85.95±1.53 ^{ab}	0.61±0.12 ^{ab}
	40.0±2.0	8.82±0.43 ^d	6.59±0.45 ^c	87.87±0.26 ^a	0.33±0.00 ^a	8.82±0.028 ^c	6.40±0.11 ^b	88.58±1.37 ^b	0.58±0.06 ^{ab}
	30.0±2.0	8.19±0.44 ^{cd}	6.92±0.13 ^c	87.62±3.15 ^a	0.36±0.04 ^a	7.88±0.339 ^{bc}	6.53±0.19 ^b	87.01±0.15 ^{ab}	0.57±0.01 ^{ab}

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

Çizelge 4.25' te verilen ön kurutulmuş örneklerin sonuçları incelendiğinde marine örneklere (Çizelge 4.3) kıyasla az da olsa yağ kaybının olduğu görülmüştür. Gerek ön kurutulmuş gerekse puf kurutulmuş örnek grupları için yağ sonuçlarının birbirinden istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür. Tuz içeriği sonuçları bakımından da bu durum görülmektedir ve tuz içeriğinin vakum basıncı veya nem içeriğine bağlı bir artış veya azalışından söz edilememektedir. Ön kurutulmuş örneklerde protein içerikleri açısından istatistiksel anlamda bir fark görülmezken, puf kurutulmuş örnekler istatistiksel olarak birbirinden farklı olarak bulunmuştur. TBARS değerleri açısından da, ön kurutulmuş örneklerde istatistiksel düzeyde önemli fark görülmemiştir. Ancak, puf kurutulmuş örneklerin TBARS değerlerinde istatistiki önemli düzeyde fark saptanmıştır. Ön kurutulmuş örneklerin TBARS değerleri, puf kurutulmuş örneklerin TBARS değerlerine kıyasla düşüktür. King and Chen (1998)' in sığır etinden dondurarak kurutulmuş örneklerin TBARS değerlerinin yaklaşık 0.5 mg malonaldehit/kg ürün değerinde oldukları belirtilmiştir. Bu tez kapsamında ise düşük yağ içeriğine sahip nuar örnekleri dondurarak ön kurutma sonrasında referans çalışmaya kıyasla daha düşük TBARS değerlerine sahipken, ısıl işlemin etkisine bağlı olarak puf kurutma sonrasında bu değerlerde artış görülmüştür. Ancak, hiçbir örnek maksimum TBARS sınır değeri olan 2 mg malonaldehit/kg ürün değerine yaklaşmamıştır.

Örneklerin kimyasal bileşim ve yağ oksidasyonu sonuçlarına ait ANOVA sonuçları Çizelge 4.26' da verilmiştir.

Çizelge 4.26 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin kimyasal bileşimlerinin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri							
		Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein(%)	TBARS değeri	KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein(%)	TBARS değeri
Model	8	0.004*	0.009*	0.390	0.518	0.001*	0.124	0.092	0.682
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.002*	0.001*	0.707	0.869	0.000*	0.419	0.034	0.419
X ₂	2	0.081	0.067	0.180	0.475	0.218	0.102	0.390	0.471
X ₁ * X ₂	4	0.014*	0.283	0.378	0.297	0.002*	0.113	0.167	0.719
R ²		0.754	0.868	0.833	0.518	0.739	0.912	0.667	0.695

X₁: Vakum basıncı, X₂: Hedeflenen Nem içeriği

Çizelge 4.26 incelendiğinde, ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin tuz içeriklerine vakum basıncı değişkeninin bağımsız etkisi ve vakum basıncı ile nem içeriği değişkenlerinin ortak etkilerinin istatistiksel düzeyde önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Yağ içerikleri göz önüne alındığında, sadece ön kurutulmuş örnekler üzerinde vakum basıncı değişkeninin bağımsız etkisinin istatistiksel anlamda önemli olduğu bulgulanırken, puf kurutulmuş örneklerde herhangi bir değişken etkisine bağlı istatistiksel anlamlı fark ($p < 0.05$) gözlenmemiştir. Protein içeriği ve TBARS değerlerine ait ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örnek sonuçları için herhangi bir değişkenin bağımsız veya değişkenlerin ortak etkilerinin istatistiksel düzeyde önemli bir fark yaratmadığı ($p > 0.05$) sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.27' de dondurarak ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin duyuusal değerlendirme sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.27 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin duyuşal değerdendirme sonuçları

Basınç (mbar)	Hedeflenen Nem İçeriğı (%)	Duyuşal Değerdendirme					
		Renk	Görünüş	Doku	Sertlik	Lezzet	Tüm İzlenim
0.2	50.0±2.0	5.40±0.00 ^{ab}	6.00±0.56 ^a	6.20±0.84 ^a	6.10±0.70 ^a	6.10±0.42 ^a	6.50±0.42 ^a
	40.0±2.0	5.80±0.00 ^{ab}	6.10±0.70 ^a	5.40±1.69 ^a	4.70±0.98 ^a	5.80±0.00 ^a	5.70±0.70 ^a
	30.0±2.0	4.30±0.42 ^a	5.10±0.42 ^a	5.00±0.00 ^a	5.40±0.28 ^a	5.20±0.28 ^a	5.50±0.42 ^a
0.15	50.0±2.0	4.40±0.00 ^a	4.90±0.42 ^a	5.40±0.84 ^a	5.00±0.84 ^a	5.30±0.14 ^a	5.70±0.70 ^a
	40.0±2.0	5.60±1.13 ^{ab}	5.90±0.98 ^a	5.40±0.28 ^a	6.10±0.98 ^a	5.90±1.27 ^a	5.90±0.70 ^a
	30.0±2.0	4.90±0.14 ^{ab}	5.50±0.70 ^a	5.70±0.42 ^a	5.80±0.28 ^a	5.70±0.70 ^a	5.8±1.31 ^a
0.1	50.0±2.0	5.10±0.42 ^{ab}	5.10±0.14 ^a	5.00±0.56 ^a	5.50±0.70 ^a	5.40±0.84 ^a	5.25±0.91 ^a
	40.0±2.0	5.20±0.28 ^{ab}	5.50±0.14 ^a	5.70±0.42 ^a	4.95±0.35 ^a	5.75±0.07 ^a	5.55±0.07 ^a
	30.0±2.0	6.10±1.55 ^b	6.10±1.55 ^a	6.60±1.13 ^a	6.10±0.98 ^a	5.75±1.06 ^a	6.40±1.13 ^a

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

Örneklerin duyuşal değerdendirilmesi sonucunda, örnek grupları arasında sadece renk sonuçları bakımından bir istatistiki düzeyde fark saptanırken, diğer duyuşal sonuçlarında bu duruma rastlanmamıştır. Panelistlerin renk değerdendirmesi açısından en iyi olarak değerdendirdikleri örnek 0.1 mbar vakum basıncında % 30 nem içeriğıne kadar ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örnek olmuştur.

Çizelge 4.28' de dondurarak ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin duyuşal değerdendirmeye ait çift yönlü ANOVA sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.28 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin duyusal değerlendirme istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri					
		Renk	Görünüş	Çıtırılık	Sertlik	Lezzet Beğeni	Tüm İzlenim
Model	8	0.255	0.637	0.628	0.452	0.912	0.651
Sabit	1	0,000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.362	0.540	0.839	0.508	0.780	0.893
X ₂	2	0.470	0.793	0.839	0.864	0.981	0.910
X ₁ * X ₂	4	0.153	0.416	0.312	0.230	0.671	0.309
R ²		0.584	0.407	0.411	0.489	0.247	0.401

X₁: Vakum basıncı, X₂: Hedeflenen Nem içeriği, *: p<0.05 düzeyinde önemli

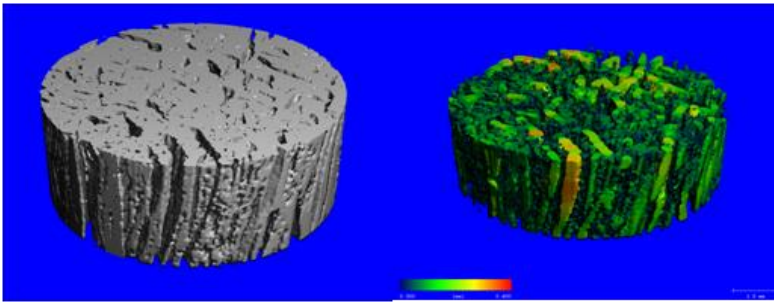
Duyusal değerlendirme sonuçlarına ait çift yönlü ANOVA analizi göz önüne alındığında, herhangi bir değerlendirme kriteri açısından vakum basıncı ve nem içeriği değişkenlerinin bağımsız veya bu değişkenlerin ortak etkilerinin istatistiksel düzeyde önemli olmadığı (p>0.05) belirlenmiştir.

Dondurarak ön kurutma sonrasında puf kurutma uygulanan örneklerin makro yapı görüntüleri alınmış ve görüntüler Şekil 4.8' de verilmiştir. Dondurarak ön kurutulmuş örneklerin puf kurutma sonrasında lif sıklığının sıcak hava ile kurutulan örneklere göre daha gevşek olduğu, ancak puf kurutma sonrasında örnek iç yapısının nadiren gözenekli olduğu ve puf kurutma sonunda küçük gözeneklerin oluştuğu görülmüştür.



Şekil 4.8 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin makroyapı görüntüleri

Mikroyapısı μ -ct analizi ile belirlenen, dondurarak kurutulmuş örnekler ve genel örnek sonuçları arasında en uygun gevreklik, sertlik, genişleme oranı, rehidrasyon ve duysal veriler gibi analiz sonuçları bakımından en iyi örnek olarak öngörülen 0.1 mbar % 30 nem içeriğine kadar ön kurutulduktan sonra puf kurutulan örneğin görüntüleri Şekil 4.9' da verilmiştir. Diğer örneklerle ait mikro yapı görüntüleri Ek Şekil B2' de verilmiştir. Çizelge 4.29' da örneklerle ait mikroyapı sonuçları, Çizelge 4.30' da ise mikroyapı sonuçlarına ait çift yönlü ANOVA analizi sonuçları verilmiştir.



Şekil 4.9 0.1 mbar % 30 nem içeriğine kadar ön kurutma ve puf kurutma uygulanmış örneğin mikroyapı görüntüsü

Örneğin iç gözenek çapı ortalama 128.7 μm olarak tespit edilmiş ve yüzde porozite değerinin ise, % 31.79 olduğu bulgulanmıştır. Gözenek çapları ve büyük gözenekler bakımından en iyi örnek olmamasına rağmen, örneğin yüzde porozitesi yüksektir ve örnek iç yapısının küçük, orta ve büyük çapta bir çok gözenek içerdiği saptanmıştır.

Çizelge 4.29 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin mikroyapı sonuçları

Basınç (mbar)	Hedeflenen Nem içeriği (%)	Ortalama Gözenek çapı (μm)	Porozite %
0.1	50.0 $\pm$ 2.0	179.3 $\pm$ 1.37 ^b	5.48 $\pm$ 0.67 ^a
	40.0 $\pm$ 2.0	186.72 $\pm$ 2.19 ^d	6.92 $\pm$ 0.28 ^a
	30.0 $\pm$ 2.0	220.2 $\pm$ 1.46 ^b	31.79 $\pm$ 1.63 ^a
0.15	50.0 $\pm$ 2.0	189.15 $\pm$ 0.93 ^{bc}	7.91 $\pm$ 0.33 ^a
	40.0 $\pm$ 2.0	184.37 $\pm$ 1.08 ^a	8.95 $\pm$ 0.47 ^a
	30.0 $\pm$ 2.0	191.15 $\pm$ 1.17 ^{bcd}	9.07 $\pm$ 0.59 ^a
0.2	50.0 $\pm$ 2.0	194.51 $\pm$ 2.26 ^e	9.01 $\pm$ 0.94 ^a
	40.0 $\pm$ 2.0	190.13 $\pm$ 1.36 ^{cd}	9.63 $\pm$ 1.03 ^a
	30.0 $\pm$ 2.0	200.18 $\pm$ 0.83 ^f	11.23 $\pm$ 0.54 ^a

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

Çizelge 4.29 incelendiğinde, Gözenek çapları sonuçlarının istatistiksel anlamda birbirinden farklı oldukları belirlenmiştir. Basınç değişimine ve nem içeriğine bağlı bir artış veya azalışın olmadığı belirlenmiştir. Porozite sonuçları arasında istatistiksel olarak bir fark bulgulanmamıştır.

Çizelge 4.30 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin mikroyapılarının istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri	
		Ortalama Gözenek Çapı	Porozite
Model	8	0.000*	0.626
Sabit	1	0.000	0.000
X ₁	2	0.005*	0.457
X ₂	2	0.000*	0.642
X ₁ * X ₂	4	0.000*	0.495
R ²		0.981	0.481

X₁: Vakum basıncı, X₂: Hedeflenen Nem içeriği, *: p<0.05 düzeyinde anlamlı

Örneklere ait çift yönlü ANOVA sonuçlarına bakıldığında, gözenek çapı üzerinde istatistiksel anlamda tüm değişkenlerin bağımsız ve ortak etkilerinin bulunduğu belirlenmiştir. Porozite sonuçları açısından ise, vakum basıncı veya nem içeriği değişkenlerinin bağımsız veya ortak etkileri gözlenmemiştir.

Dondurarak kurutma ile ön kurutma için en düşük ısı işlem koşulunda kurutulan örnek 0.1 mbar' da % 30 nem içeriğine kadar ön kurutulan ve sonrasında puf kurutma ile kurutulan örnektir. Örneklerin mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.31' de verilmiştir.

Çizelge 4.31 Dondurarak ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin mikrobiyolojik sonuçları

Örnek/Analiz	Ön Kurutulmuş	Puf Kurutulmuş				
		<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>Staphylococcus aureus</i> (kob/25g)
0.1mbar %30±2.0 nem içeriği	Toplam Canlı Sayımı (kob/g)					
	10 ⁷	negatif	negatif	<10	negatif	<10

Çizelge 4.31' e göre dondurarak kurutma ile ön kurutulan örneğin mikrobiyal yükü, başlangıç marine örneğin yükü ile (10^7 kob/ g) aynı bulunmuştur. Puf kurutma ile kurutulmuş örneklerde ise Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği (2011)' nde kurutulmuş veya ısıtılmış işlem görmüş et ürünlerinde istenen şartlar sağlanmıştır.

4.4.3 Mikrodalga ile Ön Kurutma + Puf Kurutma

Mikrodalga ile ön kurutma işlemi 180 W, 360 W ve 540 W güçlerinde uygulanmıştır. Ön kurutma uygulanmış ve sonrasında sabit koşullarda puf kurutulan örneklerin görüntüleri Şekil 4.10' da verilmiştir.



Şekil 4.10 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin görüntüleri

Mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin fiziksel özelliklerine ait sonuçlar Çizelge 4.32' de verilmiştir.

Çizelge 4.32 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası fiziksel bileşim sonuçları

Güç (W)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		Ağırlık Kaybı (%)	Nem İçeriği (%)	aw	pH	Ağırlık Kaybı (%)	Nem İçeriği (%)	aw	pH
540	50.0±2.0	31.87±3.46 ^a	52.40±0.04 ^c	0.993±0.003 ^b	4.84±0.04 ^c	45.25±2.57 ^{cd}	10.22±0.62 ^b	0.536±0.035 ^{ab}	4.83±0.07 ^a
	40.0±2.0	54.26±4.24 ^c	42.13±0.65 ^b	0.994±0.008 ^{ab}	4.48±0.16 ^b	41.48±1.25 ^{bc}	7.27±4.07 ^{ab}	0.472±0.149 ^{ab}	4.76±0.05 ^a
	30.0±2.0	61.08±1.04 ^d	32.92±1.49 ^a	0.908±0.001 ^{ab}	4.48±0.06 ^b	35.57±1.62 ^a	3.15±0.84 ^a	0.439±0.025 ^a	4.74±0.04 ^a
360	50.0±2.0	46.74±0.05 ^b	51.24±1.12 ^c	0.964±0.002 ^{ab}	4.54±0.04 ^b	50.72±2.44 ^{ef}	6.04±2.55 ^{ab}	0.564±0.049 ^{ab}	4.81±0.02 ^a
	40.0±2.0	52.70±2.05 ^c	41.32±1.63 ^b	0.938±0.002 ^{ab}	4.51±0.06 ^b	49.39±0.46 ^{de}	7.36±1.78 ^{ab}	0.538±0.053 ^{ab}	4.74±0.00 ^a
	30.0±2.0	56.52±2.36 ^{cd}	32.15±1.44 ^a	0.915±0.002 ^{ab}	4.27±0.16 ^a	37.97±0.11 ^f	7.13±1.11 ^{ab}	0.448±0.080 ^a	4.76±0.07 ^a
180	50.0±2.0	36.81±2.80 ^a	52.72±0.17 ^c	0.977±0.015 ^{ab}	4.56±0.05 ^b	54.68±1.49 ^{de}	8.86±1.40 ^{ab}	0.627±0.065 ^b	4.74±0.06 ^a
	40.0±2.0	54.55±1.61 ^c	42.51±0.55 ^b	0.947±0.004 ^{ab}	4.64±0.02 ^b	47.74±2.34 ^a	9.31±1.93 ^b	0.567±0.063 ^{ab}	4.80±0.02 ^a
	30.0±2.0	54.83±1.09 ^c	31.00±0.33 ^a	0.927±0.00 ^a	4.63±0.04 ^b	36.67±1.92 ^a	8.92±3.90 ^{ab}	0.540±0.035 ^{ab}	4.81±0.19 ^a

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

Ön kurutulmuş örneklerin ağırlık kayıpları örneklerin nem içerikleri azaldıkça artış göstermiştir. Ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin ağırlık kayıpları sonuçları istatistiksel olarak birbirinden farklı bulunmuştur. Nem içeriği sonuçları için de bu durum geçerlidir. Ön kurutulan örneklerin a_w değerleri 0.908 ile 0.994 arasında değişmektedir. Örneklerin nem içeriği değerleri azaldıkça a_w değerlerinde de bir azalma olduğu gözlenmiştir. Ancak, mikrodalga güçlerindeki değişimle a_w değerlerinde bir azalma veya artıştan söz edilememektedir. Bu sonuçlar göz önüne alındığında, 540 Watt mikrodalga gücünde % 30 nem içeriğine ön kurutma + puf kurutma uygulanan örneğe ait a_w değeri en düşük olarak bulgulanmıştır. Ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin a_w değerleri istatistiksel olarak önemli düzeyde birbirlerinde farklıdır. Ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin pH değerleri marine örneklerden daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.3). Ön kurutulmuş örneklerin pH değerleri istatistiksel anlamda birbirinden farklı iken, bu durum puf kurutulmuş örneklere ait pH sonuçlarında gözlenmemiştir. Ön kurutma nem içeriği daha düşük olan örneklerin puf kurutma sonundaki nem içeriği değerlerinin daha düşük olduğu bulgulanmıştır.

Örneklerin fiziksel özelliklerine ait sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirildiği çift yönlü ANOVA sonuçları Çizelge 4.33' te verilmiştir.

Çizelge 4.33 Mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin bazı fiziksel değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri					
		Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası		
		Ağırlık Kaybı	a_w değeri	pH	Ağırlık Kaybı	a_w değeri	pH
Model	8	0.000*	0.339	0.008*	0.000*	0.251	0.931
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X_1	2	0.084	0.444	0.016*	0.001*	0.102	0.961
X_2	2	0.000*	0.187	0.018*	0.000*	0.092	0.860
$X_1 * X_2$	4	0.002*	0.489	0.019*	0.048*	0.969	0.690
R^2		0.966	0.515	0.840	0.963	0.586	0.229

X_1 : Mikrodalga gücü, X_2 : Hedeflenen Nem içeriği, *: $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı

Ön kurutulmuş örneklerin ağırlık kayıpları üzerinde nem içeriği ve mikrodalga gücü bağımsız değişkenlerinin ortak etkisinin anlamlı olduğu bulgulanırken ($p<0.05$), puf kurutulmuş örneklerde tüm değişkenlerin bağımsız ortak etkileri sonucunda bu durum saptanmıştır. Ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin aw değerlerine herhangi bir değişkenin bağımsız olarak veya değişkenlerin ortak etkilerinin anlamlı olmadığı görülmektedir. pH değerleri göz önüne alındığında ön kurutulmuş örneklerin pH değerlerine mikrodalga gücü ve nem içeriği değişkenlerinin bağımsız etkileri ve ortak etkilerinin istatistiksel fark yarattığı ($p<0.05$) bulgulanmıştır. Ancak, bu durum puf kurutulmuş örneklerin pH değerleri için geçerli değildir ve herhangi bir değişkenin bağımsız etkisinin veya değişkenlerin ortak etkilerinin sonuçlar üzerinde istatistiki düzeyde anlamlı olmadığı bulunmuştur.

Çizelge 4.34' te örneklerin yığın yoğunluğu, dokusal özellikleri, genişleme ve rehidrasyon oranı sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.34 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik, rehidrasyon oranı ve gevreklik sonuçları

Mikrodalga gücü (W)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası		Puf kurutma işlemi sonrası				
		Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Sertlik (g)	Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	Rehidrasyon Oranı(%)	Genişleme Oranı (%)	Sertlik (g)	Gevreklik
540	50.0±2.0	352.6±16.1 ^b	29244.6±380.9 ^{abc}	340.0±1.4 ^a	113.5±6.34 ^a	62.95±6.29 ^d	>30000	1.5±0.7 ^a
	40.0±2.0	355.0±1.7 ^b	>30000	350.0±2.8 ^a	115.0±4.80 ^a	57.80±11.59 ^{cd}	>30000	1.5±0.7 ^a
	30.0±2.0	348.6±2.9 ^b	>30000	355.0±2.1 ^{ab}	116.9±6.03 ^a	56.05±7.99 ^{bcd}	>30000	3.0±1.41 ^a
360	50.0±2.0	319.4±6.5 ^a	22611.5±6100.1 ^{ab}	365.0±7.7 ^{ab}	133.9±0.87 ^b	52.30±3.11 ^{bc}	>30000	2.5±0.7 ^a
	40.0±2.0	347.0±16.3 ^b	19375.7±1519.8 ^a	375.0±7.3 ^{abc}	130.2±6.75 ^b	45.45±2.75 ^b	>30000	1.5±0.7 ^a
	30.0±2.0	367.6±11.9 ^b	>30000	390.0±0.0 ^{bc}	114.1±2.16 ^a	42.45±0.77 ^{bc}	>30000	2.5±0.7 ^a
180	50.0±2.0	411.3±14.5 ^c	18483.8±4557.4 ^a	375.0±2.1 ^{abc}	114.7±6.54 ^a	46.05±7.28 ^b	>30000	1.5±0.7 ^a
	40.0±2.0	432.6±9.3 ^c	25579.7±3726.1 ^{ab}	390.0±0.0 ^{bc}	111.3±0.14 ^a	41.95±1.02 ^a	>30000	1.5±0.7 ^a
	30.0±2.0	417.1±7.7 ^c	>30000	410.0±0.0 ^c	108.0±5.76 ^a	27.65±1.48 ^a	>30000	2.0±1.41 ^a

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

Mikrodalga ile ön kurutulan örnekler arasında 180 W mikrodalga gücünde ön kurutulan örneklerin yığın yoğunluklarının en yüksek olduğu görülmektedir. Ön kurutulmuş örneklerin yığın yoğunlukları arasında sadece 360 W mikrodalga gücünde ön kurutulan örneklerde istatistiksel fark gözlenmiştir. Diğer örnekler uygulanan mikrodalga güçleri açısından kendi aralarında istatistiksel önem düzeyine sahip değildir. Ön kurutulmuş örneklerin sertlik sonuçları istatistiksel anlamda birbirinden farklıdır ve sertlik değerleri doku cihazına ait yük hücresini zorlayacak niteliktedir. Rehidrasyon oranı sonuçları incelendiğinde ise; genel olarak tüm puf kurutulmuş örnekler arasında (Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.21) en düşük rehidre olma kapasitesine sahip örneklerin mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örnekler olduğu belirlenmiştir. Rehidrasyon sonuçları arasında genel anlamda bir istatistiksel fark gözlenirken, 540 W ve 360 W mikrodalga gücünde ön kurutma + puf kurutma uygulanan örneklerin ise kendi aralarında istatistiksel olarak farklı olmadığı görülmüştür. Ön kurutulmuş örneklerde yine diğer yöntemlerle ön kurutulmuş örneklerde olduğu gibi gevreklik bulgulanmamıştır. Örneklerin genişleme değerleri sıcak hava ile kurutulan örneklerle yakın (Çizelge 4.8) bulunmuştur. Puf kurutulan örnekler arasında mikrodalga ile kurutulan örneklerin genişleme değerlerinin en düşük olduğu (Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.21) görülmüştür. Örneklerin genişleme oranları istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. Puf kurutulmuş örneklerin gevreklik değerleri tüm puf kurutulmuş örnekler arasında en düşük bulunmuştur. Gevreklik değerleri ise, istatistiksel olarak birbirleri ile farklılık göstermemiştir.

Örneklere ait yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik, rehidrasyon oranı ve gevreklik sonuçlarının istatistiksel değerlendirmesi Çizelge 4.35' te verilmiştir.

Çizelge 4.35 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin yığın yoğunluğu, genişleme oranı, sertlik, rehidrasyon oranı ve gevreklik değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri						
		Ön kurutma işlemi sonrası		Puf kurutma işlemi sonrası				
		Yığın Yoğunluğu	Sertlik	Yığın Yoğunluğu	Rehidrasyon Oranı	Genişleme Oranı	Sertlik	Gevreklik
Model	8	0.000*	0.003*	0.019*	0.007*	0.006*	0.362	0.607
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.000*	0.001*	0.002*	0.002*	0.001*	0.271	0.210
X ₂	2	0.034*	0.002*	0.051	0.062	0.023*	0.870	0.641
X ₁ * X ₂	4	0.047*	0.420	0.903	0.075	0.544	0.230	0.759
R ²		0.959	0.875	0.798	0.841	0.851	0.531	0.421

X₁: Mikrodalga gücü, X₂: Hedeflenen Nem içeriği, *: p<0.05 düzeyinde anlamlı

Ön kurutulmuş örneklerin yığın yoğunluğu üzerinde hem mikrodalga gücünün hem de nem içeriği değişkenlerinin bağımsız ve ortak olan etkilerinin anlamlı olduğu bulunurken, puf kurutulmuş örnekler için mikrodalga gücü değişkeninin, sadece bağımsız olarak istatistiksel bir fark yarattığı (p<0.05) bulgulanmıştır. Ön kurutulmuş örneklerin sertlik sonuçları üzerinde mikrodalga gücü ve nem içeriği değişkenlerinin bağımsız etkisinin önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Puf kurutulmuş örnek sertlik sonuçları için ise, herhangi bir değişkenin bağımsız etkisinin veya değişkenlerin ortak etkilerinin anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Örneklerin genişleme oranları incelendiğinde, hem mikrodalga gücünün hem de hedeflenen nem içeriğinin bağımsız olan etkileri ile bir anlamlı fark olduğu (p<0.05) sonucuna varılmıştır. Puf kurutulmuş örneklerin gevreklik sonuçları incelendiğinde, gevreklik değerleri üzerinde değişkenlerin bağımsız veya ortak olan etkilerinin olmadığı (p>0.05) sonucuna varılmıştır.

Örneklere ait ön kurutma ve puf kurutma uygulaması sonrası renk değerleri (L*, a* ve b*) sonuçları Çizelge 4.36' da verilmiştir.

Çizelge 4.36 Mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin renk değerleri (L*,a*,b*)

Güç (W)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
540	50.0±2.0	45.62±0.42 ^b	10.06±0.70 ^a	9.54±0.60 ^{bcd}	30.46±1.44 ^a	6.90±0.31 ^a	10.57±3.20 ^a
	40.0±2.0	41.11±11.54 ^b	8.89±1.90 ^a	9.49±0.11 ^{bcd}	28.22±1.05 ^a	6.80±1.34 ^a	6.31±0.28 ^a
	30.0±2.0	29.11±2.20 ^a	8.24±0.18 ^a	7.06±0.56 ^a	27.08±1.25 ^a	6.00±0.33 ^a	6.24±1.01 ^a
360	50.0±2.0	43.29±5.01 ^b	9.84±2.09 ^a	9.67±0.89 ^{cd}	29.67±4.00 ^a	6.74±0.09 ^a	7.72±0.27 ^a
	40.0±2.0	43.46±1.50 ^b	10.26±0.78 ^a	7.99±2.00 ^{abc}	29.10±3.99 ^a	6.53±0.67 ^a	7.49±1.68 ^a
	30.0±2.0	37.52±0.44 ^{ab}	8.61±1.27 ^a	7.37±0.91 ^{ab}	28.84±0.09 ^a	6.29±1.85 ^a	9.77±2.20 ^a
180	50.0±2.0	45.41±1.17 ^b	11.22±0.62 ^a	9.17±0.63 ^{abcd}	31.63±2.43 ^a	6.31±0.15 ^a	8.35±2.94 ^a
	40.0±2.0	41.25±1.31 ^b	11.31±1.40 ^a	10.59±0.63 ^d	31.44±0.36 ^a	6.96±0.77 ^a	8.77±2.38 ^a
	30.0±2.0	34.44±3.45 ^{ab}	10.35±0.64 ^a	8.27±0.44 ^{abc}	28.06±3.76 ^a	6.00±1.57 ^a	7.15±4.55 ^a

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

Ön kurutulmuş örneklerin L* değerlerinin, genel olarak elde edilen nem içeriğinin değerinin azalması ile azaldığı görülmektedir. Ön kurutulmuş örnekler arasında L* değerleri açısından istatistiki bir fark gözlenmiştir. Puf kurutulmuş örnek grupları arasında ise, istatistiksel fark bulgulanmamıştır. Puf kurutulmuş örneklerin parlaklık değerleri ön kurutulmuş örneklerden daha yüksektir. Ön kurutulmuş örneklerin a* değerleri genel itibari ile marine örnekler ile (Çizelge 4.3) benzerlik göstermektedir. Ancak a* değerleri açısından istatistiksel fark gözlenmemiştir. Benzer durum puf kurutulmuş örnek sonuçlarında da bulgulanmıştır. Puf kurutulmuş örneklerin a* ve b* değerlerinde de istatistiksel fark belirlenmemiştir. Ön kurutma sonrasında b* değerleri marine örneklerin b* değerlerine göre daha düşüktür (Çizelge 4.3). Mikrodalga'nın genel olarak etin işlenmesinde kullanımının kısıtlı olmasına bağlı olarak, literatürde et kurutulmasına dair bu yöntemle ilgili çok az sayıda çalışma mevcuttur. Doğu (2016)'nın yapmış olduğu tez çalışmasında, dana nuarı örnekleri farklı tuz konsantrasyonlarında kürlenmiş ve mikrodalga ile ön kurutma uygulanarak veya

uygulanmadan kurutulmuştur. Örneklerin renk sonuçları dikkate alındığında, örneklerin taze örneklerden renk olarak uzaklaştığı, mikrodalga gücünün artışı ile bu durumun daha belirgin olduğu belirtilmiştir. Bu tez kapsamındaki mikrodalga ile ön kurutma işlem sonuçlarının renk değerleri üzerine etkisi değerlendirildiğinde de benzer bir durumla karşılaşmıştır. Ancak, referans çalışmada son ürünler için kimyasal kompozisyon çalışması ise yapılmamıştır.

Örneklere ait renk sonuçlarının istatistiksel değerlendirme (çift yönlü ANOVA) sonuçları Çizelge 4.37' de verilmiştir.

Çizelge 4.37 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin renk değerlerinin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri					
		Ön kurutma işlemi sonrası			Puf kurutma işlemi sonrası		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Model	8	0.061	0.255	0.043*	0.633	0.959	0.670
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.569	0.062	0.208	0.504	0.970	0.908
X ₂	2	0.005*	0.199	0.009*	0.239	0.493	0.603
X ₁ * X ₂	4	0.572	0.895	0.232	0.843	0.957	0.400
R ²		0.728	0.584	0.752	0.409	0.197	0.392

X₁: Mikrodalga gücü, X₂: Hedeflenen Nem içeriği, *: p<0.05 düzeyinde anlamlı

Çizelge 4.37 incelendiğinde ön kurutulmuş örneklerin L* değerleri üzerinde sadece nem içeriği değişkeninin bağımsız etkisinin önemli olduğu saptanırken, puf kurutma işlemi sonrası L* değerleri üzerinde herhangi bir değişkenin bağımsız etkisi veya değişkenlerin ortak etkileri anlamlı olarak bulgulanmamıştır. Hem ön kurutulmuş hem de puf kurutulmuş örneklerin a* değerleri üzerinde herhangi bir değişkenin bağımsız etkisi veya değişkenlerin ortak etkilerinin önemli olmadığı belirlenmiştir. b* değerleri için ise sadece ön kurutulmuş örnekler için istatistiksel bir fark saptanmış olup, mikrodalga gücü değişkeninin bağımsız etkisi sonucunda bu anlamlı farkın olduğu saptanmıştır.

Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerle ait kimyasal bileşim ve TBARS değeri sonuçları Çizelge 4.38' de verilmiştir.



Çizelge 4.38 Mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklere ait kimyasal bileşim ve TBARS değeri sonuçları

Mikrodalga Gücü (W)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein(%)	TBARS Değeri (mgmalonaldehit/kgürün)	KM'de Tuz (%)	KM'de Yağ(%)	KM'de Protein(%)	TBARS Değeri (mgmalonaldehit/kgürün)
540	50.0±2.0	6.74±0.76 ^d	8.96±0.56 ^e	85.10±0.64 ^a	0.28±0.04 ^{ab}	5.05±0.11 ^{ab}	5.78±0.07 ^a	83.57±7.45 ^a	0.70±0.16 ^{ab}
	40.0±2.0	4.06±0.01 ^{ab}	9.53±0.16 ^e	82.56±2.54 ^a	0.27±0.01 ^{ab}	4.63±0.17 ^{ab}	5.20±0.17 ^b	86.09±2.44 ^{ab}	0.64±0.19 ^{ab}
	30.0±2.0	3.51±0.45 ^a	8.00±0.10 ^c	84.00±0.28 ^a	0.30±0.07 ^{ab}	5.00±0.89 ^{ab}	4.19±0.47 ^a	87.27±2.03 ^{ab}	0.70±0.09 ^{ab}
360	50.0±2.0	5.50±0.54 ^c	7.78±0.10 ^b	84.38±3.64 ^a	0.29±0.01 ^{ab}	4.81±0.66 ^a	5.26±0.32 ^b	86.24±0.84 ^{ab}	0.58±0.03 ^{ab}
	40.0±2.0	5.28±0.18 ^c	8.68±0.44 ^{cde}	84.70±1.83 ^a	0.38±0.00 ^b	4.65±0.95 ^{ab}	8.27±0.46 ^e	87.36±2.01 ^b	0.65±0.05 ^{ab}
	30.0±2.0	4.08±0.48 ^{bc}	8.26±0.58 ^{cd}	87.80±2.55 ^a	0.34±0.07 ^b	3.76±0.15 ^a	7.36±0.18 ^d	88.67±0.16 ^b	0.80±0.02 ^b
180	50.0±2.0	5.53±0.37 ^c	7.11±0.56 ^{de}	87.16±1.63 ^a	0.21±0.05 ^a	5.76±1.42 ^b	7.44±0.71 ^f	87.76±1.68 ^{ab}	0.48±0.00 ^a
	40.0±2.0	3.86±0.59 ^a	7.00±0.19 ^b	84.14±2.85 ^a	0.34±0.00 ^b	4.57±0.40 ^{ab}	6.29±0.32 ^c	85.43±0.10 ^{ab}	0.69±0.03 ^{ab}
	30.0±2.0	3.60±0.23 ^a	5.77±0.49 ^a	85.52±0.54 ^a	0.38±0.06 ^b	3.92±0.46 ^a	5.25±0.41 ^b	85.95±3.04 ^{ab}	0.68±0.07 ^{ab}

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

Ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin tuz içerikleri açısından istatistiksel farkın olduğu gözlenmiştir. Ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerin protein içeriklerinin diğer yöntemlerle kurutulan örneklerle (Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.25) hemen hemen aynı değerde oldukları bulgulanmıştır. Ön kurutulan örneklerin protein içerikleri açısından istatistiksel bir fark gözlenmezken, puf kurutulan örneklerin sonuçları arasından istatistiksel düzeyde önemli bir fark bulgulanmıştır. Ön kurutulan örneklerin yağ içerikleri marine edilen örnekler ile (Çizelge 4.3) kıyaslandığında daha düşüktür. Hem ön kurutulmuş hem de puf kurutulmuş örneklerde, örnek grupları arasında istatistiksel fark olduğu belirlenmiştir. TBARS değeri sonuçları incelendiğinde ise; ön kurutulmuş örnekler için ortalama 0.2-0.3 mg malonaldehit/kg ürün değerleri elde edilmiştir. Puf kurutulmuş örneklerde ise bu değerlerin arttığı ancak, maksimum sınır değeri olan 2 mg malonaldehit/kg ürün değerinden oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. TBARS değerleri açısından, ön kurutulmuş ve puf kurutulmuş örneklerde genel olarak bir istatistiksel farkın olduğu belirlenmiştir. Literatürde mikrodalgaın, et kurutulmasında kullanıldığı herhangi bir çalışmanın kimyasal kompozisyon ve TBARS değerleri açısından bu çalışma ile kıyaslanabileceği verilere rastlanmamıştır.

Mikrodalga işlemi ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin kimyasal bileşim ve TBARS değerlerine ait istatistiki değerlendirme (çift yönlü ANOVA) sonuçları Çizelge 4.39' da verilmiştir.

Çizelge 4.39 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin kimyasal bileşimlerinin istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri							
		Ön kurutma işlemi sonrası				Puf kurutma işlemi sonrası			
		KM'de Tuz	KM'de Yağ	KM'de Protein	TBARS değeri	KM'de Tuz	KM'de Yağ	KM'de Protein	TBARS değeri
Model	8	0.001*	0.000*	0.379	0.081	0.220	0.000*	0.232	0.682
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.021*	0.000*	0.403	0.243	0.161	0.006*	0.516	0.419
X ₂	2	0.000*	0.000*	0.379	0.039*	0.333	0.000*	0.092	0.471
X ₁ * X ₂	4	0.017*	0.001*	0.303	0.155	0.239	0.000*	0.312	0.719
R ²		0.754	0.911	0.943	0.523	0.705	0.603	0.976	0.596

X₁: Mikrodalga gücü, X₂: Hedeflenen Nem içeriği, *: p<0.05 düzeyde anlamlı

Mikrodalga ile ön kurutulan örneklerin tuz içeriği incelendiğinde, mikrodalga gücü ve nem içeriği değişkenlerinin bağımsız etkisinin ve mikrodalga gücü ile nem içeriği değişkenlerinin ortak olan etkilerinin örneklerde anlamlı bir farka neden olduğu bulunmuştur. Puf kurutulmuş örneklerde ise bu fark herhangi bir değişken etkisine bağlı olarak gerçekleşmemiştir. Yağ içeriği sonuçları incelendiğinde hem ön kurutulmuş hem de puf kurutulmuş örneklerde mikrodalga gücü ve hedeflenen nem içeriği değişkenlerinin bağımsız etkileri ve ortak olan etkilerinin anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır. Protein içeriği sonuçları bakımından ise, hem ön kurutulmuş hem de puf kurutulmuş örneklerde mikrodalga gücü ve hedeflenen nem içeriği bağımsız değişkenlerine bağlı istatistiksel bir fark olmadığı ($p>0.05$) sonucuna varılmıştır. Yağ oksidasyonu sonuçları açısından, sadece ön kurutulmuş örneklerde bir fark saptanmış olup, bu farkın hedeflenen nem içeriği değişkeninin bağımsız etkisi ile gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin duyuşal değerlendirme sonuçları Çizelge 4.40' ta verilmiştir.

Çizelge 4.40 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin duyusal değerlendirme sonuçları

Güç (W)	Hedeflenen Nem İçeriği (%)	Duyusal Değerlendirme					
		Renk	Görünüş	Çıtırılık	Sertlik	Lezzet	Tüm İzlenim
540	50.0±2.0	4.80±0.84 ^a	5.10±0.98 ^a	5.50±1.27 ^{ab}	4.90±1.27 ^{ab}	4.90±1.27 ^a	5.00±1.13 ^a
	40.0±2.0	4.80±0.28 ^a	5.00±0.28 ^a	5.00±1.13 ^{ab}	4.70±0.70 ^{ab}	4.70±1.83 ^a	5.10±0.98 ^a
	30.0±2.0	4.60±0.56 ^a	5.10±0.42 ^a	4.40±1.13 ^{ab}	4.40±0.84 ^{ab}	4.70±0.70 ^a	4.80±1.41 ^a
360	50.0±2.0	4.40±1.41 ^a	4.50±0.98 ^a	4.10±0.70 ^{ab}	4.60±0.84 ^{ab}	4.80±0.56 ^a	4.90±1.55 ^a
	40.0±2.0	5.50±0.42 ^a	5.60±0.56 ^a	6.30±0.98 ^b	5.90±0.98 ^b	5.60±1.13 ^a	5.70±0.42 ^a
	30.0±2.0	4.80±0.00 ^a	4.60±0.56 ^a	3.90±0.98 ^{ab}	3.40±1.13 ^a	5.00±0.28 ^a	4.40±0.56 ^a
180	50.0±2.0	4.90±0.70 ^a	5.00±0.56 ^a	5.50±0.14 ^{ab}	5.80±0.56 ^{ab}	5.10±0.42 ^a	4.80±0.84 ^a
	40.0±2.0	4.90±0.14 ^a	5.30±0.14 ^a	4.80±1.13 ^{ab}	4.70±0.42 ^{ab}	5.40±0.56 ^a	5.20±0.84 ^a
	30.0±2.0	3.90±1.55 ^a	4.20±1.13 ^a	3.70±0.70 ^a	4.00±1.41 ^{ab}	4.50±0.70 ^a	4.50±0.98 ^a

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

Çizelge 4.40 incelendiğinde, renk, görünüş, lezzet ve tüm izlenim açısından panelist değerlendirmelerinin istatistiksel olarak birbirinden farklı olmadığı belirlenmiştir. Çıtırılık ve sertlik açısından, 360 W mikrodalga gücünde % 40 nem içeriğine ön kurutma + puf kurutma uygulanan örneğin sonuçlarının en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir.

Örneklerin duyusal değerlendirme sonuçlarına ait istatistiksel değerlendirme Çizelge 4.41' de verilmiştir.

Çizelge 4.41 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin duyuusal değerlendirme istatistiksel analiz (çift yönlü ANOVA) sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri					
		Renk	Görünüş	Çıtırılık	Sertlik	Lezzet Beğenisi	Tüm İzlenim
Model	8	0.806	0.657	0.254	0.333	0.959	0.956
Sabit	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
X ₁	2	0.450	0.300	0.087	0.104	0.670	0.466
X ₂	2	0.791	0.843	0.863	0.929	0.801	0.957
X ₁ * X ₂	4	0.731	0.605	0.290	0.383	0.916	0.970
R ²		0.322	0.398	0.585	0.544	0.196	0.200

X₁: Mikrodalga gücü, X₂: Hedeflenen Nem içeriği, *:p<0.05 düzeyinde anlamlı

Çizelge 4.41 incelendiğinde, örneklerin tüm duyuusal özellikler bakımından, mikrodalga gücü ve nem içeriği değişkenlerinin bağımsız etkileri veya bu değişkenlerin ortak etkilerinden istatistiksel düzeyde etkilenmediği sonucuna varılmıştır ($p>0.05$).

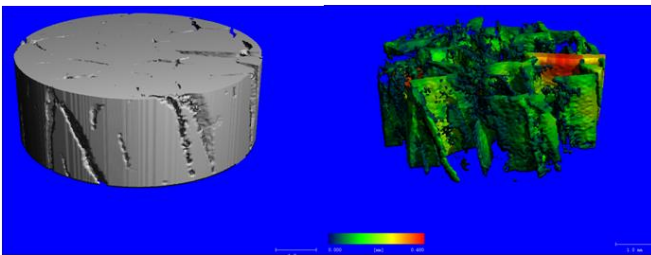
Mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin makroyapı görüntüleri Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11 Mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma sonrası örneklerin makro yapı görüntüleri

Mikro yapıları incelenen mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanmış örneklerden, 540 W' ta % 30 nem içeriğine ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneğin en iyi mikro yapı sonucunu verdiği bulgulanmıştır. Şekil 4.12' de örneğin mikro yapı görüntüsü verilmiştir. Diğer örneklerle ait mikro yapı görüntüleri Ek Şekil B3 ' te verilmiştir.

Mikrodalga ile ön kurutma sonrasında puf kurutulan örneklerde işlemin temel hedefi olan içyapı gözenekliliğinin makroyapı ve mikroyapı sonuçları göz önüne alındığında yeterli oranda sağlanamadığı görülmüştür.



Şekil 4.12 540 W Mikrodalga gücünde % 30 nem içeriğine kadar ön kurutma ve puf kurutma uygulanmış örnek mikroyapı görüntüsü

Örneğe ait gözenek çapının 220.2 μm olduğu belirlenmiş olup, porozite yüzdesi ise, % 11.24' tür. Tüm örnek gruplarına ait örnekler incelendiğinde gerek gözenek çapları küçüklüğü gerekse de porozite yüzdeleri düşüklüğü bakımından (Şekil 4.6 ve Şekil 4.9) en küçük gözenek çaplarına ve genel gözenekliliğe sahip örneklerin mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanmış örneklerde görüldüğü sonucuna varılmıştır. Örneklere ait mikroyapı sonuçları Çizelge 4.42' de, mikroyapı sonuçlarının istatistiksel analizi (çift yönlü ANOVA) Çizelge 4.43' te verilmiştir.

Çizelge 4.42 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin mikroyapı sonuçları

Mikrodalga gücü (W)	Hedeflenen Nem içeriği (%)	Ortalama Gözenek çapı (μm)	Porozite %
180	50.0 $\pm$ 2.0	111.52 $\pm$ 0.76 ^d	19.76 $\pm$ 0.73 ^c
	40.0 $\pm$ 2.0	116.35 $\pm$ 0.48 ^{bc}	24.18 $\pm$ 1.16 ^b
	30.0 $\pm$ 2.0	118.0 $\pm$ 1.12 ^f	28.09 $\pm$ 0.84 ^d
360	50.0 $\pm$ 2.0	126.83 $\pm$ 1.39 ^{bc}	31.78 $\pm$ 0.66 ^c
	40.0 $\pm$ 2.0	128.73 $\pm$ 1.26 ^a	28.09 $\pm$ 0.54 ^a
	30.0 $\pm$ 2.0	118.15 $\pm$ 1.73 ^c	24.23 $\pm$ 0.67 ^a
540	50.0 $\pm$ 2.0	125.23 $\pm$ 0.42 ^b	29.06 $\pm$ 0.86 ^b
	40.0 $\pm$ 2.0	118.93 $\pm$ 0.66 ^e	20.93 $\pm$ 1.29 ^a
	30.0 $\pm$ 2.0	126.84 $\pm$ 1.19 ^{ef}	28.07 $\pm$ 0.88 ^c

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

Örneklere ait mikroyapıların gözenek çapları değerlerinin istatistiksel olarak birbirlerinden farklı oldukları belirlenmiştir ve değerlerin mikrodalga gücü veya nem içeriği değişkenlerinin artış veya azalışına bağlı bir değişimi söz konusu değildir. Porozite değerleri de istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ve % porozitenin mikrodalga gücü artışı veya nem içeriği değişimi ile artış veya azalışı gözlenmemiştir.

Çizelge 4.43 Mikrodalga ile ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerle ait mikroyapıların istatistiksel analiz sonuçları

Kaynak	SD	p-değeri	
		Ortalama Gözenek Çapı	Porozite
Model	8	0.000*	0.000*
Sabit	1	0.000	0.000
X ₁	2	0.002*	0.0006*
X ₂	2	0.000*	0.0002*
X ₁ * X ₂	4	0.001*	0.000*
R ²		0.987	0.986

X₁: Mikrodalga gücü, X₂: Hedeflenen Nem içeriği, *:p<0.05 düzeyinde anlamlı

Gözenek çapları sonuçları incelendiğinde, bu değer üzerinde mikrodalga gücü ve nem içeriği değişkenlerinin bağımsız etkilerinin ve bu değişkenlerin ortak olan etkilerinin istatistiksel düzeyde anlamlı oldukları belirlenmiştir. Porozite sonuçları açısından da aynı durumun görüldüğü, tüm değişkenlerin bağımsız ve ortak etkilerinin anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Mikrodalga ile ön kurutma için en düşük ısı işlem koşulunda kurutulan örnek 180 W' ta % 30 nem içeriğine kadar ön kurutulan ve sonrasında puf kurutma ile kurutulan örneklerdir. Örneklerin mikrobiyolojik sonuçları Çizelge 4.44' te verilmiştir.

Çizelge 4.44 Mikrodalga ön kurutma ve puf kurutma uygulanan örneklerin mikrobiyolojik analiz sonuçları

Örnek /Analiz	Ön Kurutulmuş	Puf Kurutulmuş				
	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>Staphylococcus aureus</i> (kob/25g)
180W %30±2.0 nem içeriği	4x10 ⁴	negatif	Negatif	<10	negatif	<10

Çizelge 4.44' e göre mikrodalga kurutma ile ön kurutulan örnek, başlangıç marine örneğin mikrobiyal yüküne (10^7 kob/ g) kıyasla en yüksek miktarda mikrobiyal inhibisyonun görüldüğü örnek olmuştur (Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.29). Puf kurutma ile kurutulmuş örneklerde ise Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği (2011)' nde kurutulmuş veya ısıtıl işlem görmüş et ürünlerinde istenen şartlar sağlanmıştır.

Yapılan tüm analizler sonucunda 0.1 mbar % 30 nem içeriğine kadar dondurarak kurutma yöntemi ile ön kurutulan ve sonrasında puf kurutma ile kurutulan örnekler en uygun tekstürize olmuş örnek olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, mikrodalga ön kurutma, dondurarak ön kurutma ve sıcak hava ile ön kurutma gerçekleştirilen örneklerin sonuçları doğrultusunda, en uygun ön kurutma yöntemi, ön kurutma koşulları ve ön kurutulmuş örnek nem içeriği olarak 0.1 mbar vakum basıncında dondurarak kurutma ile kurutulan % 30 ± 2.0 nem içeriğine sahip örnekler belirlenmiştir. Bu örneklerin puf kurutma sonrası mikrobiyal yükünde istenilen kriterlere uygun olması bu örnek grubunu desteklemektedir. Bundan sonraki aşamada % 30 nem içeriğine kadar dondurarak kurutma ile elde edilen ön kurutulmuş dana nuarı örneklerinin puf kurutma parametrelerinin optimizasyonu işlemi gerçekleştirilmiştir.

4.5 Puf Kurutma İşlem Koşullarının Optimizasyonu

Puf kurutma yöntemi ile dana nuar eti atıştırılmalığı eldesi için puf kurutma işlem koşulları Box Behnken deneme dizaynı yardımıyla belirlenmiştir. Optimizasyon için bağımsız işlem değişkenleri olarak şişirme sıcaklığı (A), şişirme süresi (B) ve sistem sıcaklığı (C), yanıt olarak aw değeri (hedef 0.2), maksimum genişleme oranı ve maksimum duyusal gevreklik seçilmiştir. Puf kurutmadaki bu işlem parametrelerinin yanıtlar üzerine etkisi regresyon analizi ile Design-Expert paket programı kullanılarak modellenmiştir.

Puf kurutma işlemi öncesinde dondurarak ön kurutma denemeleri yürütülmüştür. Yapılan ön kurutma denemelerine ait ortalama analiz sonuçları Çizelge 4.45' te verilmiştir.

Çizelge 4.45 Optimizasyon denemeleri için dondurarak ön kurutulmuş örneklerle ait ortalama analiz sonuçları

Bileşim Analizleri		Renk Analizleri	
Nem içeriği (%)	31.96±0.75	L*	47.99±2.68
aw değeri	0.91±0.02	a*	14.64±1.12
pH	4.55±0.06	b*	11.3±1.3
KM'de Yağ(%)	4.13±0.3	Doku Analizleri	
KM'de Protein(%)	83.37±0.83	Sertlik (g)	10524.9±655.4
KM'de Tuz (%)	4.88±0.27		
Yığın Yoğunluğu (kg/m ³)	258.33±15.89		
TBARS (mg malonaldehit/kg ürün)	0.31±0.04	Gevreklik	Bulgulanamadı

Model eşitliğine ait katsayı belirlenmesi ve modelin oluşturulması için yapılan deneme planı (Çizelge 3.2) ve elde edilen deneysel sonuçların gösterimi Çizelge 4.46' da verilmiştir.

Çizelge 4.46 Box-Behnken deneme planı izlenerek elde edilen deneysel sonuçlar

Deneme No	aw değeri	Genişleme Oranı (%)	Duyusal doku (gevreklik)
1	0.231	68.5709	5.34
2	0.256	92.3683	6.09
3	0.205	121.97	4.54
4	0.315	129.354	4.54
5	0.162	130.181	4.18
6	0.247	158.35	4.36
7	0.192	154.21	3.54
8	0.208	145.5	5

9	0.208	102.981	5.45
10	0.342	163.34	4.27
11	0.291	108.91	6.18
12	0.157	135.75	5.36
13	0.126	117.97	5.81
14	0.154	105	6.09
15	0.193	111.379	5.72
16	0.198	101.309	5.63
17	0.186	102.57	6.09

4.5.1 Modelin Oluşturulması

Optimizasyon denemelerindeki her bir işlem değişkenleri ile yanıtlar arasında bulunan ilişkiyi ifade eden quadratik matematiksel model, regresyon analizi yapılarak elde edilmiştir. Bunun için modellere her değişken için önce lineer etki terimleri, daha sonra quadratik ve interaksiyon etki terimleri ard arda toplu halde eklenmiş ve kareler toplamındaki artış ve model uygunsuzluğu testi (Lack of fit) analiz edilmiştir. Her bir yanıt için varyans analizi çizelgeleri Ek Şekil C' deki çizelgelerde verilmiştir. Çizelge 4.46' da sunulan veriler göz önüne alındığında 3 yanıt (α değeri, genişleme oranı ve duysal doku/gevreklik) için quadratik terimlerin eklenmesinin modelleri önemli derecede geliştirdiği görülmüştür. α değeri, genişleme oranı ve duysal doku (gevrekliğin) tahmin edilebilmesi için en uygun model, ikinci dereceden polinomial model olmuştur. Deneysel verilerin ikinci dereceden polinomial modele fit ettirilmesine ilişkin varyans analizi Çizelge 4.47' de verilmiştir. Bulgulanan bütün regresyon modellerinin % 95 güven seviyesinde önemli olduğu belirlenmiştir. Ayrı ayrı olarak tüm bağımsız değişkenlerin yanıtlar üzerindeki lineer, interaksiyon ve quadratik etkilerinin istatistiksel olarak önemlilik dereceleri de Çizelge 4.47' de verilmiştir. Etkilerin istatistiksel olarak model açısından önemliliği p -değerlerinden bulunmuştur. p -değeri 0.05' ten büyük olan etkiler önemsiz kabul edilmiş ve bu terimler modelden çıkarılmıştır. Ayrıca, Çizelge 4.47' de verilen kalıntı hata, deneysel dizaynın merkez noktasında yapılan gözlemlerin tekrarlanmasıyla saf deneysel hata ve model uygunsuzluğu (lack of fit) olarak birbirinden ayrılmıştır. İdeal olarak

modelin matematiksel formunun uygunsuzluğu (Lack of fit) için önemsiz ve regresyon modeli için önemli olması gerekmektedir (Myers and Montgomery, 1995). Bu üç yanıt için de ikinci dereceden polinomiyal model % 95 güven seviyesinde önemli ve model uygunsuzluğu (lack of fit) % 95 güven seviyesinde önemsiz çıkmıştır (Çizelge 4.47).

Çizelge 4.47 Her bir yanıt üzerine quadratik ve interaksiyon terimlerinin ayrı ayrı olarak etkisini gösteren ANOVA tablosu

Kaynak	SD	aw değeri		Genişleme Oranı (%)		Duyusal Doku (Gevreklik)	
		Hata Kareler Toplamı	p-değeri	Hata Kareler Toplamı	p-değeri	Hata Kareler Toplamı	p-değeri
Model	9	0.05	0.0067*	10038.39	0.0002*	9.31	0.0016*
A	1	<0.0001	0.0171*	320.56	0.0384*	0.71	0.0226*
B	1	<0.0001	0.6737	3942.19	<0.0001*	1.89	0.0021*
C	1	<0.0001	0.1858	13.74	0.6147	0.23	0.1396
AB	1	<0.0001	0.1615	67.35	0.2818	0.14	0.2374
AC	1	<0.0001	0.2456	340.02	0.0344*	0.4	0.0638
BC	1	0.018	0.0016*	280.82	0.0488*	<0.0001	0.8795
A²	1	<0.0001	0.244	228.61	0.0688	3.8	0.0003*
B²	1	<0.017	0.0018*	601.03	0.0102*	0.18	0.1822
C²	1	<0.0001	0.3103	4324.24	<0.0001*	1.78	0.0025*
Kalıntı	7	<0.0001		346.75		0.59	
Lack Of Fit	3	<0.0001	0.7118	153.28	0.4601	0.41	0.1498
Saf Hata	4	<0.0001		193.46		0.18	
Toplam	16	0.055		10385.13		9.90	

*p<0.05 seviyesinde anlamlı A: Şişirme sıcaklığı, B: Şişirme süresi, C: Sistem sıcaklığı, Lack of Fit: modelin matematiksel uygunsuzluğu

Deneysel veriler ve modellerin uyum derecesi; regresyon katsayısı R^2 , düzeltilmiş regresyon katsayısı R^2_{adj} ve varyasyon katsayısı (C.V.) hesaplamaları kullanılarak belirlenmiştir. Modellerin uygunluk testleri için kullanılan istatistikler ve değerleri Çizelge 4.48’ de gösterilmiştir. Regresyon katsayısı R^2 , deneysel verideki model tarafından açıklanabilen varyasyonun toplam varyasyona oranı olarak tanımlanmıştır (Myers and Montgomery, 1995). Elde edilen modellerin tümünde varyasyonun büyük bir kısmı ($R^2>0.9$) modeller tarafından açıklanabilmektedir. Ancak modele yeni terimlerin eklendiğinde, ilgili terimler istatistiksel anlamda önemsiz olsa dahi R^2 değerini her zaman arttırmaktadır. R^2_{adj} ise düzeltilmiş regresyon katsayısı olarak tanımlanıp, model uygunluk testlerinde kullanımı R^2

değerlerinin doğru yorumlanamadığı durumlarda daha geçerli bir sonuç verilmesi açısından önerilmektedir (Myers and Montgomery, 1995).

Tüm modeller açısından düzeltilmiş regresyon katsayısı R^2_{adj} değerleri incelendiğinde; aw değerinde 0.7905, genişleme oranı için 0.9237 ve duyusal doku (gevreklik) değeri için 0.8647 olarak bulgulanmış ve kabul edilebilir sınırlar içerisinde çıkmıştır. R^2 ve R^2_{adj} değerlerinin birbirine yakın olması, modellerintüm terimlerinin istatistiksel açıdan önemli düzeyde olduğunu göstermektedir. Varyasyon katsayısı (C.V.), deneysel verilerdeki kalıntı varyasyonun ortalamaya bağlı bir ölçüsüdür. Varyasyon katsayısı değerlerinin büyük olması durumunda verilerin ortalamadan büyük oranda saptığı, değer azaldıkça verilerin ortalama değere yakın olduğu sonucuna varılır (Lazić, 2004). Tüm modeller açısından varyasyon katsayısı (C.V.) incelendiğinde; aw değeri için 12.82, genişleme oranı için 5.84 ve duyusal doku (gevreklik) için 5.54 olarak bulgulanmıştır. Regresyon modellerinde sonraki süreçlerde yapılacak analizler için bir tahmin modeli olarak kullanılması amacıyla Adequate Precision ve PRESS istatistikleri kullanılmaktadır. Adequate Precision değerinin 4'ten büyük olması gerekmektedir (Myers and Montgomery, 1995). Tüm modeller için Adequate Precision değeri 4'ten büyüktür (Çizelge 4.48).

Çizelge 4.48 Modelin uygunluğunun test edilmesi için kullanılan istatistikler

	aw değeri	Genişleme Oranı (%)	Duyusal Doku (Gevreklik)
R^2	0.9083	0.9666	0.9408
R^2_{ADJ}	0.7905	0.9237	0.8647
C.V.	12.42	5.84	5.54
Press	0.027	2754.83	6.85
Adequate Precision	8.018	17.319	10.293

Adequate Precision: Yeterli tahminleme, CV: Varyasyon katsayısı

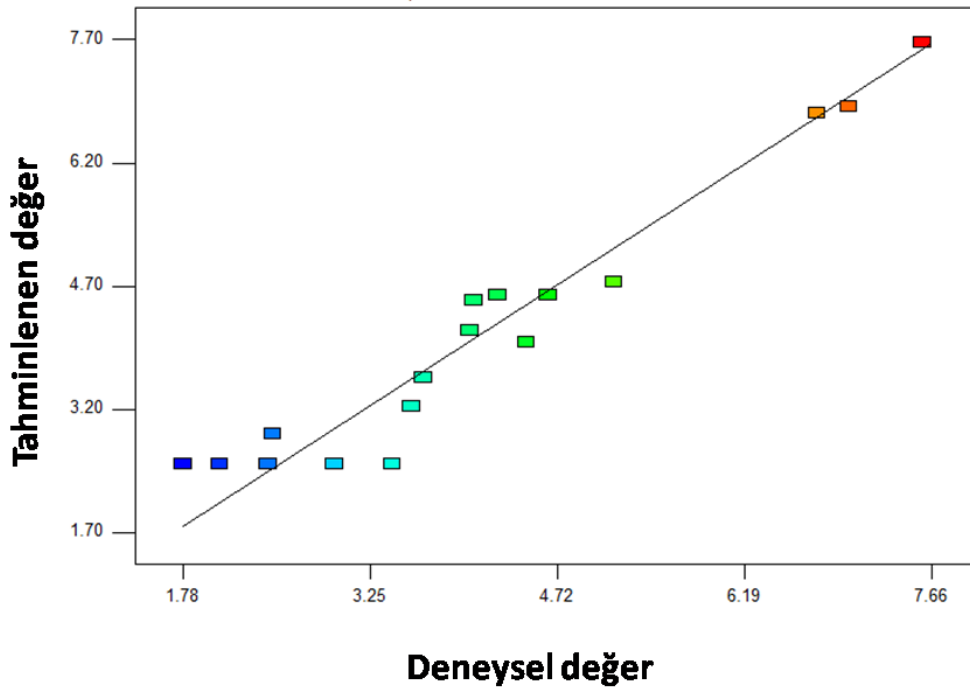
Model parametreleri en küçük kareler yöntemi kullanılarak, bu parametrelerin ve modelin önemliliğinin test edilmesi için varyans analizi kullanılarak yapılmıştır. Kalıntılar, rastgele hata teriminin (e_i) davranışını yansıttığı için puf kurutma işlem koşullarının optimizasyonu aşamasında model oluşturma için kullanılan varsayımlar bu aşamada da dikkate alınmıştır. Kalıntı analizi; kalıntıların normal olasılık grafiği, kalıntıların model tahminlerine karşı çizildiği grafik, kalıntıların

deneme sırasına karşı çizildiği grafik gibi grafiksel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir yöntem için normal olasılık grafiği Ek Şekil D1' de, kalıntıya karşı model tahminleri grafiği Ek Şekil D2' de ve deneme sırasına karşı kalıntı grafiği ise Ek Şekil D3' te gösterilmiştir. Elde edilen grafiklerden bu varsayımların tam anlamıyla karşılandığı açıkça görülmektedir.

4.5.1.1 aw değerinin modelin yanıtı olarak incelenmesi

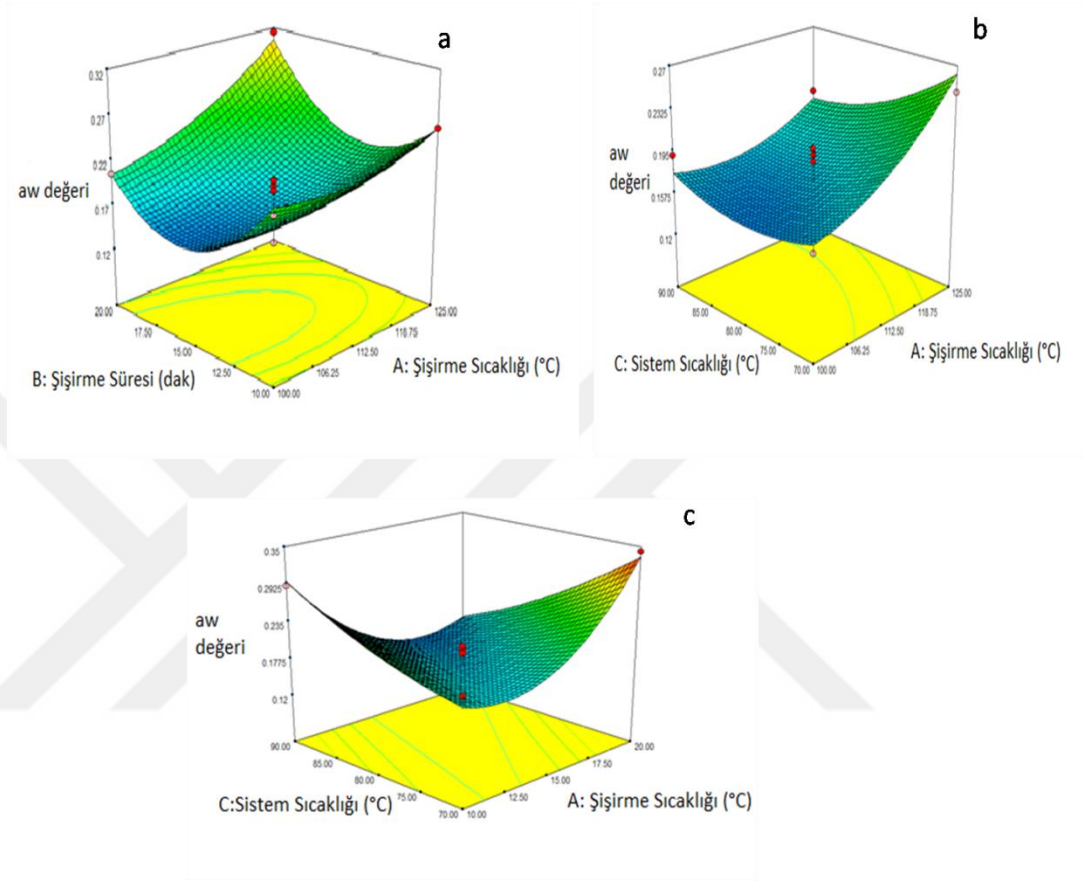
aw değerleri için regresyon analizi ile elde edilen birleşik ikinci dereceden polinomial model, bağımsız işlem değişkenleri cinsinden Eş. (4)' te verilmiştir ($p<0.05$). Eşitlik (4)' ten tahminlenen değerler ve deneysel verilerin uyumu Şekil 4.13' te verilmiştir. Et örneklerinin aw değerleri için tahminlenen model ve deneysel değerlerin uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

$$aw \text{ değeri} = + 0.17 + 0.029*A - 0.067*B * C + 0.064*B^2 \quad (4)$$



Şekil 4.13 aw değeri için modelden (Eş.4) tahminlenen değerler ile deneysel değerler

Bağımsız işlem değişkenlerinin a_w değerine olan etkilerinin belirlenmesinde kullanılan bir diğer yöntem; elde edilen modeller ile yanıt yüzey grafikleri ile izohips eğrilerinin görüntülenmesidir. a_w değerlerinin değişimini veren yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri Şekil 4.14' te verilmiştir.



Şekil 4.14 a_w değeri için izohips eğrisi ve yanıt yüzey grafiği; **(a)** şişirme süresi ve şişirme sıcaklığının etkisi, **(b)** sistem sıcaklığı ve şişirme sıcaklığının etkisi, **(c)** şişirme süresi ve sistem sıcaklığının etkisi

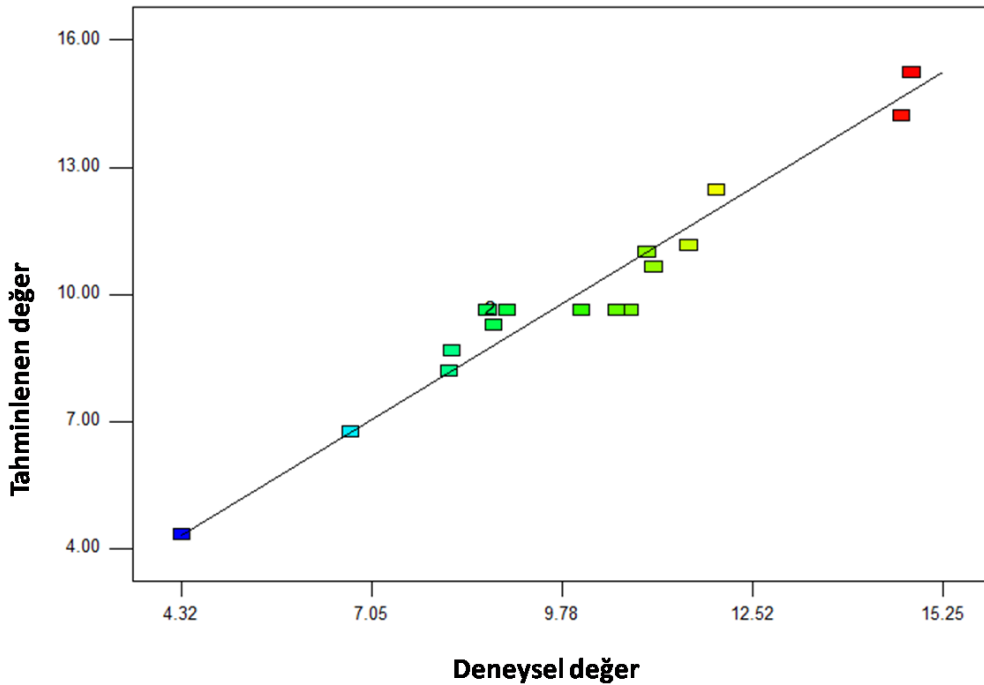
Örneklerin a_w değerlerinin quadratik model ile uyumunun yüksek olduğu ve model denkleminin belirlenmesinde etkili olduğu ($p < 0.05$) belirlenmiştir. a_w değerini etkileyen parametreler incelendiğinde ise; şişirme sıcaklığı değişkeninin bağımsız etkisinin istatistiksel anlamda önemli olduğu görülürken, bağımsız değişken ortak etkilerine bakıldığında şişirme süresi ve sistem sıcaklığının etkili olduğu görülmüştür. Dolayısıyla tüm değişkenlerin aslında a_w değeri üzerinde istatistiksel önemde etkilerinin olduğu yorumu yapılabilir. Bu yorumlara ek olarak, şişirme süresinin karesinin de a_w değeri üzerinde istatistiksel düzeyde

önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.47). Şekil 4.14 incelendiğinde şişirme süresi ve sıcaklıklarının orta noktadaki (15 dakika ve 112.5°C) değerlerinde daha düşük aw değerinin gözleendiği, sistem sıcaklığı ve şişirme sıcaklığının ortak etkisinde ise şişirme sıcaklığının artması ile aw değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Şişirme süresi ile sistem sıcaklığının ortak etkisinin izohips görüntüsü incelendiğinde ise; iki değerin de minimum olduğu (10 dakika ve 70°C) durumda aw değerinin daha düşük değerlerde olduğu sonucuna varılmıştır.

4.5.1.2 Genişleme oranının model yanıtı olarak incelenmesi

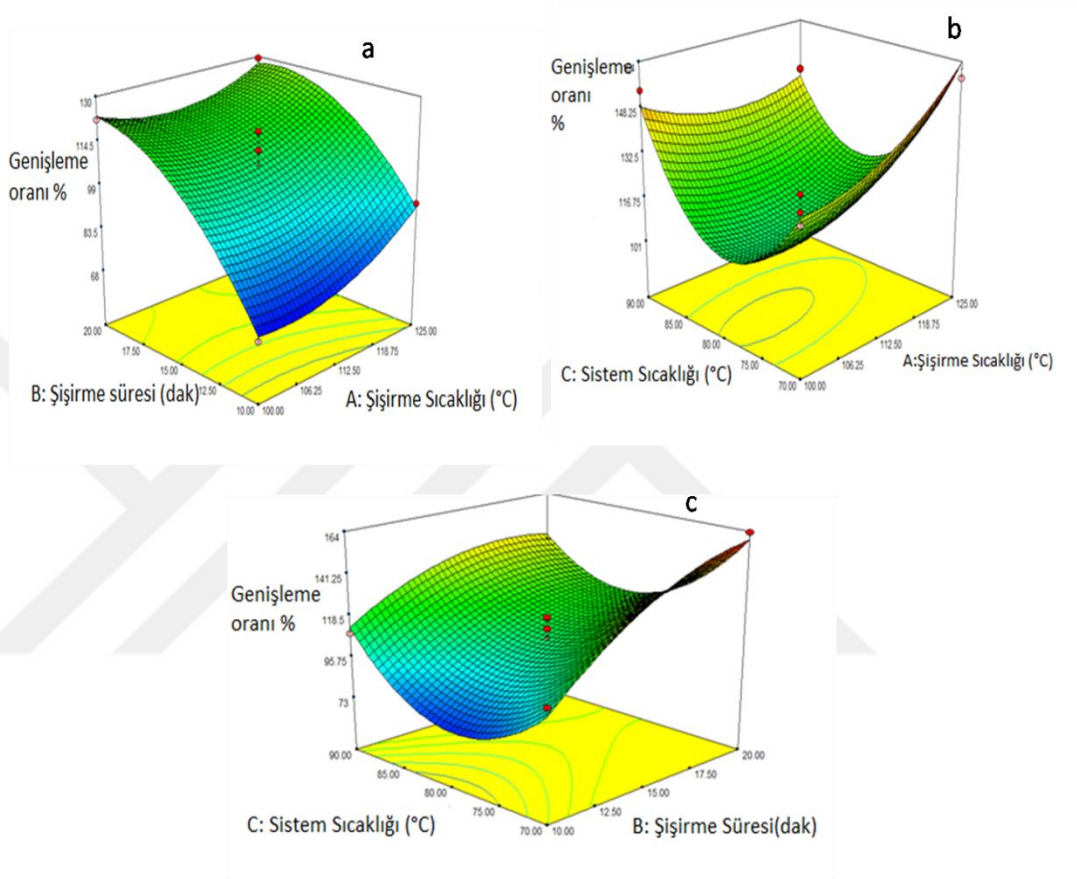
Genişleme oranının regresyon analizi ile elde edilen birleşik ikinci dereceden polinomial model, bağımsız işlem değişkenleri cinsinden Eş. (5)' te verilmiştir ($p<0.05$). Eşitlik (5)' ten tahminlenen değerler ve deneysel verilerin uyumu Şekil 4.15' te verilmiştir. Puf kurutulmuş örneklerin genişleme oranı için tahminlenen model ve deneysel değerlerin uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

$$\text{Genişleme oranı} = +167.64 + 6.33*A + 22.2*B - 9.22*A*C - 8.38*B*C - 11.95*B^2 + 32.05*C^2 \quad (5)$$



Şekil 4.15 Genişleme oranı için modelden (Eş.5) tahminlenen değerler ile deneysel değerler

Bağımsız işlem değişkenlerinin genişleme oranına olan etkilerinin belirlenmesinde elde edilen modeller ile yanıt yüzey grafikleri ile izohips eğrilerinin görüntülenmesinden de yararlanılmıştır. Genişleme oranı değerlerinin değişimini veren yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri Şekil 4.16’ da verilmiştir.



Şekil 4.16 Genişleme oranı için izohips eğrisi ve yanıt yüzey grafiği; **(a)** şişirme süresi ve şişirme sıcaklığının etkisi, **(b)** sistem sıcaklığı ve şişirme sıcaklığının etkisi, **(c)** şişirme süresi ve sistem sıcaklığının etkisi

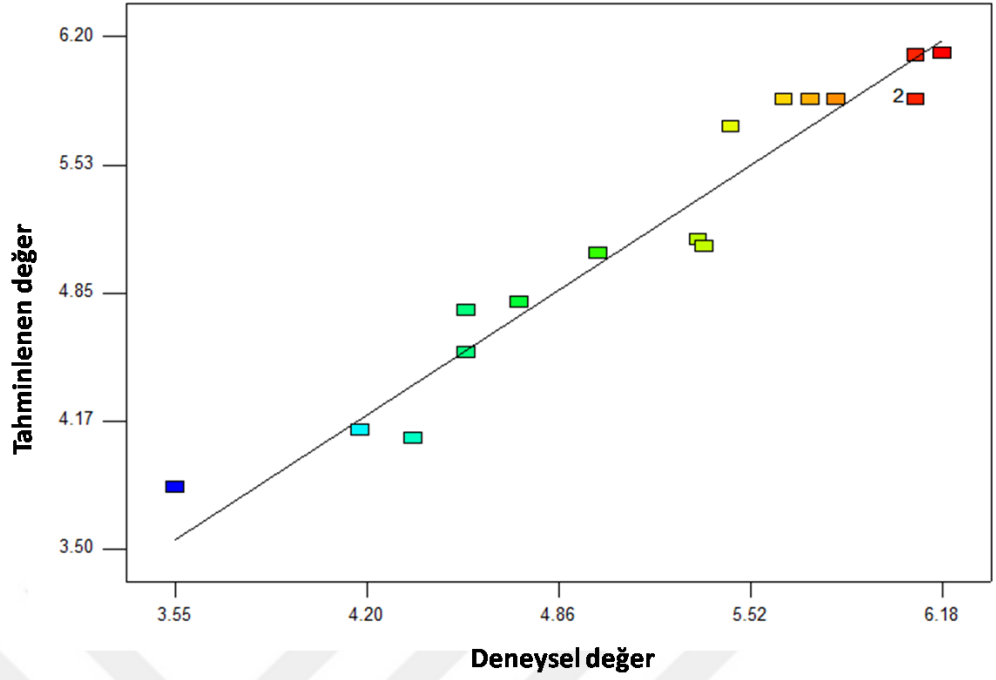
Genişleme oranının quadratik model ile elde edilen denklemdeki etkisinin istatistiksel öneminin yüksek olduğu görülmüştür ($p < 0.05$). Genişleme oranı üzerinde değişkenlerinin bağımsız etkileri açısından, şişirme sıcaklığı (A) ve şişirme süresi (B) değerlerinin etkili olduğu görülürken, değişkenlerin ikili etkileri incelendiğinde ise, sistem sıcaklığı değişkeninin de diğer parametreler ile etkininin model üzerinde anlamlı olması sebebiyle bu değişkenin de genişleme oranı üzerinde etkisi olduğu söylenebilmektedir. Ayrıca, değişkenlerin karelerinin

model üzerindeki istatistiki etkisi incelendiğinde de sistem sıcaklığının karesinin ve şişirme süresinin karesinin model üzerinde önemli etkisinin olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Lack of fit yani model uygunsuzluğu testinin model açısından herhangi bir uygunsuzluk yaratmadığı ($p>0.05$) da Çizelge 4.47 üzerinden görülmektedir. Şekil 4.16' ya bakıldığında ise, şişirme süresi ve şişirme sıcaklığının artışının genişleme oranını arttırdığı görülmektedir. Sistem sıcaklığının diğer parametreler ile olan etkilerine ait izohips eğrileri incelendiğinde, sistem sıcaklığının maksimum (90°C) veya minimum (70°C) olduğu durumda genişleme oranının maksimize edilebildiği, yine maksimum genişleme oranının sağlanması için de bu maksimum veya minimum koşullarda şişirme süresinin de artışının maksimum genişleme oranını sağladığı görülmektedir. Sistem sıcaklığı ve şişirme sıcaklığı etkileri açısından ise, sistem sıcaklığının maksimum ve şişirme sıcaklığının minimum (100°C) olduğu durum ile şişirme sıcaklığının maksimum (125°C) olduğu durum ile sistem sıcaklığının minimum olduğu koşullarda maksimum genişleme oranının sağlanabildiği Şekil 4.16' ya göre yorumlanabilmektedir.

4.5.1.3 Duyusal doku (gevreklik) değerinin model yanıtı olarak incelenmesi

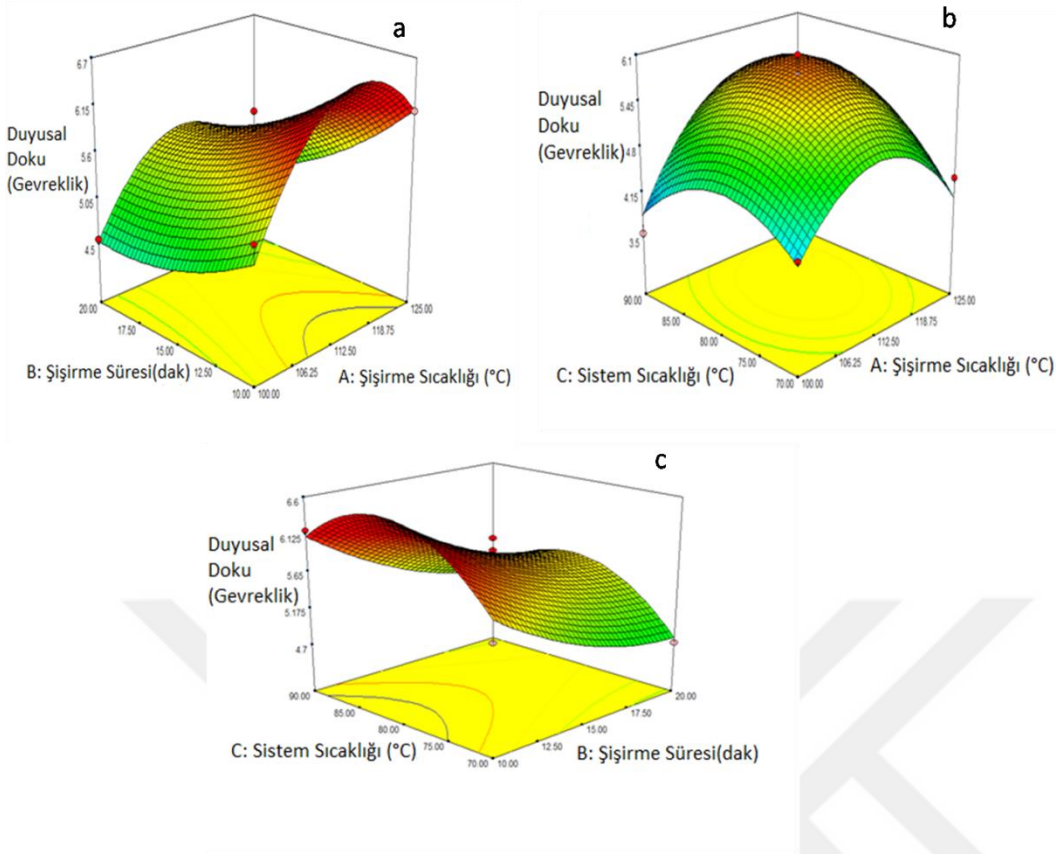
Duyusal gevrekliğin regresyon analizi ile elde edilen birleşik ikinci dereceden polinomial model, bağımsız işlem değişkenleri cinsinden Eş. (6)' da verilmiştir ($p<0.05$). Eşitlik (6)'dan tahminlenen değerler ve deneysel verilerin uyumu Şekil 4.17'de verilmiştir. Puf kurutulmuş örneklerin duyusal gevrekliği için tahminlenen model ve deneysel değerlerin uyumlu olduğu saptanmıştır.

$$\text{Duyusal Doku (Gevreklik)} = +5.87 + 0.3 \cdot A - 0.49 \cdot B - 0.95 \cdot A^2 - 0.65 \cdot C^2 \quad (6)$$



Şekil 4.17 Duyusal Doku (gevreklik) değeri için modelden (Eş.6) tahminlenen değerler ile deneysel değerler

Bağımsız işlem koşullarının duyusal doku (gevreklik) değeri üzerinde olan etkilerinin belirlenmesinde, elde edilen modeller ile yanıt yüzey grafikleri ile izohips eğrilerinin görüntülenmesinden de yararlanılmıştır. Duyusal doku (gevreklik) değerlerinin değişimini veren yanıt yüzey grafikleri ve izohips eğrileri Şekil 4.18’ de verilmiştir.



Şekil 4.18 Duyusal doku (gevreklik) için izohips eğrisi ve yanıt yüzey grafiği; **(a)** şişirme süresi ve şişirme sıcaklığının etkisi, **(b)** sistem sıcaklığı ve şişirme sıcaklığının etkisi, **(c)** şişirme süresi ve sistem sıcaklığının etkisi

Duyusal doku değerinin model üzerindeki istatistiksel etkisinin önemli olduğu görülmüştür ($p < 0.05$). İşlem değişkenlerinin duyusal dokuya olan etkileri incelendiğinde ise; şişirme sıcaklığı ve şişirme süresi değişkenlerinin bağımsız etkilerinin bu değer üzerinde istatistiksel anlamda farklı sonuçlar doğurduğu görülürken, şişirme sıcaklığının ve sistem sıcaklığının karelerinin de duyusal doku üzerinde etkili olduğu belirlenmiş, bu durum üzerinden sistem sıcaklığı değişkeninin de duyusal doku üzerinde bağımsız olmasa da dolaylı etkisinin istatistiksel anlamda önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.47). Model uygunsuzluğu açısından da diğer parametrelerde olduğu gibi bu parametre için de Lack of fit değerinin model açısından uygunsuzluk teşkil etmediği görülmüştür ($p > 0.05$). Şekil 4.18' e bakılarak şişirme sıcaklığı ve şişirme süresi parametrelerinin ortak etkileri açısından, şişirme sıcaklığı artışının belli bir noktaya kadar duyusal doku değerini (gevrekliği) arttırdığı, sistem sıcaklığı ve şişirme sıcaklığının ortak olan etkisi incelendiğinde ise; bu parametrelerin orta

noktadaki değerlerinde (80°C sistem sıcaklığı ve 112.5°C şişirme sıcaklığı) maksimum duyusal doku değerinin (gevrekliğin) panelistler tarafından algılandığı bulgulanmıştır. Sistem sıcaklığı ve şişirme süresinin ortak olan etkisini gösteren izohips eğrisi incelendiğinde, şişirme süresinin minimum (10 dakika) ve sistem sıcaklığının 80° C olduğu durumda panelistler tarafından maksimum duyusal dokunun (gevrekliğin) algılandığı sonucuna varılmıştır.

4.5.2 Puf Kurutulmuş Dana Nuar Eti Örnekleri

4.5.2.1 Nem içeriği, yığın yoğunluğu, ağırlık kaybı ve pH değeri

Box-Behnken deneme deseni (Çizelge 3.2) baz alınarak gerçekleştirilen 17 üretim sonucunda elde edilen puf kurutulmuş dana nuar et örneklerinin nem içerikleri (%), ağırlık kayıpları (%), yığın yoğunlukları ve pH değerleri Çizelge 4.49' da verilmiştir.

Çizelge 4.49 Puf kurutulmuş dana nuar eti örneklerinin ortalama nem içeriği (%), ağırlık kaybı (%), yığın yoğunluğu ve pH değerleri

Deneme No	Nem İçeriği(%)	Ağırlık kaybı(%)	Yığın yoğunluğu (kg/m ³)	pH
1	4.65±0.68	52.09±1.52	326.25±9.76	4.60±0.03
2	4.25±0.70	59.73±0.77	287.25±8.91	4.96±0.02
3	3.57±0.26	53.10±0.50	249.11±2.01	4.95±0.06
4	6.76±0.17	50.17±0.58	239.78±6.79	4.96±0.08
5	4.06±0.42	41.12±0.65	238.71±6.94	5.02±0.03
6	7.59±0.49	52.08±0.31	218.46±2.40	4.73±0.07
7	3.67±0.14	44.54±0.44	232.52±7.18	4.95±0.03
8	4.48±0.46	47.00±0.39	221.84±5.82	4.84±0.06
9	5.17±0.09	56.11±0.69	266.54±7.49	4.96±0.04
10	7.01±0.47	46.79±0.26	204.01±4.22	4.91±0.06
11	4.04±0.50	51.51±0.41	266.71±9.92	4.77±0.06
12	2.48±0.37	52.32±0.73	238.91±5.57	4.79±0.08
13	1.78±0.20	45.90±0.29	252.32±9.71	4.89±0.07
14	2.97±0.64	53.70±0.44	293.60±0.79	4.83±0.04
15	2.07±0.19	48.82±0.37	260.00±5.16	4.99±0.02
16	3.42±0.19	45.17±0.56	273.37±4.39	4.81±0.03
17	2.45±0.21	47.48±0.43	271.45±6.68	4.92±0.06

Puf kurutulmuş et örneklerinin nem içeriğinin puf kurutma işlem koşullarından nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla Design-Expert paket programında gerçekleştirilen ANOVA analizi (Çizelge 4.50) göz önüne alındığında nem içeriği

değerinin quadratik model üzerinde istatistiki öneminin olduğu belirlenmiştir. İşlem değişkenleri açısından ise, şişirme sıcaklığı ve sistem sıcaklığının bağımsız etkilerinin bu değişken üzerinden istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar yarattığı belirlenirken, şişirme sıcaklığı ve şişirme süresi ile şişirme süresi ve sistem sıcaklığının ortak etkileri ve tüm işlem koşullarının karelerinin de nem içeriği sonuçları üzerinde anlamlı farklar yarattığı görülmektedir. Dolayısıyla şişirme süresinin de her ne kadar bağımsız etkisi olmasa da nem içeriği sonuçları açısından etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir. Genel olarak sistem sıcaklığının artışı, nem içeriğinin düşüşüne neden olmuş olsa da, bir noktadan sonra sistem sıcaklığındaki artış üründeki kabuk oluşumu sebebiyle nemde kısmi oranda artışın gözlenmesine de sebep olmuştur (Çizelge 4.50).

Ağırlık kayıpları değerlerinin istatistiksel düzeyde model üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Ağırlık kayıpları üzerinde işlem koşullarının etkileri incelendiğinde ise, sadece şişirme süresinin karesinin etkisi ile bir istatistiksel farkın ortaya çıktığı görülmüştür. Dolayısıyla şişirme süresinin de bu sonuçlar arasındaki istatistiksel farkın oluşmasında etkili olduğu yorumu yapılabilmektedir (Çizelge 4.50).

pH değerleri sonuçları incelendiğinde et örneklerinin ANOVA sonuçlarının quadratik model üzerinde anlamlı etkisinin olmadığı ve Lack of fit değerinin yani model uygunsuzluğunun da bu inceleme sonucunda etkisinin olduğu ($p<0.05$) sonucuna varılmıştır (Çizelge 4.50).

Yığın yoğunluğu değerinin model üzerinde istatistiksel öneme sahip olduğu ($p<0.05$) bulgulanmıştır. Yığın yoğunluğu sonuçları incelendiğinde, şişirme süresinin bağımsız etkisinin istatistiksel düzeyde önemli olduğu görülürken, sistem sıcaklığının karesinin de bu sonuçlar üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark yarattığı ($p<0.05$) görülmüş, böylece sistem sıcaklığı değişkeninin de bu sonuçlar üzerindeki etkisinin bir anlamlı farka sebep olabileceği görülmektedir (Çizelge 4.50).

Çizelge 4.50 Nem içeriği, yığın yoğunluğu, ağırlık kaybı ve pH değerleri üzerine seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon kaynağı	S D	Ağırlık kaybı		Nem içeriği		Yığın yoğunluğu		pH değeri	
		Hata Kareler Toplamı	p-değeri	Hata Kareler Toplamı	p-değeri	Hata Kareler Toplamı	p-değeri	Hata Kareler Toplamı	p-değeri
Model	9	291.45	0.0394*	43.5	0.0017*	13498.92	0.0065*	0.066	0.8975
A	1	41.10	0.0578	6.33	0.0054*	785.15	0.0831	7.81×10^{-6}	0.9496
B	1	36.45	0.0703	0.37	0.3676	5774.8	0.001*	0.014	0.4089
C	1	0.066	0.9303	10.5	0.0014*	130.26	0.4377	9.11×10^{-6}	0.5019
AB	1	27.99	0.1037	3.2	0.0257*	220.03	0.3204	0.031	0.2355
AC	1	18.08	0.1766	1.84	0.0697	22.91	0.7402	8.55×10^{-6}	0.5148
BC	1	25.67	0.1165	2.88	0.0317*	301.42	0.2509	1.05×10^{-6}	0.8164
A²	1	4.1×10^6	0.9824	6.81	0.0045*	120.74	0.4543	5.92×10^{-6}	0.9561
B²	1	128.69	0.0051*	4.19	0.0145*	491.52	0.1540	2.37×10^{-6}	0.7285
C²	1	17.85	0.1790	5.46	0.0078*	5736.62	0.001*	1.053×10^{-6}	0.9415
Kalıntı	7	56.03		2.82		1346.76		0.13	
Lack of Fit	3	10.35	0.8236	1.04	0.5636	363.97	0.7057	0.11	0.0488*
Saf Hata	4	45.68		1.78		982.79		0.021	
Toplam	16	347.48		46.32		14845.68		0.19	

*p<0.05 düzeyinde anlamlı A: Şişirme sıcaklığı, B: Şişirme süresi, C: Sistem sıcaklığı, Lack of Fit: modelin matematiksel uygunsuzluğu

4.5.2.2 Renk değerleri, sertlik, gevreklik ve rehidrayon sonuçları

Puf kurutulmuş örneklerin renk değerleri (L^* , a^* , b^*), sertlik değerleri, dokusal gevreklik değerleri ve rehidrasyon sonuçlarının ortalama değerleri Çizelge 4.51' de, ANOVA sonuçları ise Çizelge 4.52' de verilmiştir.

Çizelge 4.51 Puf kurutulmuş dana nuar eti örneklerinin renk değerleri, sertlik değerleri, dokusal gevreklik ve rehidrasyon oranı

Deneme No	L*	a*	b*	Sertlik değeri (g)	Gevreklik	Rehidrasyon oranı (%)
1	36.17±1.63	8.96±1.32	10.88±1.74	>30000±1059.3	11.00±1.03	128.87±1.89
2	39.87±2.06	10.71±1.18	11.21±1.15	29053.5±780.8	8.17±0.83	148.54±0.57
3	41.34±0.68	9.81±0.77	11.91±0.70	28275.4±1234.4	4.33±0.54	152.43±1.13
4	34.22±0.38	11.23±0.51	12.57±0.43	>30000±616.5	6.75±0.54	131.68±0.71
5	47.21±1.26	11.59±0.47	17.75±0.95	>30000±706.8	14.66±1.15	155.20±0.68
6	44.12±0.73	6.56±0.69	14.81±0.74	27662.1±693.6	11.10±1.15	149.28±1.17
7	48.80±0.86	8.94±0.67	18.73±0.61	24457.1±738.3	8.80±0.54	154.77±1.35
8	47.59±0.21	8.42±0.81	19.36±0.84	27323.8±671.6	12.00±0.98	163.89±0.46
9	39.13±0.80	6.15±0.15	15.09±0.28	28014.7±880.9	14.80±1.15	131.12±1.84
10	48.64±0.40	6.51±0.21	19.78±0.09	29918.6±707.5	8.20±1.00	144.46±0.22
11	45.93±0.79	10.20±0.48	19.67±1.20	26967.2±671.9	11.60±1.15	142.94±0.81
12	44.31±0.91	9.42±0.54	19.04±0.67	21076.1±608.1	10.70±1.15	132.99±1.23
13	39.61±0.18	10.09±0.56	17.76±0.96	>30000±419.8	10.75±0.89	143.74±0.75
14	44.59±0.83	8.54±0.72	16.00±0.25	>30000±866.1	10.57±0.95	130.66±0.32
15	46.50±0.80	7.45±0.25	17.83±1.04	>30000±232.7	8.71±1.00	133.22±0.24
16	41.93±0.26	9.47±0.54	15.20±0.09	>30000±672.7	9.00±1.00	144.47±0.53
17	40.19±0.35	9.87±0.85	17.73±0.84	>30000±703.0	9.00±0.81	137.55±0.94

Puf kurutulmuş et örneklerinin renk sonuçlarının ANOVA analizi incelendiğinde L* değerinin model üzerinde anlamlı etkisinin olduğu ($p<0.05$) görülmüştür. Puf kurutma işlem koşullarının bağımsız olan veya değişkenlerin ortak etkilerinin L* değerleri üzerinde anlamlı olmadığı gözlenirken, şişirme süresi ve sistem sıcaklığının karesinin anlamlı etkilerinin olduğu, dolayısıyla sistem sıcaklığı ve şişirme süresi değerlerinin L* sonuçları üzerinde etkileri olduğu sonucuna varılmaktadır. a* değerinin model ile uyumsuz olduğu ve dolayısıyla bu model üzerinden işlem koşullarının a* sonuçlarına olan etkilerinin belirlenemediği görülmüş olup, b* değerleri açısından ANOVA sonuçları incelendiğinde, şişirme süresi ve sistem sıcaklığı değişkenlerinin bağımsız etkilerin istatistiksel derecede önemli olduğu bulunurken, tüm işlem koşullarının ortak etkilerinin b* sonuçları üzerinde etkisinin önemli düzeyde olduğu ve sistem sıcaklığı ile şişirme sürelerinin karelerinin de b* sonuçları üzerinde anlamlı fark yarattığı, böylece tüm işlem değişkenlerinin b* sonuçları üzerinde istatistiksel düzeyde önemli farklılıkların oluşmasında etkili oldukları sonucuna varılmıştır (Çizelge 4.52).

Sertlik değerlerinin ANOVA sonuçlarına bakıldığında ise (Çizelge 4.52), puf kurutma işlem koşullarından sistem sıcaklığının bağımsız etkisinin örnek sertlikliğine önemli derecede etkisinin olduğu görülmüş, şişirme süresi ve sistem sıcaklığı değişkenlerinin ortak etkilerinin de benzer duruma sebep olduğu ve ayrıca, tüm işlem koşullarının karelerinin de sertlik sonuçları üzerinde anlamlı farklar yarattığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre tüm işlem koşullarının sertlik değerleri üzerinde anlamlı farklar oluşmasında etkili oldukları yorumu yapılabilmektedir. Sistem sıcaklığındaki artışın sertlik değerlerinde düşüşe sebep olduğu bunun da örnek dış düzeyinde oluşan kabuk yapısı sebebi ile iç dokunun daha yumuşak formda kalması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Şişirme süresinin sertlik değerleri üzerinde çoğunlukla bir azalmaya sebep olduğu da görülmektedir.

Dokusal gevreklik sonuçları incelendiğinde, bu yanıtın quadratik model ile yüksek uyum gösterdiği bulgulanmıştır. İşlem koşullarının bağımsız etkilerine bakıldığında, şişirme süresi ve sistem sıcaklığının dokusal gevreklik değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkili olduğu görülmüştür ($p<0.05$). İşlem koşullarının ortak olan etkileri göz önüne alındığında, tüm işlem

koşullarının ikili etkilerinin dokusal gevreklik üzerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde etkili olduğu bulgulanmıştır. Şişirme süresi ve sistem sıcaklığının karelerinin de dokusal gevreklik değerleri üzerinde istatistiksel düzeyde anlamlı etkilerinin olduğu saptanmıştır. Böylece tüm işlem değişkenlerinin dokusal gevreklik sonuçları üzerinde etkilerinin olduğu yorumu yapılabilmektedir (Çizelge 4.52).

Rehidrasyon sonuçları Çizelge 4.52 üzerinden incelendiğinde; quadratik model üzerinde bu parametrenin istatistiksel etkisinin önemli olduğu görülmüştür. İşlem koşullarının bağımsız etkilerinin rehidrasyon sonuçları üzerinde anlamlı bir etki yaratmadığı, şişirme sıcaklığı ve şişirme süresi değişkenlerinin ortak etkilerinin puf kurutulmuş örneklerin rehidrasyon sonuçlarında anlamlı düzeyde etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Tüm işlem koşullarının karelerinin ise rehidrasyon sonuçları üzerinde önemli derecede etkili olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar üzerinden tüm işlem koşullarının rehidrasyon sonuçları üzerinde etkili olduğu saptanabilmektedir. Rehidrasyon sonuçlarının şişirme sıcaklığı ve sistem sıcaklığının maksimum (125°C ve 90°C) veya minimum oldukları (100°C ve 70°C) noktalarda maksimum değerlerde olduğu, şişirme süresinin ise belli bir noktaya kadar artırılması ile rehidrasyon oranının arttığı belirlenmiştir. Ancak bu etkinin, şişirme sıcaklığının ve şişirme süresinin maksimum olduğu (125°C ve 20 dakika) ve sistem sıcaklığı ile şişirme süresinin maksimum (90°C ve 20 dakika) olduğu durumda görüldüğü, maksimum rehidrasyon oranının tüm koşullarının maksimum olduğu durumda sağlanmadığı da Design Expert paket programı üzerinden değerlendirilen sonuçlarda ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4.52 Puf kurutulmuş örneklerin renk, sertlik, dokusal gevreklik değerleri ve rehidrasyon oranı sonuçları üzerinde seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon kaynağı	S D	L*		a*		b*		Sertlik değeri		Dokusal Gevreklik		Rehidrasyon oranı	
		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	258.27	0.029*	20.06	0.69	103.4	0.0009*	140.07	0.001*	<0.0001	0.0002*	1553.5	0.0099*
A	1	7.44	0.313	0.71	0.65	0.075	0.765	0.22	0.677	<0.0001	0.378	0.56	0.8867
B	1	6.87	0.331	0.11	0.85	32.89	0.0003*	5.21	0.071	<0.0001	0.048*	12.73	0.5037
C	1	7.08	0.324	4.76	0.25	4.95	0.0392*	10.95	0.018*	<0.0001	0.0001*	26.47	0.344
AB	1	29.23	0.068	0.028	0.92	6.9	0.0203*	0.027	0.883	<0.0001	0.032*	408.54	0.0052*
AC	1	0.89	0.719	5.06	0.246	11.42	0.0064*	3.21	0.139	<0.0001	0.0029*	56.56	0.1808
BC	1	30.98	0.062	0.32	0.758	6.42	0.0236*	7.08	0.042*	<0.0001	0.0028*	135.56	0.0549
A²	1	5.25	0.392	3.81	0.309	2.6	0.1093	37.84	0.001*	<0.0001	0.5103	436.36	0.0044*
B²	1	52.95	0.023*	0.087	0.873	6.68	0.0218*	21.59	0.003*	<0.0001	0.0038*	251.36	0.0165*
C²	1	126.67	0.003*	5.65	0.223	33.46	0.0003*	59.37	0.0002*	<0.0001	<0.0001*	248.17	0.017*
Kalıntı	7	44.07		22.13		5.42		8.08		<0.0001		179.2	
Lack of Fit	3	9.71	0.776	17.39	0.079	1.64	0.6578	2.08	0.7242	<0.0001	0.762	27.53	0.8654
Saf Hata	4	34.36		4.73		3.77		6.00		<0.0001		151.63	
Toplam	16	302.34		42.19		108.81		148.15		<0.0001		1732.77	

*p<0.05 düzeyinde anlamlı, A: Şişirme sıcaklığı, B: Şişirme süresi, C: Sistem sıcaklığı, Lack of Fit: modelin matematiksel uygunsuzluğu

4.5.2.3 Protein, tuz, yağ ve TBARS sonuçları

Puf kurutulmuş dana nuar eti örneklerine ait % protein, % tuz, % yağ ve TBARS sonuçlarının ortalama değerleri Çizelge 4.53' te, örneklere ait Design Expert paket programı üzerinden gerçekleştirilen ANOVA analiz sonuçları Çizelge 4.54' te görülmektedir.

Çizelge 4.53 Puf kurutulmuş dana nuar eti örneklerinin % protein içeriği, % tuz içeriği, % yağ içeriği ve TBARS değeri sonuçları

Deneme No	KM Protein içeriği (%)	KM Tuz içeriği (%)	KM yağ içeriği (%)	TBARS (mg malonaldehit/ kg ürün)
1	89.39±0.62	5.55±0.27	5.85±0.07	0.53±0.03
2	88.54±0.45	6.87±0.55	4.75±0.21	0.30±0.04
3	91.54±0.40	5.49±0.10	4.29±0.32	0.19±0.04
4	89.25±0.22	5.11±0.35	6.31±0.35	0.48±0.03
5	91.32±0.22	5.03±0.18	3.62±0.07	0.71±0.03
6	86.73±0.66	6.11±0.12	6.45±0.48	0.70±0.02
7	90.94±0.40	4.75±0.22	4.64±0.34	0.53±0.02
8	87.69±0.71	7.02±0.49	5.30±0.29	0.63±0.03
9	89.40±0.45	4.95±0.37	5.71±0.44	0.62±0.02
10	90.52±0.07	3.65±0.11	4.98±0.41	0.70±0.03
11	88.74±0.10	5.87±0.14	5.25±0.11	0.63±0.04
12	88.47±0.06	6.58±0.06	5.55±0.28	0.38±0.04
13	88.63±0.18	6.03±0.27	4.61±0.19	0.33±0.05
14	88.99±0.54	5.45±0.12	4.63±0.21	0.35±0.04
15	89.02±0.70	6.06±0.02	4.71±0.16	0.32±0.03
16	88.36±0.07	6.15±0.57	4.68±0.29	0.36±0.03
17	89.52±0.42	5.09±0.03	4.60±0.14	0.36±0.04

Design Expert paket programı üzerinde puf kurutulmuş et örnekleri için yapılan ANOVA analiz sonuçları quadratik model için incelendiğinde protein sonuçlarının model ile uyumsuz olup, lineer modele uygun olduğu belirlenmiştir. Tuz sonuçları için de aynı durum geçerli olup, örneklere ait tuz içeriği sonuçları da lineer model ile uyum göstermektedir. Yağ sonuçları değerlendirildiğinde, örneklerin model üzerinde istatistiksel öneminin olduğu görülmüştür. Puf kurutma işlem koşullarından şişirme sıcaklığı değişkeninin bağımsız etkisinin yağ sonuçları üzerinde anlamlı düzeyde etkisinin olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Bununla birlikte şişirme sıcaklığı ve şişirme süresinin birlikte olan etkisinin yağ sonuçları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu, şişirme sıcaklığı ve sistem sıcaklığı değişkenlerinin ortak etkilerinin de yine yağ sonuçları üzerinde

istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, şişirme süresinin karesinin de yağ sonuçları üzerinde istatistiksel düzeyde önemli olduğu bulgulanmış, dolaylı olarak da tüm puf kurutma bağımsız işlem değişkenlerinin yağ sonuçları üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.54). TBARS sonuçları incelendiğinde ise; hiç bir örnekte TBARS sınır değeri olan 2 mg malonaldehit/kg ürün sonucuna yakın bir değer (Çizelge 4.53) görülmemiştir. TBARS sonuçları quadratik model ile uyum göstermiştir. Puf kurutma işlem değişkenlerinin bağımsız etkileri ile bu değişkenlerin ortak etkilerinin tümünün, TBARS sonuçları üzerinde anlamlı etkiye sahip sonucuna varılmış ve ayrıca şişirme sıcaklığı ile sistem sıcaklığının karelerinin de TBARS sonuçları üzerinde önemli derecede etkili olduğu saptanmıştır. TBARS sonuçlarının şişirme sıcaklığının maksimum değere yaklaştığı koşullarda düşük miktarda da olsa arttığı belirlenmiştir. TBARS sonuçları üzerindeki en önemli değişimi sağlayan koşulun sistem sıcaklığı olduğu görülmüştür ve tüm koşulların en düşük olduğu durumda TBARS değerinin maksimuma ulaştığı belirlenmiş, orta noktada (112.5°C şişirme sıcaklığı, 15 dakika şişirme süresi ve 80°C sistem sıcaklığı) ise, bu değer minimum olduğu gözlenmiş ve genel itibari ile uç noktalarda (maksimum ve minimum işlem koşullarında) TBARS değerlerinin arttığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.54 Puf kurutulmuş örneklerin % protein içeriği, % tuz içeriği % yağ içeriği ve TBARS değerleri sonuçları ANOVA tablosu

Varyasyon kaynağı	S D	KM Protein		KM tuz		KM Yağ		TBARS değeri	
		Hata Kareler Toplamı	p-değeri	Hata Kareler Toplamı	p-değeri	Hata Kareler Toplamı	p-değeri	Hata Kareler Toplamı	p-değeri
Model	9	20.35	0.086	8.36	0.168	7.43	0.0034*	0.43	<0.0001*
A	1	15.13	0.003	2.31	0.056	3.35	0.0004*	<0.0001	0.0243*
B	1	1.74	0.18	0.73	0.24	0.015	0.69	0.014	0.0002*
C	1	0.56	0.42	2.52	0.048	3.1x10 ⁻⁶	0.99	0.038	<0.0001*
AB	1	0.51	0.44	0.73	0.24	1.39	0.005*	0.069	<0.0001*
AC	1	0.45	0.47	0.35	0.40	1.17	0.0076*	<0.0001	0.0085*
BC	1	0.49	0.45	1.01	0.17	0.27	0.12	0.026	<0.0001*
A²	1	0.47	0.46	0.22	0.50	8.9x10 ⁻⁶	0.76	<0.0001	0.001*
B²	1	0.84	0.33	0.23	0.49	0.73	0.02*	<0.0001	0.1616
C²	1	0.019	0.88	0.29	0.45	0.41	0.06	0.27	<0.0001*
Kalıntı	7	5.41		3.07		0.6		<0.0001	
Lack of Fit	3	4.64	0.04*	2.21	0.1323	0.59	0.0004*	<0.0001	0.7806
Saf Hata	4	0.77		0.86		8.9x10 ⁻⁶		<0.0001	
Toplam	16	25.66		11.43		8.03		0.44	

* p<0.05 düzeyine anlamlı A: Şişirme sıcaklığı, B: Şişirme süresi, C: Vakum sıcaklığı, Lack of Fit: modelin matematiksel uyumsuzluğu

4.5.2.4 Duyusal değerlendirme

Puf kurutma işlem koşullarının etkisini görmek amacıyla gerçekleştirilen 17 deneme sonucunda elde edilen dana nuar eti örneklerine ait ortalama duyusal değerlendirme sonuçları izelge 4.55’ te verilmiştir. Örneklerin renk skalasındaki yerinin belirlenmesi amacıyla hedeflenen renk değeri (bakır kırmızıısı) ortada olacak şekilde panelistlerden örnekleri gri ve kahverengi renk derecesine göre puanlaması istenerek 1 (gri) ve 9 (siyah-kahve) bandında puanlaması yapılmıştır. Örneklerin dokusu ise iki önemli özellik olan sertlik ve elastiklik olacak şekilde panelistler tarafından puanlandırılmıştır. Buna göre en gri örneğin 2.2, en koyu renkli örneğin 6.81 puan aldığı belirlenmiş, ayrıca en gevrek örneğin 6.18, en az sert olan örneğin puanlamasının ise 1.36 olduğu belirlenmiştir. Duyusal tüm izlenimde ise; panelistlerden en yüksek değerlendirme puanını 6.18 olarak görülmüştür.

Çizelge 4.55 Puf kurutulan dana nuar eti örneklerinin ortalama duyuşal özellik sonuçları

Dene me No	Renk	Renk Beğenisi	Doku Beğenisi	Şişme	Doku (Sertlik)	Doku (Elastiklik)	Lezzet	Yabancı lezzet	Okside lezzet	Tüm izlenim
1	6.09±0.9	5.9±1.5	5.45±1.3	6.45±1.2	2.36±1.2	1.36±0.8	5.9±1.0	2.45±1.4	1.18±0.6	6.18±1.0
2	6.36±0.7	6.00±1.2	5.18±2.1	6.09±1.1	3.3±1.3	1.54±1.2	5.72±1.5	1.63±1.2	1.00±0.0	6.00±1.2
3	6.36±1.9	4.18±2.1	5.90±1.2	4.18±1.0	3.55±1.6	1.72±1.6	5.00±1.7	1.72±1.1	1.27±0.6	4.81±1.3
4	5.77±1.4	5.81±1.8	5.81±1.6	4.54±1.4	2.63±1.9	2.45±1.8	4.54±1.6	1.9±1.04	1.09±0.3	4.36±1.4
5	6.81±0.7	4.36±1.4	4.63±1.4	4.18±1.2	1.9±1.6	2.09±1.8	5.09±1.3	1.72±0.9	1.09±0.3	4.09±1.2
6	3.45±0.7	4.54±1.0	6.09±2.2	6.09±2.0	1.54±0.9	2.27±1.3	4.54±1.2	2.09±1.2	1.00±0.0	4.54±1.0
7	2.22±0.7	3.18±1.0	6.45±1.5	3.27±1.8	1.36±0.3	3.90±2.0	3.63±1.3	2.09±1.4	1.00±0.0	2.90±1.3
8	3.27±0.6	3.36±1.4	5.45±1.2	4.36±1.1	2.27±1.6	3.54±1.8	4.90±1.6	1.90±1.5	1.00±0.0	5.09±1.9
9	5.18±0.9	5.00±1.2	4.54±1.0	4.18±1.5	2.44±1.4	2.27±1.3	5.00±1.3	1.81±1.2	1.00±0.0	5.00±1.6
10	3.77±0.8	3.90±1.5	6.00±1.1	4.72±1.5	1.63±0.9	2.63±1.1	5.45±1.5	1.81±0.9	1.00±0.0	5.27±1.2
11	4.77±0.8	5.45±1.5	5.63±1.5	6.63±1.4	1.63±1.0	1.36±0.7	5.9±1.4	2.45±1.1	1.00±0.0	5.90±1.5
12	6.00±1.4	5.54±1.2	5.18±0.9	6.09±1.3	2.5±1.1	1.54±0.9	5.81±1.7	2.36±1.2	1.09±0.3	5.72±1.0
13	4.63±1.8	5.00±1.4	5.72±1.5	5.54±1.1	2.09±0.9	1.54±1.5	5.54±1.2	2.18±0.7	1.00±0.0	6.00±0.9
14	6.13±1.1	5.45±1.6	5.18±1.5	5.9±0.6	2.54±0.8	1.36±0.7	5.18±1.1	2.27±0.9	1.00±0.0	5.18±1.9
15	3.00±0.9	4.81±1.9	5.60±1.4	5.45±1.4	2.09±1.6	2.09±1.6	5.72±1.8	2.09±1.2	1.00±0.0	5.81±1.7
16	4.81±1.1	4.54±0.7	5.81±0.9	5.72±1.1	2.18±0.8	2.63±0.8	5.27±0.6	2.09±0.7	1.09±0.3	5.18±0.7
17	5.27±1.6	5.45±1.4	5.54±1.6	5.81±1.3	2.09±0.9	2.54±1.0	5.27±0.9	2.09±1.0	1.00±0.0	5.27±1.5

Puf kurutma işlem koşullarının örneklerin duyuşal kriterleri üzerine olan etkisi incelendiğinde, sadece şişme ve duyuşal sertlik parametrelerinde model ile uyum gözlenmiş diğler parametreler için bu durum gözlenmemiştir. Şişme kriteri üzerinde şişme süresi işlem değışkenin bağımsız olan etkisi panelistlerin değıerlendirmeleri sonucunda istatistiksel düzeyde anlamlı olarak bulgulanmıştır. Ayrıca, şişirme sıcaklığı ve şişirme süresi ile şişirme süresi ve sistem sıcaklığının ortak etkilerinin duyuşal sertlik sonuçları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı seviyede olduğı ANOVA tablosundan görölmektedir (Çizelge 4.56). Bu sonuçlar doğrutusunda tüm işlem değışkenlerinin duyuşal sertlik üzerinde etkisinin anlamlı sonuçlar doğuracağı yorumu yapılabilmektedir. Şişirme süresi ve sistem sıcaklığının artışı da daha şişmiş yapının algılandığını göstermektedir. Duyuşal sertlik kriteri göz önüne alındığında, puf kurutma bağımsız işlem değışkenlerinin bağımsız etkilerinin istatistiksel olarak anlamlı farklar yaratmadığı görölürken, tüm değışkenlerin ortak etkilerinin ve tüm değışkenlerin karelerinin etkilerinin ise istatistiksel düzeyde anlamlı olduğı saptanmıştır. Böylece tüm işlem değışkenlerinin duyuşal sertlik sonuçları üzerinde etkilerinin olduğı sonucuna varılmaktadır. Duyuşal sertliğin sistem sıcaklığının sınır koşullarında (70°C ve 90°C) minimum olarak algılandığı, şişirme süresi ve şişirme sıcaklığı açısından ise, bu değıerlerin orta noktadaki (15 dakika ve 112.5°C) değıerlerinde duyuşal sertliğin panelistler tarafından minimum algılandığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.56 Duyusal özellik değerleri üzerinde seçilen bağımsız değişkenlerin etkisini gösteren ANOVA tablosu

Varyasyon kaynağı	SD	Renk		Renk Beğenisi		Dokusal Beğeni		Şişme		Duyusal Sertlik		Duyusal Elastik		Lezzet Beğenisi		Yabancı Lezzet		Okside Lezzet		Tüm İzlenim	
		HKT	p-değeri	HKT	p-değeri	HKT	p-değeri	HKT	p-değeri	HKT	p-değeri	HKT	p-değeri	HKT	p-değeri	HKT	p-değeri	HKT	p-değeri	HKT	p-değeri
Model	9	17.17	0.51	8.43	0.20	6.67	0.74	3.47	0.012*	5.17	0.0005*	4.08	0.728	3.72	0.294	0.78	0.1312	0.08	0.08	7.75	0.24
A	1	0.14	0.80	0.5	0.34	1.13	0.36	2x10 ⁻⁶	0.9	0.04	0.29	0.058	0.78	0.13	0.0001	0.026	0.42	0.02	0.02*	0.46	0.37
B	1	1.23	0.45	1.06	0.18	1.57	0.28	0.55	0.02*	0.04	0.289	0.4	0.40	0.37	0.126	0.037	0.34	0.12	0.12	1.06	0.19
C	1	1.12	0.47	4.1x10 ⁻⁶	0.93	0.1	0.77	0.26	0.07	0.001	0.65	0.16	0.60	0.0004	0.84	0.23	0.04*	1.0	1.00	0.08	0.69
AB	1	0.4	0.66	0.6	0.30	0.13	0.93	8x10 ⁻⁶	0.72	0.86	0.001*	0.07	0.60	0.019	0.6	0.25	0.03*	1.0	1.00	0.02	0.83
AC	1	4.86	0.15	2.06x10 ⁻⁶	0.95	0.17	0.99	1.51	0.002*	0.4	0.01*	0.06	0.44	0.83	0.83	0.074	0.20	0.43	0.43	0.83	0.24
BC	1	1.8	0.36	0.35	0.42	0.17	0.74	0.9	0.007*	0.7	0.002*	8x10 ⁻⁶	0.73	0.074	0.21	0.0002	0.82	0.43	0.43	0.05	0.75
A²	1	0.02	0.92	0.54	0.33	1.61	0.57	0.12	0.206	0.24	0.03*	0.5	0.51	1.28	0.44	0.15	0.80	0.06	0.06	2.34	0.07
B²	1	4.6	0.16	2.56	0.06	0.25	0.61	0.09	0.25	1.15	0.001*	1.65	0.90	0.84	0.12	0.0003	0.77	0.06	0.06	1.49	0.12
C²	1	3.4	0.22	3.09	0.03*	1.49	0.55	0.03	0.513	1.88	0.0001*	1.25	0.71	0.38	0.27	8.7x10 ⁻³	0.96	0.08	0.08	1.56	0.12
Kalıntı	7	13.27		3.39		8.14		0.43		0.22		4.84		1.89		0.25		0.29		3.52	
Lack of Fit	3	8.0	0.25	2.75	0.06	7.99	0.0006*	0.19	0.461	0.065	0.671	3.53	0.12	1.68	0.021	0.23	0.02	0.2	0.16	2.92	0.05*
Saf Hata	4	5.27		0.64		0.14		0.24		0.16		1.32		0.21		0.026		0.001		0.6	
Toplam	16	30.44		11.82		14.81		3.9		5.39		8.92		5.62		1.03		0.1		11.27	

* p<0.05 düzeyine anlamlı, HKT: Hata Kareler Toplamı, A: Şişirme sıcaklığı, B: Şişirme süresi, C: Sistem sıcaklığı Lack of Fit: modelin matematiksel uygunsuzluğu

4.5.2.6 Örneklerin makroyapı görüntüleri

Optimizasyon çalışmaları boyunca Box-Behnken deneme desenine göre elde edilmiş olan puf kurutulmuş dana nuar eti örneklerinin görüntüsü Şekil 4.19' da, makro yapı görüntüleri ise Şekil 4.20' de verilmiştir.



Şekil 4.19 Box-Behnken deneme desenine göre elde edilen puf kurutulmuş dana nuar eti örneklerinin görüntüleri



Şekil 4.20 Optimizasyon çalışmalarında elde edilen puf kurutulmuş dana nuar eti örneklerinin makroyapı görüntüleri

Örneklerde işlem koşullarına bağlı olarak griden koyu kahveye giden renklerin oluştuğu belirlenirken, makro yapılar incelendiğinde puf kurutulmuş örneklerde kısıtlı oranda da olsa belirgin gözeneklerin varlığı gözlenmiştir.

Optimizasyon çalışmalarındaki örneklere ait mikroyapı görüntülerinin sonuçlarının yetiştirmemesi sebebi ile bu tez kapsamında değerlendirilememiştir.

4.5.2.7 Mikrobiyolojik analiz sonuçları

Optimizasyon çalışmalarında en düşük sıcaklıklar ve sürelerde üretilen örnek (100°C şişirme sıcaklığı, 15 dakika şişirme süresi ve 70°C sistem sıcaklığı) mikrobiyolojik analize tabi tutulmuştur. Örneğe ait mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 4.57' de verilmiştir.

Çizelge 4.57 puf kurutma işlem koşulları optimizasyonunda en düşük şişirme sıcaklığı şişirme süresi ve vakum sıcaklığına sahip örneğin mikrobiyolojik analiz sonuçları

Örnek /Analiz	Puf Kurutulmuş					
	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>Staphylococcus aureus</i> (kob/25g)
100° C şişirme sıcaklığı, 15 dakika şişirme süresi, 70°C vakum sıcaklığı	1x10 ³	negatif	negatif	<10	negatif	<10

Çizelge 4.57' ye göre en düşük işlem koşullarına sahip örneğin mikrobiyal açıdan güvenli olduğu bulgulanmış ve puf kurutma işlem koşullarının optimizasyonu çalışmalarında mikrobiyal açıdan güvenli örneklerin elde edildiği sonucuna varılmıştır.

4.5.3 Optimum Noktanın Belirlenmesi

Puf kurutulmuş atıştırmalık dana nuar etinin üretimi için işlem koşulları olarak seçilen şişirme sıcaklığı, şişirme süresi ve vakum sıcaklığı, maksimum genişleme oranı, maksimum duysal doku (gevreklik) ve aw (hedef değeri 0.2) değerlerini sağlaması için Desirability fonksiyonu yaklaşımı ve izohips eğrilerinin üst üste yerleştirilmesi yöntemleri ile optimize edilmiştir. Optimizasyon çalışması sırasında Box-Behnken deneme desenine göre üretilen puf kurutulmuş dana nuar etlerinin diğer bileşim, kalite ve duysal özellikleri çalışma içerisinde yer almamıştır.

Optimizasyon çalışmasında puf kurutma işlem değişkenleri olan şişirme sıcaklığı (100-125 °C), şişirme süresi (10-20 dak) ve vakum sıcaklığı (70-90°C) aralığında olacak şekilde seçilmiştir. Optimum noktanın belirlenmesinde her bir yanıt için elde edilen ikinci dereceden polinomiyal modeller kullanılmıştır. Desirability fonksiyonu yaklaşımı uygulandığında optimum nokta için birbirine yakın 6 çözüm (Ek Çizelge E) bulunmuştur. Çizelge 4.58' de ise optimum noktayı veren 3 çözüm görülmektedir. Optimum nokta olarak, Design Expert paket programının

belirlediği bu 6 çözümden, birinci çözümde elde edilen faktör seviyeleri seçilmiştir. Bu noktada; şişirme sıcaklığının 117.68°C, şişirme süresinin 13.6 dakika ve vakum sıcaklığının 90°C olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.58 Desirability fonksiyonu yaklaşımı ile belirlenen optimum noktalar

No	Şişirme sıcaklığı (°C)	Şişirme süresi (dakika)	Vakum sıcaklığı (°C)	aw değeri	Genişleme oranı %	Duyusal Doku (Gevreklik)	Desirability
1	117.68	13.60	90.00	0.2	134.126	5.66586	0.822
2	117.80	13.61	90.00	0.2	134.208	5.66312	0.822
3	114.17	15.02	71.49	0.2	134.098	5.24201	0.763

Optimum nokta sonuçlarının doğrulanması, belirlenmiş olan optimum matematiksel noktada; şişirme sıcaklığı 117.68 °C, şişirme süresi 13.6 dakika ve vakum sıcaklığı 90 °C olacak şekilde, atıştırmalık dana nuar etlerinin üretimi puf kurutma cihazında gerçekleştirilmiştir. Örnekler önce 0.1 mbar basınçta % 30 nem içeriğine kadar dondurarak ön kurutulmuş, daha sonra belirlenen optimum puf kurutma koşullarında kurutulmuştur. Elde edilen 5 doğrulama denemesi sonuçları, sonuçların ortalaması ve modelden tahminlenen değerler Çizelge 4.59’ da verilmiştir.

Her bir yanıtın optimum nokta doğrulama denemeleri sonrasındaki ortalama sonuçları ile modelden tahminlenen değerler arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olup olmadığı, tek örnek *t*-testi uygulanarak belirlenmiştir. Tek örnek *t*-testi SPSS (IBM SPSS Statistic Base 15.0) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir yanıt için tek örnek *t*-testi sonuçları Çizelge 4.60’ ta verilmiştir.

Çizelge 4.59 Optimum nokta doğrulama denemeleri sonuçları

Deneme No	aw değeri	Genişleme Oranı (%)	Duyusal Gevreklik
1	0.198	134.60	5.71
2	0.200	133.99	5.70
3	0.199	133.74	5.75
4	0.200	133.54	5.92
5	0.199	131.07	6.00
Ortalama	0.199	133.19	5.81
Modelden Tahminlenen (Hedeflenen)	0.2	134.13	5.67

Çizelge 4.60 Optimum noktada ortalama deneysel değerlerin modelden tahminlenen değerler ile karşılaştırılması

Yanıtlar	Tahminlenen Değer	Deneysel Değer ^a	SH ^b	Fark	%Hata ^c	p-değeri
Duyusal Gevreklik	5.67	5.81±0.14	0.611	0.149	2.55	0.072
Genişleme Oranı (%)	134.13	133.19±1.32	0.589	-0.936	0.71	0.176
aw değeri	0.20	0.199±0.001	0.003	-0.004	0.20	0.235

^a Deneysel sonuçlar standart sapma ile birlikte verilmiştir.

^b Ortalama standart hata

^c% Hata = $(|y_{den} - y_{tah}|/y_{den}) \times 100$

Optimum noktada 5 doğrulama denemesi sonucunda elde edilen puf kurutulmuş dana nuar eti örneklerinin analiz sonuçları göz önüne alındığında, genişleme oranı, aw değeri ve duyusal doku (gevreklik) değerlerinin modelden tahminlenen değerlere oldukça yakın olduğu ve istatistiksel olarak da modelden tahminlenen değerler ve deneysel sonuçlar arasındaki farkın önemsiz olduğu bulgulanmıştır

($p>0.05$). Optimum noktada yapılan doğrulama denemelerine ait tüm analizlerin ortalama sonuçları Çizelge 4.61 ve Çizelge 4.62' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.61 Optimum noktada yapılan 5 doğrulama denemesine ait ortalama analiz sonuçları

Bileşim Analizleri		Fiziksel Analizler			
Nem içeriği (%)	2.24±0.56	Sertlik (g)	26958.75±844.8	L*	41.33±2.47
aw değeri	0.199±0.001	Gevreklik	9.40±1.10	a*	9.96±1.25
pH	4.87±0.08	Yığın yoğunluğu (kg/m ³)	236.92±2.01	b*	15.22±2.57
KM Protein (%)	87.17±0.65				
KM Yağ İçeriği (%)	5.03±0.19	Rehidrasyon Oranı (%)	135.08±2.85	Genişleme Oranı (%)	133.19±1.32
KM Tuz İçeriği (%)	5.34±0.44				
TBARS (mg malonaldehit/kg ürün)	0.56±0.04				

Çizelge 4.62 Optimum noktada yapılan 5 doğrulama denemesinin duyuşal özellik sonuçları

Duyusal Özellikler	
Renk (Gri-Koyu Kahve)	5.50±1.50
Renk Beğenisi	5.23±1.26
Şişme	6.07±1.83
Doku Beğenisi	6.50±1.67
Doku (Sertlik)	1.50±0.50
Doku (Elastiklik)	1.30±0.62
Duyusal Gevreklik	5.81±0.14
Lezzet Beğenisi	6.25±1.79
Yabancı Lezzet	1.35±0.29
Okside Lezzet	1.00±0.00
Duyusal Tüm İzlenim	6.16±1.46

5.SONUÇ

Bu tez çalışmasında, taze dana nuar eti örnekleri marinasyon sonrası, farklı ön kurutma yöntemleri (mikrodalga kurutma, sıcak hava ile kurutma, dondurarak kurutma) kullanılarak uygun nem içeriklerine indirilmiş ve daha sonra puf kurutma işlemi uygulanmıştır. Çeşitli ön denemeler yapılarak, ön kurutma denemeleri ile puf kurutma işlem koşullarının optimizasyonu denemelerinde kullanılacak olan marinasyon formülasyonu (asetik asit ve tuz içeren formülasyon) belirlenmiştir. Marine edilmiş dana nuar et örneklerinin ön kurutma denemeleri ile en uygun ön kurutma yöntemi, işlem koşulları ve ön kurutulmuş ürün nem içeriğinin belirlenmesi için ön kurutma işlemi öncesinde marine örneklerine ve ön kurutulmuş örnekler ile puf kurutulmuş örnekler nem içeriği, aw, pH değeri belirlemesi yapılmış, bileşim analizleri (tuz, yağ ve protein) ve TBARS analizleri, yığın yoğunluğu, genişleme oranı, rehidrasyon oranı, renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) ve dokusal özellikler (sertlik ve gevreklik) ile duyu analizleri ve örneklerin mikro ve makro yapı belirleme analizleri uygulanmıştır. Ön kurutma yöntemi, işlem koşulları ve ön kurutulmuş örneklerde nem içeriğinin belirlenmesinin ardından, belirlenen koşullarda ön kurutma denemeleri gerçekleştirilmiş ve puf kurutma işlem koşulları için Design-Expert paket programı kullanılarak optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Puf kurutma işlem koşullarının optimizasyonu için bağımsız işlem değişkenleri olarak belirlenen şişirme sıcaklığı, şişirme süresi ve vakum sıcaklığı koşulları seçilmiş ve bu değişkenlere yanıt olarak seçilen aw değeri (hedef 0.2), maksimum genişleme oranı ve maksimum duyu doku puanlarına göre optimum nokta belirlemesi yapılmıştır. Optimizasyon çalışmasında yanıt olarak kullanılmayan nem içeriği, pH değeri, bileşim analizleri (protein, tuz ve yağ içeriği), TBARS değeri (TBARS), yığın yoğunluğu, rehidrasyon oranı, renk değerleri (L^* , a^* ve b^*), dokusal özellikler (sertlik ve gevreklik), duyu analiz ve makro yapı analizleri de ayrıca uygulanmıştır.

Ön kurutma denemeleri açısından mikrodalga ile ön kurutma yönteminin genel olarak dokusu sert, rengi oldukça koyu, gevrekliği düşük ve elastiki karakterde ürünlere sebep olduğu bulgulanmış ve bu örneklerin en yüksek aw değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir. Bir diğer ön kurutma yöntemi olan sıcak hava ile

kurutma yönteminin örneklerde genel olarak küçük gözenekli yapı oluşturduğu, duysal ve dokusal özellikleri (sertlik ve gevreklik) açısından mikrodalga ile kurutulan örneklerden daha başarılı olduğu bulgulanmış, ancak, bu örneklerin aw değerlerinin yüksek olması nedeniyle uzun süreli depolanacak optimum örnek seçimi için yeterli olmadığı öngörülmüştür. Dondurarak kurutma yönteminin diğer ön kurutma yöntemlerine kıyasla aw, genişleme oranı, dokusal gevreklik, sertlik, duysal özellikler ve rehidrasyon kapasitesi ile makro ve mikro yapı açısından en uygun sonuçları verdiği belirlenmiş ve dondurarak ön kurutma işleminin en iyi ön kurutma yöntemi olduğuna karar verilmiştir. Tüm ön kurutma işlemleri içerisinde ön kurutma yöntemi, işlem koşulu ve nem içeriği açısından ise 0.1 mbar vakum basıncında % 30 nem içeriğine kadardondurularak ön kurutma işleminin en uygun parametrelere sahip işlem ve koşul olduğu belirlenmiştir.

En uygun ön kurutma ve ön kurutulmuş örnek nem içeriği belirlendikten sonra sabit koşullarda ön kurutma işlemi uygulanmış ve puf kurutma işlem koşullarının optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Box-Behnken deneme desenine göre yapılan çalışmalar sonucunda ise optimum nokta, minimum (hedeflenen) aw değeri (0.2), maksimum genişleme oranı (% 134.12) ve duysal gevreklik (5.67) puanının elde edildiği koşullar olarak; 117.68°C şişirme sıcaklığı, 13.6 dakika şişirme süresi ve 90°C vakum sıcaklığı olarak belirlenmiştir. Yanıtlar açısından en önemli işlem değişkeninin şişirme sıcaklığı ve vakum sıcaklığı olduğu belirlenmiştir. Şişirme sıcaklığının artışının genel olarak genişleme oranını arttırdığı, aw değeri için sistem sıcaklığının artışının bu değeri düşürdüğü bulgulanmış ve duysal gevreklik açısından şişirme sıcaklığının artışının genel itibari ile panelistlerin daha yüksek gevreklik algıladığı ürünlerin elde edilmesini sağladığı, vakum sıcaklığındaki artışta da bu durumun genellikle gözlendiği sonucuna varılmıştır.

Bu sonuçlar incelendiğinde uygun bir marine çözelti ile marine edilmiş dana nuar etinin, dondurarak ön kurutma işlemi ve ardından puf kurutma işlemi uygulaması ile çıtır bir yapıda, mikrobiyal açıdan güvenli ve herhangi bir katkıya ihtiyaç duymadan yüksek protein içeriğine sahip bir atıştırmalık haline getirilmesi sağlanmıştır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

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

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

Aksu M. İ., Kaya M., 2002, Farklı Kütleme Yöntemleri ve Starter Kültür Kullanılarak Pastırma Üretimi, Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 26(4): 909-916.

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.

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

Atlan M., İşleyici Ö., 2012, Van İli’nde Dondurulmuş Olarak Satışa Sunulan Bazı Et Ürünlerinin Mikrobiyolojik Kalitesi, Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 7: 93-103.

Aykın E., Erbaş M., 2016, Quality Properties and Adsorption Behavior of Freeze-Dried Beef Meat from the Biceps Femoris and Semimembranosus Muscles, Meat Science, 121:272-277.

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

Basaran-Akgul N., Basaran P., Rasco B.A., 2008, Effect of Temperature (-5 to 130°C) and Fiber Direction on the Dielectric Properties of Beef *Semitendinosus* at Radio Frequency and Microwave Frequencies, Journal of Food Science, 73 (6):243-249.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- 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, *LWT-Food Science and Technology*, 60(2):1129-1135.
- Bennani L., Zenati Y., Faïd M., Ettayebi M.,** 1995, Physico-chemical and Microbiological Characteristics of a Dried Salted Meat Product (Kaddid) in Morocco, *Z Lebensm Unters Forsch*, 201: 528-532.
- Beşir B.,** 2019, Havuç ve Kiraz Sapı Tozları ile Fermente Sucuk Üretiminde Kullanılan Sentetik Nitrit Miktarının Azaltılabilme İmkânlarının Yanıt Yüzey Yöntemi ile Modellenmesi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bolu.
- Büyüksaraç F.,** 2018, Farklı Bileşim ve Üretim Yöntemleri Kullanılarak Balık Cipsi Üretimi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- 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.
- Cesur E.,** 2009, Vişne, Nar, Portakal, Üzüm ve Elma Suyu ile Marinasyonun Tavuk Göğsü Etinin Kimyasal, Duyusal ve Tekstürel Özellikleri Üzerine Etkisi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Chabbouh M., Haiji W., Ahmed S. B., Farhat A., Bellagha S., Sahli A.,** 2011, Combined Effects of Osmotic Dehydration and Convective Air Drying on Kaddid Meats: Kinetics and Quality, *Drying Technology*, 29(13): 1571-1579.
- 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. *LWT-Food Science and Technology* 80: 178-184.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Cherona K., Mwithiga G., Schmidt S.,** 2016, Infrared Drying as a Potential Alternative to Convective Drying for Biltong Production, Italian Journal of Food Safety, 5(5625): 140-145.
- Cochran W. G., Cox G. M.,** 1957, Experimental Design, 2nd ed. Wiley, New York, USA, 335p.
- 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.
- 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.
- Dinçer 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
- Doğu S. Ö., Sarıçoban C.,** 2015a, Et Kurutmada Mikrodalga Kullanımına İlişkin Yaklaşımlar ve Uygulamalar, Journal of New Results in Engineering and Natural Science., 4: 24-35.
- Doğu E.,** 2009, Marine Edilmiş Pişirmeye Hazır Tavuk Etlerinin Modifiye Atmosfer Paketleme İle Muhafazası, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Doğu S. Ö., Sarıçoban C.,** 2015b, Et Kurutma Teknolojisi Ve Dünyada Tüketilen Bazı Kurutulmuş Et Ürünleri, Journal of Food and Health Science, 1(3):109-123.
- Doymaz I., Pala M.,** 2002, Hot-Air Drying Characteristics of Red Pepper, Journal of Food Engineering, 55(4): 331-335.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

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.

Ekici L., Ercoşkun H., 2007, Et Ürünlerinde Diyet Lif Kullanımı, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1:83-90.

Engiz S., Baskan P., Ergönül B., 2012, Chemical, Textural and Sensorial Attributes of Biltong Produced through Different Manufacturing Processes, *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.*, 32(3):263-267.

Engiz S. T., Ergönül B., 2009, Kurutulmuş Et Üretiminde HACCP Sisteminin Uygulanması, *G.T.E.D.*, 4, 12-19.

Erbay B., Küçüköner E., 2008, Gıda Endüstrisinde Kullanılan Farklı Kurutma Sistemleri, *Türkiye 10. Gıda Kongresi*; 21-23 Mayıs, Erzurum.

Eren İ., 2004, Patateslerin Osmotik Dehidrasyonunun "Response Surface" Metodu Kullanılarak Optimizasyonu, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İzmir.

Ergezer H., Gökçe R., 2004, Kanatlı Etlerinin Marinasyon Tekniği ile İşlenmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 10(2): 227-233.

Ergezer H., 2005, Değişik Yöntemlerle Marine Edilmiş Kanatlı Etlerinin Kimyasal, Mikrobiyolojik, Tekstürel ve Duyusal Özellikleri, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Denizli.

Ertop H. M., Kutluk K., Coşkun K., Canlı S., 2016, Gıda Endüstrisi Yan Ürünleri Kullanımıyla Cips Üretimine Yeni Bir Yaklaşım: Zenginleştirilmiş Gluten Cipsi, *Akademik Gıda*, 14(4): 398-406.

Fellows P., Hampton A., 1992, *Small Scale Food Processing: A Guide to Appropriate Equipment*, 103-105 Southampton Row, London WC1B 4HH, UK , IT Publications, ISBN 1-85339-108-5.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Ferreira S. L. C., Bruns R. E., Ferreira H. S., Matos G. D., David J. M., Brandao G. C., da Silva E. G. P., Portugal L. A., dos Reis P. S., Souza A. S., dos Santos W. N. L., 2007, Box-Behnken Design: An Alternative for the Optimization of Analytical Methods, *Analytica Chimica Acta*, 597:179-186.

Flynn A. W., Bramblett V. D., 1975, Effects of Frozen Storage, Cooking Method and Muscle Quality on Attributes of Pork Loins, *Journal of Food Science*, 40:631-633.

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.

Güngör A., Özbalta N., 1997, Endüstriyel Kurutma Sistemleri, 3.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir.

Hecer C., 2012, Et Teknolojisinde Ambalajlama Yöntemleri, *Uludag Üniversitesi Journal of Faculty Veterinary Medicine.*, 31: 57-61s.

Isleroglu H., Kemerli T., Ertekin F., 2015, Effect of Steam-Assisted Hybrid Cooking on Textural Quality Characteristics, Cooking Loss, and Free Moisture Content of Beef, *International Journal of Food Properties*, 18(2):403-414.

Isleroğlu H., Ertekin F., 2016, Modelling of Heat and Mass Transfer During Cooking in Steam-Assisted Hybrid Oven, *Journal of Food Engineering*, 181:50-58.

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

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

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

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

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

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

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

İşleroğlu H., 2015, Dana Nuar Kaslarının (Semitendinosus) Konveksiyonel ve Buhar Destekli Hibrid Fırınlarda Pişirilmesi İşleminin Eş Zamanlı Isı ve Kütle Transferi Açısından Modellenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, İzmir.

Kaban G., 2013, Sucuk and Pastırma: Microbiological Changes and Formation of Volatile Compounds, Meat Science, 95:912-918.

Kabil E., 2019, Pastırmanın Bazı Kalite Özelliklerine Tuz İçeriğinin Etkisi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.

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

Kayaardı S., 1992, Kurutulmuş Etin Kalite Faktörleri Üzerinde Araştırmalar, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya.

King V. A-E., Chen J.-F., 1998, Oxidation of Controlled Low-temperature Vacuum Dehydrated and Freeze-dried Beef and Pork, Meat Science, 48(1):11-19.

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

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

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

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

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.

Köprüalan Ö., 2019, Puf Kurutma Yöntemi İle Protein İçeriği Yüksek Atıştırmalık Beyaz Peynir Üretimi: Uygun Ön İşlem Koşullarının Belirlenmesi, Puf Kurutma İşlem Koşullarının Optimizasyonu ve Depolama Stabilesinin Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İzmir.

Lazić Ž.R., 2004, *Design of Experiments in Chemical Engineering*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.

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.

Lewicki, P. P., 2006, Design of Hot Air Drying for Better Foods, *Trends in Food Science and Technology*, 17(4):153-163.

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.

Ludorf W., Meyer V., 1973, *Fish and Fish Products*, Verlag Paul Parey, Berlin, Germany, 308p.

Metaxas A. C., Meredith R. J., 1988, *Industrial Microwave Heating*, The Institution of Engineering and Technology, ISBN-10 0906048893.

Myers R, H., Montgomery D. C., 1995, *Response Surface Methodology*, "Willey", *Inter-Science*.

Myers R. H., Montgomery D. C., 2002, *Response Surface Methodology* "Wiley." New York OpenURL.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

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 Methods, Korean Journal of Food Science,32: 796-802.

Nummer B. A., Harrison J. A., Harrison M. A., Kendall P., Sofos J. N., Andress E. L., 2004, Effects of Preparation Methods on The Microbiological Safety of Home-Dried Meat Jerky, Journal of Food Protection, 67: 2337-2341.

Özbek Z. A., 2013, Sağlıklı Bir Atıştırmalık: Kırmızı Pancarlı Çubuk Bisküvi, 2.Uluslararası Gıda Ar-Ge Proje Pazarı, İzmir,Türkiye.

Özdikicierler O., Eren İ, Göksungur Y., Yemişçioğlu F. Gümüşkesen A., 2016, Gıda Mühendisliğinde Optimizasyon ve Modelleme Süreçlerinde Cevap Yüzey Metodu Yaklaşımı, Türkiye 12. Gıda Kongresi, Edirne.

Özlü H., 2009, Sığır Sakatat Ve Kaslarında İz Elementİçeriğinin Belirlenmesi, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.

Öztürk U., Gürbüz Ü., Çalım H. D., 2006. Et ve Et Ürünlerinde Mikrobiyolojik Kriterler ve Halk Sağlığı Açısından Önemi, Türkiye 9. Gıda Kongresi. Bolu. 24-26 Mayıs 2006.

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.

Petit T., Caro Y., Petit A., Santchurn S. J., Collignan A., 2014, Physicochemical and Microbiological Characteristics of Biltong, A Traditional Salted Dried Meat of South Africa, Meat Science, 96:1313-1317.

Prasetyo M., Chia M., Hughey C., Were L. M., 2008, Utilization of Electron Beam Irradiated Almond Skin Powder as a NaturalAntioxidant in Ground Top Round Beef, Journal of Food Science, 73(1): T1-T6.

Ratti C., 2001, Hot Air and Freeze-Drying of High-Value Foods: A Review, Journal of Food Engineering, 49:311-319.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

- Sadıkoğlu H., Özdemir M.**, 2003, Dondurarak Kurutma Teknolojisi ve Evreleri, Gıda,28(6):643-649.
- Saltiel G., Datta A. K.**, 1999, Heat and Mass Transfer in Microwave Processing, Advances in Heat Transfer, 33(1): 1-94.
- Salva B. K. Diez F. A., Ramos D. D., Caro I., Mateo J.**, 2012, Chemical Composition of Aalpac (Vicugna pacos) Charqui, Food Chemistry, 130:329-339.
- Sevindirici G., Özdikicierler O., Yemişçioglu F.**, 2018, Rafine Bitkisel Yağlarda 3-Mcpd Ve Ge Riski: Yapısı, Oluşum Mekanizması, Yasal Düzenlemeleri ve Azaltılma Yöntemleri, Gıda, 43(5): 886-895.
- Sullivan J. F., Craig Jr. J.C.**, 1984. The Development of Explosion Puffing, Food Technology (USA),38(2): 52.
- Sullivan J. F., Craig J.C., Dekazos E. D., Leiby S. M., Konstance R.P.**, 1982. Dehydrated Blueberries by the Continuous Explosion-Puffing Process, Journal of Food Science 47(2): 445-448.
- Sullivan J.F., Craig J.C., Konstance, R.P., Egoville, M. J., Aceto N.C.**, 1980, Continuous Explosion-Puffing of Apples, Journal of Food Science 45(6): 1550-1555.
- 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.
- 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(1): 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 Foods, Journal of the American Oil Chemists' Society, 37(1): 44-48.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

Tarafdar A., Shahi N. C., Singh A., Sirohi R., 2018. Artificial Neural Network Modeling of Water Activity: a Low Energy Approach to Freeze Drying, Food and Bioprocess Technology, 11(1): 164-171.

Telis V.R.N., Sobral P.J.A., 2002, Glass Transitions for Freeze-Dried and Air-Dried Tomato, Food Research International., 35: 435-443.

Temelli S., 2011, Geleneksel Yöntemlerle Üretilen Kurutulmuş Et Ürünleri, Journal of the Faculty of Veterinary Medicine, 30 (2): 61-66.

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

Yamashita C., Chung M.M. S., dos Santos C., Mayer C.R. M., Moraes I.C. F., Branco I. G., 2017, Microencapsulation of an Anthocyanin-Rich Blackberry (Rubus Spp.) By-Product Extract By Freeze-Drying, LWT-Food Science and Technolog, 84:256-262.

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.

Yi J.Y., Lyu J., Bi J.F., Zhou L.Y., Zhou M., 2017, Hot Air Drying and Freeze Drying Pre-Treatments Coupled to Explosion Puffing Drying in Terms of Quality Attributes of Mango, Pitaya and Papaya Fruit Chips, Journal of Food Processing and Preservation, 41(6):1-10.

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&Emerging Technologies, 53:78-84.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devamı)

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 of Food Protection*, 69:62-70.

Yousef E. Y., Garcia R. C. E., Yamashita F., Shimokomaki M., 2007, Chemical Basis for Beef Charqui Meat Texture, *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50(4):719-724.

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

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca tezimin oluşum aşaması, yönetimi ve çalışmalarım esnasında karşılaştığım sorunların çözümünde bilgi ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Figen ERTEKİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca desteğini hiç esirgemeyen Doç. Dr. Mehmet KOÇ, Doç. Dr. Nurcan KOCA ve Prof. Dr. Fatma Meltem SERDAROĞLU' na teşekkürlerimi sunarım. Çalışmalarım süresince analizlerin gerçekleştirilmesinde yardımlarını esirgemeyen ve yaşadığım her problem sırasında manevi destekleri ile her zaman yanımda olan Feyza ELMAS, Özgül ALTAY, Özgün KÖPRÜALAN ve Şeyma ARIKAYA' ya, aynı zamanda gerek hammadde temini gerekse mikrobiyolojik analizlerin süreci için kısıtlı vaktini paylaşan ve emeğini harcayan Işıl İLTER' e ve analizlerin gerçekleştirilmesi için kolaylık sağlayan Hülya Serpil KAVUŞAN' a çok teşekkür ederim. Ayrıca, tez sürecindeki manevi motivasyonumu arttıran, Ozan YENİ, Elif Leylek YENİ, Celalettin DEĞERLİ, Emel PİLAVCI, Ömer Faruk ÇOKGEZME, Cansu Melis AKSU, Orhan KAYA, Deniz DÖNER ve dans ile motivasyonumu arttıran sevgili hocalarım İrem TUNCEL ve Ali UÇAR ile uzakta bile olsalar bir telefon ile derdime ortak olan Eren CANBAY, Cemil TUĞCAN ve Ayberk SARAÇ' a da çok teşekkür ederim.

Beni bu hayata getirip, tüm sorumluluğu üstlenen ve aramızdan 2016 yılında ayrılan annem Harika TECİMEN BODRUK' a adadığım bu tezimde, annemin kaybı sonrası her zaman yanımda olup, benim için tüm çabasını sergileyen babam Behzat BODRUK' a da sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin oluşumu ve yürütülmesi aşamasında mali destek sağlamış olan 117 O 954 no'lu TÜBİTAK 1001 projesine, tez materyali olan dana nuar etinin temininde sağladıkları desteklerinden ötürü Pınar Entegre Et ve Un Sanayi A.Ş. firmasına teşekkür ederim.

16/01/2020

İmza

Anıl BODRUK

ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Gelibolu Çanakkale' de doğdu. Lise öğrenimini Manavgat Kemer Fatma Turgut Şen Anadolu Lisesi' nde tamamladı. 2016 senesinde Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimini tamamlamış olup, 2017 yılı itibarıyla Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Kurutma teknolojisi konusunda çalışması bulunmaktadır.



EKLER

Ek A Duyusal Analiz Formları

Ek B Ön kurutma denemeleri sonrasında elde edilen ürünlerin mikro yapı görüntüleri

Ek C Puf kurutucu işlem koşullarının optimizasyonunda yanıtlara ait varyans analiz çizelgeleri

Ek D Puf kurutma işlem koşullarının belirlenmesinde her bir yanıtı ait normal % olasılık, kalıntıya karşı model tahminleri ve deneme sırasına karşı kalıntı grafikleri

Ek E Puf kurutma işlem koşullarının belirlenmesinde Desirablility fonksiyonu yaklaşımı ile belirlenen optimum nokta çözümleri

Ek A Duyusal Analiz Formları

ATIŞTIRMALIK DANA NUAR ETİ DUYUSAL DEĞERLENDİRMESİ

Panelistin Adı: _____ Örnek Kodu: _____ Tarih: _____

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

1. Renk

Çok Kötü Kötü Orta İyi Çok İyi

2. Görünüş

Çok Kötü Kötü Orta İyi Çok İyi

3. Gevreklik/Çıtırılık

Çok Kötü Kötü Orta İyi Çok İyi

4. Sertlik

Çok Kötü Kötü Orta İyi Çok İyi

5. Lezzeti Beğenisi

Çok Kötü Kötü Orta İyi Çok İyi

Yabancı Lezzet:.....

6. Tüm İzlenim

Çok Kötü Kötü Orta İyi Çok İyi

Ek Şekil A1. Ön kurutma denemelerinde kullanılan duyusal değerlendirme formu

ATİŞTIRMALIK DANA NUAR ETİDÜYUSAL DEĞERLENDİRMESİ

Panelistin Adı:

Örnek Kodu:

Tarih:

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

1. Renk (bu kriter için çizgi arasına işaretleme yapabilirsiniz)



2. Renk (lütfeñ üstteki renkten bağımsız değerlendirin)



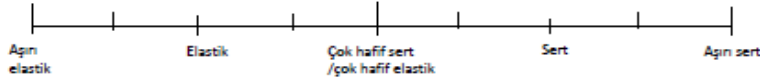
3. Şişme derecesi



5. Doku (lütfeñ aşağıdaki doku tanımlamasından bağımsız değerlendirin)



4. Doku (sertlik ve elastiklik)(bu kriter için çizgi arasına işaretleme yapabilirsiniz)



5. Gevreklik

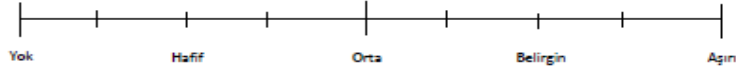


Lütfeñ çiğnerken doku hissinizi tanımlayınız:.....

6. Lezzet



7. Yabancı lezzet



Yabancı Lezzet var ise tanımlayınız:.....

8. Okside Lezzet

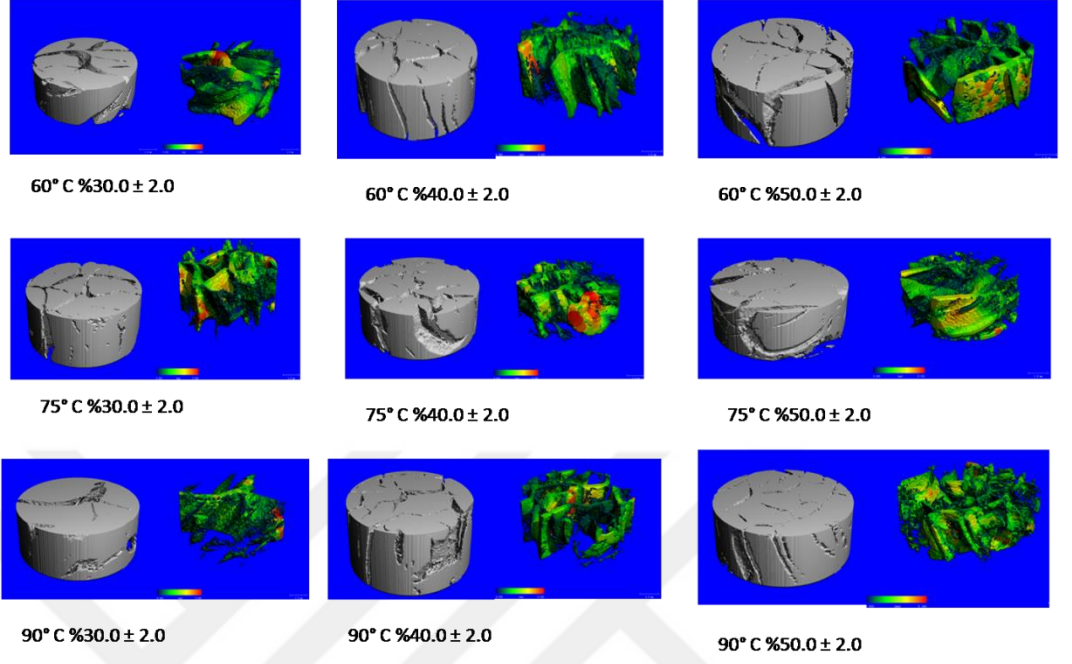


9. Tüm izlenim (Lütfeñ ürün hakkında genel değerlendirmenizi işaretleyiniz)

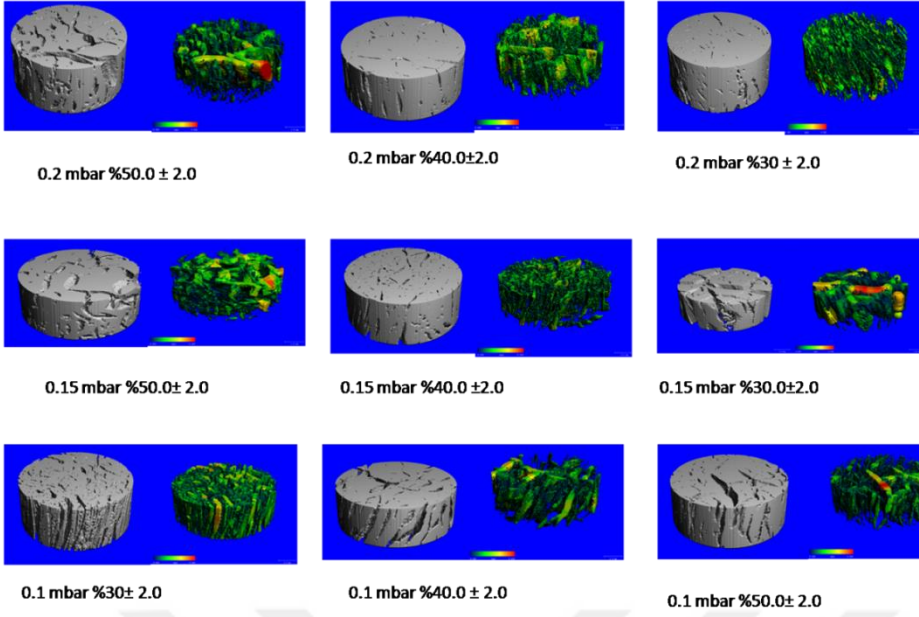


Ek Şekil A2. Optimizasyon çalışmalarında kullanılan duyusal analiz formu

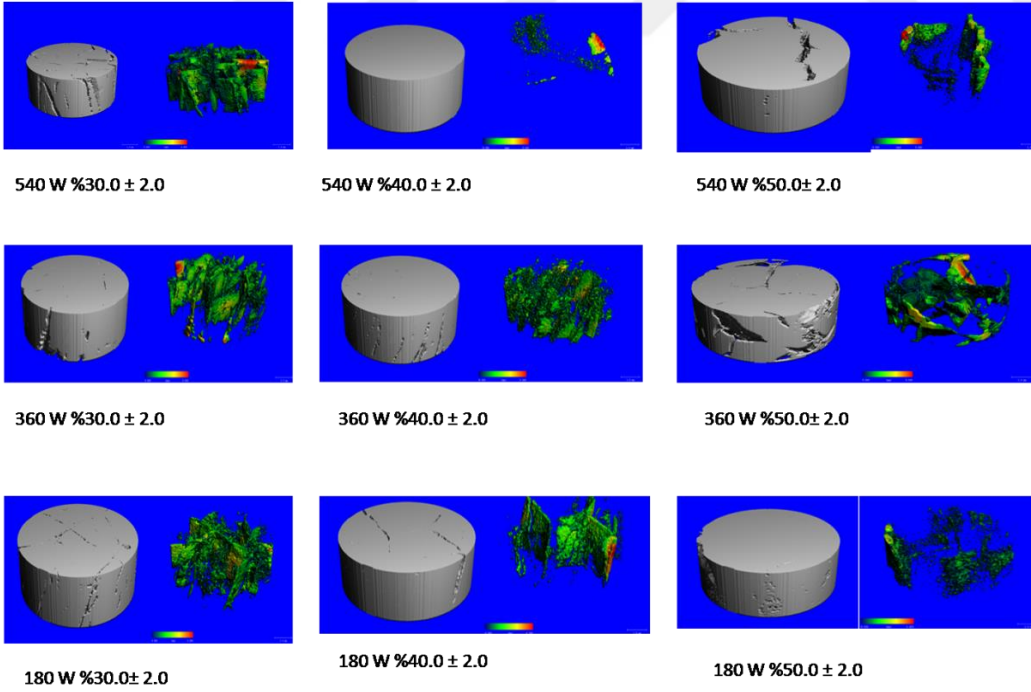
Ek B Ön kurutma denemeleri sonrasında elde edilen ürünlerin mikro yapı görüntüleri



Ek Şekil B1. Sıcak hava ile ön kurutma denemeleri sonunda elde edilen örneklerin mikroyapı görüntüleri



Ek Şekil B2. Dondurarak kurutma ile ön kurutma denemeleri sonunda elde edilen örneklere ait mikroyapı görüntüleri



Ek Şekil B3. Mikrodalga ile ön kurutma denemeleri sonunda elde edilen örneklere ait mikroyapı görüntüleri

Ek C Puf kurutma bağımsız işlem koşullarının optimizasyonunda yanıtlara ait varyans analiz tabloları

Ek Çizelge C1. aw değeri için ardışık kareler toplamı

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	<i>p-Değeri</i>
Ortalama	0.79	1	0.79		
Lineer	8.65x10 ⁻⁶	3	2.88x10 ⁻⁶	0.81	0.5111
2FI	0.021	3	6.98 x10 ⁻⁶	2.76	0.0979
Quadratik	0.02	3	6.77 x10 ⁻⁶	9.41	0.0075
Kübik	1.34x10 ⁻⁶	3	4.46x10 ⁻⁶	0.48	0.7118
Kalıntı	3.69x10 ⁻⁶	4	9.24x x10 ⁻⁴		
Toplam	0.85	17	0.05		

Ek Çizelge C2. aw değeri için model uygunsuzluğu testi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	<i>p-Değeri</i>
Lineer	0.043	9	4.73x10-6	5.12	0.0653
2FI	0.022	6	3.61x10-6	3.9	0.1042
Quadratik	1.34x10 ⁻⁶	3	4.468x10-6	0.48	0.7118
Kübik	0.00	0			
Saf hata	3.69x10 ⁻⁶	4	9.247x10-6		

Ek Çizelge C3. aw değerleri için model istatistikleri

Varyasyon Kaynağı	Standart Hata	R ²	Adj-R ²	Pred R ²	PRESS
Lineer	0.06	0.1574	-0.0371	-0.5247	0.084
2FI	0.05	0.5387	0.262	-0.3755	0.076
Quadratik	0.027	0.9083	0.7905	0.5048	0.027
Kübik	0.03	0.9327	0.7309		

Ek Çizelge C4. Genişleme oranı için ardışık kareler toplamı

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	<i>p-Değeri</i>
Ortalama	2.47x10 ⁻⁶	1	2.47x10 ⁻⁶		
Lineer	4276.49	3	1425.5	3.03	0.0674
2FI	688.19	3	229.4	0.42	0.7406
Quadratik	5073.71	3	1691.24	34.14	0.0002
Kübik	153.28	3	51.09	1.06	0.4601
Kalıntı	193.46	4	48.37		
Toplam	2.575x10 ⁻⁶	17	15148.22		

Ek Çizelge C5. Genişleme oranı için model uygunsuzluğu testi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	<i>p-Değeri</i>
Lineer	5915.18	9	657.24	13.59	0.0115
2FI	5226.99	6	871.17	18.01	0.0073
Quadratik	153.28	3	51.09	1.06	0.4601
Kübik	0.00	0			
Saf hata	193.46	4	48.37		

Ek Çizelge C6. Genişleme oranı için model istatistikleri

Varyasyon Kaynağı	Standart Hata	R ²	Adj-R ²	Pred R ²	PRESS
Lineer	21.68	0.4118	0.276	-0.1357	11794.75
2FI	23.28	0.4781	0.1649	-1.2845	23724.45
Quadratik	7.04	0.9666	0.9237	0.7347	2754.83
Kübik	6.95	0.9814	0.9255		

Ek Çizelge C7. Duyusal Doku (gevreklik) için ardışık kareler toplamı

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	<i>p-Değeri</i>
Ortalama	462.88	1	462.88		
Lineer	2.83	3	0.94	1.74	0.2085
2FI	0.55	3	0.18	0.28	0.8389
Quadratik	5.93	3	1.98	23.61	0.0005
Kübik	0.41	3	0.14	3.13	0.1498
Kalıntı	0.18	4	0.044		
Toplam	472.77	17	27.81		

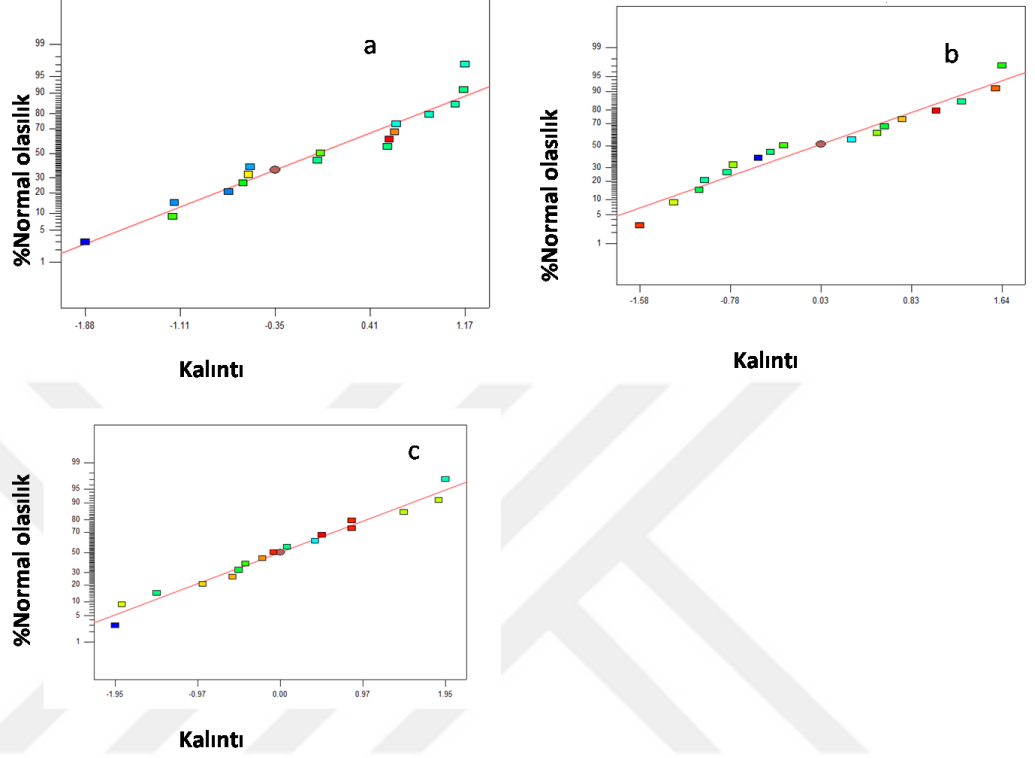
Ek Çizelge C8. Duyusal Doku (gevreklik) için model uygunsuzluğu testi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Değeri	<i>p-Değeri</i>
Lineer	6.89	9	0.77	17.47	0.0072
2FI	6.34	6	1.06	24.13	0.0042
Quadratik	0.41	3	0.14	3.13	0.1498
Kübik	0.00	0			
Saf hata	0.81	4	0.044		

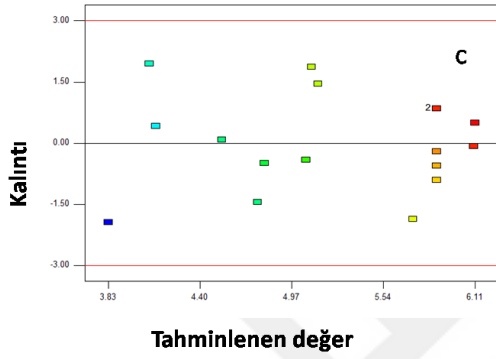
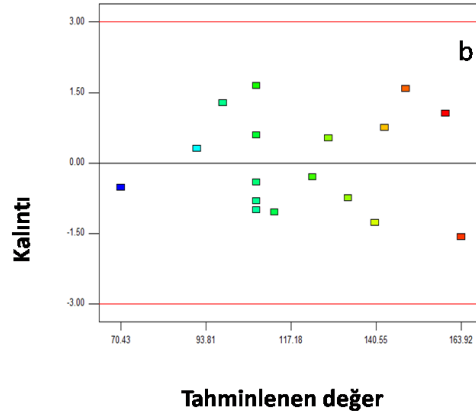
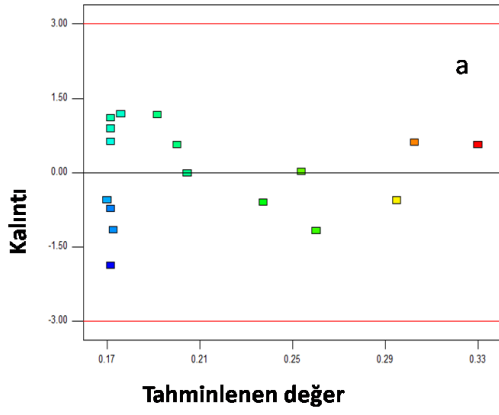
Ek Çizelge C9. Duyusal Doku (gevreklik) için model istatistikleri

Varyasyon Kaynağı	Standart Hata	R ²	Adj-R ²	Pred R ²	PRESS
Lineer	0.74	0.2863	0.1216	-0.2681	12.55
2FI	0.81	0.3415	-0.0535	-1.444	24.19
Quadratik	0.29	0.9408	0.8647	0.3082	6.85
Kübik	0.21	0.9823	0.9292		

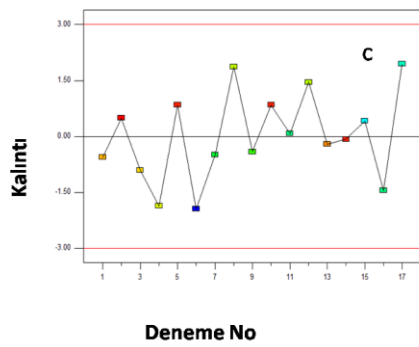
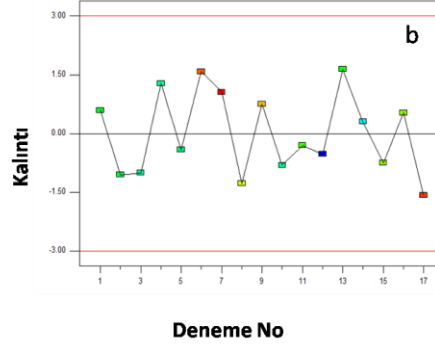
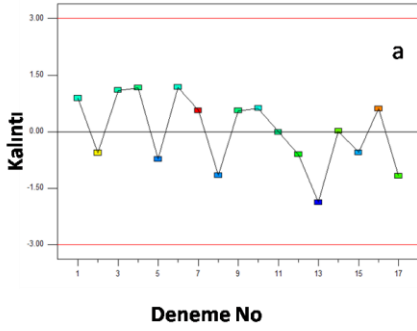
Ek D Puf kurutma işlem koşullarının belirlenmesinde her bir yanıtı ait normal % olasılık, kalıntıya karşı model tahminleri ve deneme sırasına karşı kalıntı grafikleri



Ek Şekil D1. Her bir yanıt için normal % olasılık grafikleri (a) aw değeri (b). Genişleme oranı (c). Duyusal Doku (gevreklik)



Ek Şekil D2. Her bir yanıt için kalıntıya karşı model tahminleri grafikleri (a). aw değeri (b). % Genişleme oranı (c). Duyusal Doku (gevreklik)



Ek Şekil D3. Her bir yanıt için deneme sırasına karşı kalıntı grafikleri (a). aw değeri (b). Genişleme oranı (c). Duyusal doku (gevreklik)

Ek E Puf kurutma işlem koşullarının belirlenmesinde Desirability fonksiyonu yaklaşımı ile belirlenen optimum nokta çözümleri

Ek Çizelge E1 Optimum koşul belirlenmesinde Desirability fonksiyonu yaklaşımı ile belirlenen çözümler

No	Şişirme sıcaklığı (A) (°C)	Şişirme süresi (B) (dak)	Sistem sıcaklığı (C) (°C)	aw değeri	% Genişleme oranı	Duyusal Doku (Gevreklik)	Desirability
1	117.68	13.60	90.00	0.2	134.126	5.66586	0.822
2	117.80	13.61	90.00	0.2	134.208	5.66312	0.822
3	114.17	15.02	71.49	0.2	134.098	5.24201	0.763
4	114.21	15.04	71.60	0.2	133.652	5.25355	0.763
5	114.39	14.91	71.35	0.2	134.561	5.22976	0.763
6	116.52	20.00	87.57	0.2	128.159	5.34982	0.755