

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DONDURARAK KURUTUCU KULLANILARAK ÜRETİLEN
TUZLANMIŞ VE BASKILANMIŞ HİNDİ ETİNİN BAZI FİZİKSEL
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

MERAL YILDIRIM YALÇIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2014

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK ve FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DONDURARAK KURUTUCU
KULLANILARAK ÜRETİLEN TUZLANMIŞ
VE BASKILANMIŞ HİNDİ ETİNİN BAZI
FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ

MERAL YILDIRIM YALÇIN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. MAHMUT ŞEKER

GEBZE

2014



**GEBZE YÜKSEK
TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 16.06.2014 tarih ve 2014/36 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 25/08/2014 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Meral Yıldırım Yalçın'ın tez çalışması Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Mahmut Şeker

ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. Tunahan Çakır

ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. Mehmet Melikoğlu

ONAY

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Zengin protein içeriğine sahip kanatlı et ve et ürünlerinin kırmızı ete göre ekonomik oluşu, bu ürünlerin üretim teknolojilerinde gerçekleştirilen çalışmaları arttırmıştır. Özellikle hindi eti, yapısı ve içerik özelliklerinden dolayı bu çalışmalar için oldukça uygun bir hammadde olarak görülmektedir. Bu çalışmada hindi göğüs etleri kullanılarak piyasadaki kürlenmiş ürünlere göre daha az tuz içeren bir ürün elde edilmesi amaçlanmıştır. Ürünler iki farklı oranda tuzlanmış (kuru maddede %4-5 ve %7-8), baskılanmış (80 gram örnek/10 kg ağırlık), dondurarak kurutucuda (%40 ve %30 nem) ve etüvde kurutularak (%40 nem) ürünlerin bazı fiziksel özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla tekstür profil analizi (TPA) ve renk analizi yapılmıştır. Dondurarak kurutucuda %0 neme kurutulmuş ürünlerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile mikro yapıları incelenmiştir. Ayrıca doymuş tuz çözeltileri kullanılarak farklı oranlarda tuzlanmış ve baskılanarak dondurarak kurutucuda kurutulmuş ürünlerin adsorpsiyon izotermi çizilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde dondurarak kurutucuda kurutulan örnekler ile etüvde kurutulan ürünlerin TPA değerlerinde bir farklılık bulunmamıştır ancak dondurarak kurutucu ile daha açık ve parlak ürünler, etüvde ise daha kırmızı ürünler elde edilmiştir. Dondurarak kurutucuda %30 nem içeriğindeki ürünlerin %40 nem içeriğindeki ürünlere göre daha sert olduğu görülmüş ancak az tuzlu olup %30 nemdeki ürünlerin sertlik değerleri çok tuzlu %40 nemdeki değerlere yakın bulunmuştur. Mikro yapı çalışmalarında dondurarak kurutucu ile oluşan gözenekli yapı, tuzlama ile olan liflerdeki şişmeler ve baskılama ile gerçekleşen liflerdeki bozulmalar açıkça gözlenmiştir. Sorpsiyon izotermi ile 0,75 ve daha yüksek su aktivitesi değerlerinde tuz içeriğinden kaynaklı denge nemde artış gözlenmiş ve bu artış çok tuzlu ürünlerde daha yüksek olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hindi, Tekstür Profil Analizi (TPA), Renk Analizi, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), Mikro yapı, Sorpsiyon.

SUMMARY

Research about production technologies of poultry products have increased, due to the fact that poultry meat and meat products having rich protein content are more economical than red meat. Especially turkey meat has been seen an appropriate material for these studies because of its textural properties and ingredient. In this work, turkey breast meat was used to make a new dry-cured product having less salt content than others on the market. Products including two different salt concentrations (4-5% and 7-8% as dry basis) were pressed (80 gram sample/10 kg), freeze dried (until 40% and 30% moisture) and oven dried (until 40% moisture) and some physical properties of products were examined. For this purpose Texture Profile Analysis (TPA) and color measurements were done. Microstructure of completely freeze dried samples was observed by Scanning Electron Microscope (SEM). Moreover adsorption isotherms of salted, pressed and freeze dried products were determined with different saturated salt solutions. Results showed that there is no statistically significant difference between TPA parameters of freeze dried and oven dried products while freeze dried meats have light color than others. The hardness parameter of samples having less salt content and freeze dried 30% moisture are not different than samples having high salt content and 40% moisture level. Microstructure analysis showed that high salt concentration and pressure treatment have caused swelling of fibers and weakness of muscle structure. Sorption isotherms of products showed that moisture content of meats increased after 0.75 water activity according to salt content.

Keywords: Turkey, Texture Profile Analysis (TPA), Color Analysis, Scanning Electron Microscope (SEM), Microstructure, Sorption.

TEŞEKKÜR

Başta, yüksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bu çalışmayı yöneten, fikir ve önerileri ile katkıda bulunan değerli hocam Doç. Dr. Mahmut Şeker'e,

Çalışmama laboratuvar desteği sağlayan Yeditepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Mustafa Özilgen'e ve Dr. Dilek Arduzlar Kağan'a, İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Meral Kılıç Akyılmaz'a ve Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Biyomühendislik Bölümü Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Bengü Sezen'e,

Bütün çalışmam boyunca yanımda olan, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli arkadaşım Uzman Tansel Kemerli'ye; her daim desteğini ve bilgisini benden esirgemeyen arkadaşlarım Arş. Grv. Özlem Aktürk Gümüşay ve Dr. Merve Dandan Doğanlı'ya ve ismini yazamadığım tüm arkadaşlarıma ve sevdiklerime,

Attığım her adımda her zaman yanımda olan sevgili ablam Meryem Yıldırım'a ve tüm aileme; çalışmamın her aşamasında fikirleriyle bana destek olan sevgili eşim Yavuz Yalçın'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLOLAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	1
2. ET VE ET ÜRÜNLERİ	3
2.1. İşlem Görmüş Et Ürünleri	5
2.1.1. Kanatlı Hayvan Ürünleri	7
3. KURUTMA	8
3.1. Kurutma Eğrisi	9
3.2. Dondurarak Kurutma	11
3.2.1. Dondurarak Kurutma Prensibi	11
3.2.2. Dondurarak Kurutmada Önemli Olan Sıcaklıklar	12
3.2.3. Dondurarak Kurutma İşleminin Avantaj ve Dezavantajları	13
3.2.4. Dondurarak Kurutma İşlemi ve İşlem Basamakları	14
3.2.4.1. Donma	14
3.2.4.2. Birinci Kurutma	15
3.2.4.3. İkinci Kurutma	15
3.2.5. Et Ürünlerinin Dondurarak Kurutulması	16
4. ET VE ET ÜRÜNLERİNDE KALİTEYİ ETKİLEYEN BAZI ÖZELLİKLER	18
4.1. Tekstür Özellikleri	18
4.2. Renk Özellikleri	21
4.3. Mikro Yapısal Özellikler	23
4.4 Sorpsiyon İzotermi	25

5. MATERYAL VE METOT	30
5.1. Hindi Etinin Özelliklerinin Belirlenmesi	30
5.1.1. Nem Tayini	30
5.1.2. Kül Tayini	30
5.1.3. Protein Tayini	31
5.2. Örnek Hazırlama	31
5.2.1. Örneklerin Tuzlanması ve Baskılanması	31
5.2.2. Örneklerin Dondurarak Kurutulması	32
5.2.3. Örneklerin Etüvde Kurutulması	34
5.3. Uygulanan Analiz Yöntemleri	34
5.3.1. Tekstür Profil Analizi (TPA)	34
5.3.2. Renk Tayini	34
5.3.3. Mikro Yapı Analizi	35
5.3.4. Sorpsiyon Analizi	35
5.4. İstatistiksel Analiz	37
6. BULGULAR VE TARTIŞMALAR	38
6.1. Hindi Etinin Özelliklerinin Belirlenmesi	38
6.2. Tuzlama Zamanının Tuz Absorbsiyonuna Etkisi	38
6.3. Kurutma Zamanının Ürün Nemine Etkisi	40
6.4. Numunelerin Nem ve Tuz Analizleri	41
6.5. Kurutulmuş Ürünlerin Sertliği	42
6.6. Kurutulmuş Ürünlerin Sıklığı	44
6.7. Kurutulmuş Ürünlerin Elastikiyeti	46
6.8. Kurutulmuş Ürünlerin Sakızımsılığı	47
6.9. Kurutulmuş Ürünlerin Çiğnenebilirliği	48
6.10 Kurutulmuş Ürünlerin Renk Analizi	49
6.11. Kurutulmuş Ürünlerin Mikro Yapı Analizi	52
6.12. Kurutulmuş Ürünlerin Sorpsiyon İzotermi	55
7. SONUÇLAR	58
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	66

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u>	<u>Acıklamalar</u>
<u>Kisaltmalar</u>	
a_w	: Su Aktivitesi
g	: Gram
ids	: Başlangıç kuru katı madde miktarı
m	: Kütle
MPa	: Megapascal
N	: Newton
t	: Zaman
t_c	: Sabit hızda kuruma zamanı
t_f	: Azalan hızda kuruma zamanı
T_c	: Çökme sıcaklığı
T_e	: Ötektik erime sıcaklığı
T'_g	: Camsı geçiş sıcaklığı
W	: Watt
w/w	: Ağırlık/ağırlık
X	: Nem içeriği
%30T+B1	: Az tuzlanıp baskılanmış ve %30-35 neme kurutulmuş numune
%30T+B2	: Çok tuzlanıp baskılanmış ve %30-35 neme kurutulmuş numune
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
K	: Dondurarak kurutucuda %40-45 neme kurutulan kontrol numunesi
K-etüv	: Etüvde %40-45 neme kurutulan kontrol numunesi
PAH	: Polisiklikaromatik hidrokarbon
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
TPA	: Tekstür Profil Analizi
T1	: %4-5 oranında (az) tuzlanmış ve %40-45 neme kurutulmuş numune
T2	: %7-8 oranında (çok) tuzlanmış ve %40-45 neme kurutulmuş numune
T+B1	: Az tuzlanıp baskılanmış ve %40-45 neme kurutulmuş numune
T+B1etüv	: Etüvde %40-45 neme kurutulan az tuzlu ve baskılanmış numune
T+B2	: Çok tuzlanıp baskılanmış ve %40-45 neme kurutulmuş numune
T+B2-etüv	: Etüvde %40-45 neme kurutulan az tuzlu ve baskılanmış numune

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: 1987-1997 yılları arasında bazı ülkelerde hindi eti üretim miktarları (ton).	4
2.2: Pastırma üretimindeki proses basamakları.	6
3.1: a) Nem miktarı-zaman, b) kuruma hızı-zaman c) kuruma hızı-nem miktarı grafikleri.	10
3.2: Faz diyagramı.	12
4.1: Tekstür profil analizi sonucunda elde edilen kuvvet-zaman grafiği.	19
4.2: Üç boyutlu renk dağılım grafiği.	22
4.3: Adsorpsiyon izotermi.	26
4.4: Gıdalar için tipik bir sorpsiyon izotermi.	27
5.1: Çalışmada kullanılan dondurarak kurutucu (VirTis Ultra 25 Super XL, ABD).	33
6.1: Farklı sürelerde tuzlanan farklı kalınlıktaki etlerin tuz içeriği.	39
6.2: Dondurarak kurutma ile zamana bağlı ürünün kurutulması.	40
6.3: Hindi eti örneklerinde Sertlik parametresi ölçüm sonuçları.	43
6.4: Hindi eti örneklerinde Sıkılık parametresi ölçüm sonuçları.	45
6.5: Hindi eti örneklerinde Elastikiyet parametresi ölçüm sonuçları.	46
6.6: Hindi eti örneklerinde Sakızimsılık parametresi ölçüm sonuçları.	47
6.7: Hindi eti örneklerinde Çiğnenebilirlik parametresi ölçüm sonuçları.	48
6.8: a) kontrol, b) az tuzlu, c) çok tuzlu, d) az tuzlu ve baskılanmış, e) çok tuzlu ve baskılanmış örneklerin SEM görüntüleri (x1000).	53
6.9: a) kontrol, b) az tuzlu, c) çok tuzlu, d) az tuzlu ve baskılanmış, e) çok tuzlu ve baskılanmış örneklerin SEM görüntüleri (x5000).	54
6.10: Az tuzlu ve baskılanmış hindi eti örneklerinin 15 °C’de adsorpsiyon izotermi.	56
6.11: Çok tuzlu ve baskılanmış hindi eti örneklerinin 15 °C’de adsorpsiyon izotermi.	57

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: 1996 verilerine göre dünyadaki türlere göre toplam et üretimi.	3
2.2: Pastırmanın özellikleri.	6
4.1: Farklı sıcaklıklarda tuz doygun tuz çözeltilerinin bağıl nemleri.	28
5.1: Örnekler ve kullanılan kısaltmalar.	32
5.2: Dondurarak kurutucuda kurutulan örnekler ve kurutulduğu nem değerleri.	34
5.3: Kullanılan tuz çözeltilerinin hazırlanmasında kullanılan tuz ve su miktarları.	35
5.4: Doygun tuz çözeltileri ve su aktiviteleri.	36
6.1: Hindi etinin özellikleri.	38
6.2: Farklı sürelerde tuzlanan etlerin tuz miktarları.	39
6.3: Hindi etinin dondurarak kurutucuda kurutulması.	40
6.4: Hazırlanan örneklerin tuzlama ve baskılama sonrasındaki nem analizi sonuçları.	41
6.5: Hazırlanan örneklerin tuzlama işlemi sonucundaki tuz içeriği değerleri.	42
6.6: Dondurarak kurutulan örneklerin L^* , a^* , b^* değerleri.	50
6.7: Etüvde kurutulan örneklerin L^* , a^* , b^* değerleri.	51
6.8: Az tuzlu ve çok tuzlu baskılanmış hindi eti örneklerinin 15 °C’de farklı bağıl nemdeki ortalama denge nem içeriği (g su/100 g kuru madde).	57

1. GİRİŞ

Sağlıklı ve dengeli beslenme için günlük alınması gereken protein miktarının %40-50' si hayvansal kaynaklı olmalıdır. Et, hayvansal protein kaynakları arasında önemli yere sahip bir gıdadır [Göğüş, 1986].

İnsan bünyesi tarafından sentezlenemeyen ve beslenmeyle alınması gereken esansiyel aminoasitler açısından oldukça önemli bir kaynaktır. Et, sağlıklı yaşam ve fizyolojik fonksiyonların yerine getirilmesi için ihtiyaç duyulan aminoasitleri gerekli miktarlarda bulundurmaktadır. Değişik hayvanlardan elde edilen etler mineral ve vitamin (örneğin; tüm B vitaminleri) kaynağı olarak da görülmektedir. Kalsiyum haricindeki diğer tüm mineralleri içerebilmektedir. Hayvanın yaşına ve türüne göre değişebilmekle beraber demir ve çinko açısından zengin bir kaynaktır ve bu minerallerin diğer gıdalar tarafından absorblanmasına yardımcı olmaktadır [Kim, 2001].

Kanatlı etleri üretim ve tüketim açısından et ürünleri arasında önemli bir yer tutmaktadır. Kanatlı etleri arasında yer alan tavuk ve hindi etlerinin tüketimi oldukça yaygındır. Kanatlı etlerinin kırmızı ete oranla daha ucuz oluşu bu ürünleri cazip bir protein kaynağı haline getirmektedir. Bu alanda meydana gelen talep artışıyla geleneksel proseslerin kanatlı etlerine uygulanması ve ürün çeşitliliğinin artırılması son yıllarda araştırmacılar tarafından odaklanılan konular arasındadır.

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Bu çalışmada hindi göğüs eti kullanılarak pastırma benzeri ürün üretilmesi amaçlanmıştır. Literatürde et ürünlerinin dondurarak kurutulması üzerine yapılan birçok çalışma bulunmakta iken tuzlanmış et ürünlerini ve baskılanmış et ürünlerini konu alan çalışmalar bulunmamaktadır. Bu çalışmada üretilen üründe tuz içeriği, Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliğinde belirtilen seviyede ve daha az oranda kullanılmıştır. Ayrıca kodekste belirtilen nem değerlerinden daha düşük seviyelere dondurarak kurutucu kullanılarak ulaşılmıştır. Hava ile kurutma işlemlerinde sürenin artması kontaminasyon riskini de arttırmaktadır. Dondurarak kurutma ile yüksek kalitede ürün elde etmek mümkün olmaktadır. Bu şekilde üretilen

daha az tuz içeriğine sahip et ürününde dondurarak kurutucu kullanılıp nem içeriği de azaltılarak ürünün dayanıklılığı arttırılmaya çalışılmıştır.

Bu tez kapsamında öncelikle ikinci bölümde hindi etinin et ürünleri arasındaki yeri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde gıdaların kurutularak muhafaza edilmesi ve dondurarak kurutma prensibine genişçe yer verilmiştir. Dördüncü bölümde et ürünlerinde kaliteyi belirlemek amacıyla yapılan fiziksel analizler literatürden örnekler ile açıklanmıştır. Beşinci bölümde çalışmada uygulanan tuzlama, baskılama ve dondurarak kurutma işlemleri açıklanarak sonrasında ürünlere uygulanan tekstür analizi, renk analizi, mikro yapı analizi ve sorpsiyon izotermelerinin belirlenme metotları belirtilmiştir. Altıncı bölümde ve son bölümde ise yapılan analizlerin sonuçları incelenmiştir. Farklı tuz oranlarında tuzlanmış, tuzlanmış ve baskılanmış, farklı nem içeriklerine dondurarak kurutucuda ve etüvde kurutulmuş örneklerin analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ile ilgili yorumlara ve önerilere yer verilmiştir.

2. ET VE ET ÜRÜNLERİ

Gıda olarak tüketilen et çeşitli memeli, kanatlı ve suda yaşayan hayvanlardan elde edilen karkas ve organlar olarak tanımlanmaktadır.

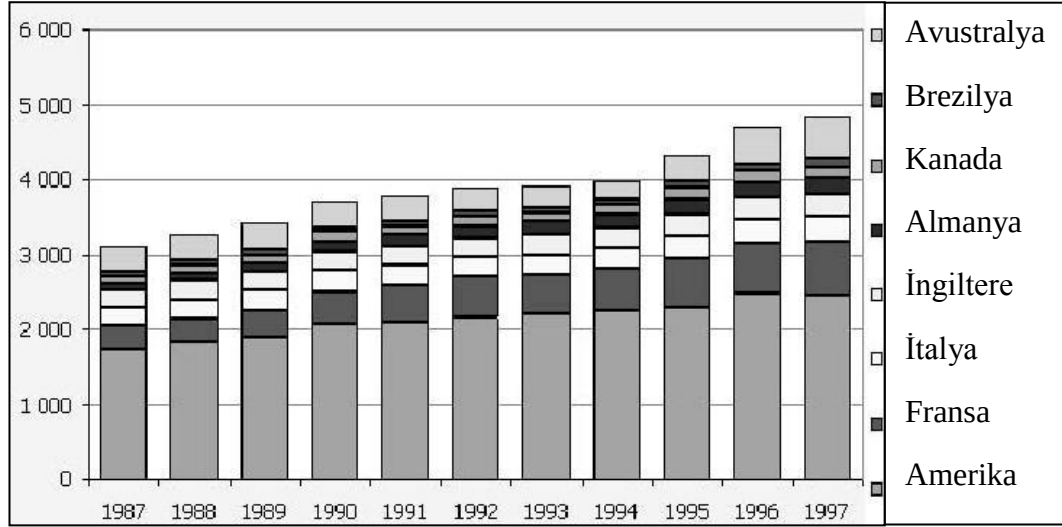
Tablo 2.1’de 1996 yılı verilerine göre dünya çapında üretilen et ürünleri miktarları verilmiştir. Bu verilere göre kanatlı eti %26,9; sığır ve dana eti %24,8 oranında dünya tüketiminde kullanılmaktadır [Kim, 2001].

Dünya nüfusunun artmasıyla et üretim miktarlarında artış olmaktadır. Nüfusun yaklaşık %60 artıp 5,629 milyona yükseldiği 1970 ve 1996 yılları arasında üretim miktarları incelendiğinde et üretim miktarının 102 milyon tondan 206 milyon tona yükseldiği görülmüştür. Ayrıca domuz ve kanatlı üretiminin sığır eti üretimine göre daha fazla arttığı da gözlenmiştir [Kim, 2001].

Tablo 2.1:1996 verilerine göre dünyadaki türlere göre toplam et üretimi.

Yer	Popülasyon (milyon) (%)	Et Üretimi (bin ton)				
		Toplam	Sığır ve Dana	Kuzu ve Keçi	Domuz	Kanatlı
Dünya	5.629	217.594	53.938 (%24,8)	11.000 (%5,1)	87.104 (%40,0)	58.641 (%26,9)
Afrika	708 (%12,6)	9.387 (%4,3)	3.307	1646	785	2.367
N.C.	290	42.749	14.436	216	10.179	17.553
Amerika	(%5,2)	(%19,6)	9.695	347	2.522	6.985
Güney Amerika	474 (%8,4)	19.775 (%9,1)	10.415	5.971	48.255	20.191
Asya	3.403 (%60,4)	88.666 (%40,7)	13.674	1.695	24.931	10.938
Avrupa	726 (%12,9)	52.402 (%24,0)				

Kanatlı olarak üretilen ürünler tavuk ve hindi etleridir. Şekil 2.1’de 1987-1997 yılları arasında çeşitli ülkelerdeki hindi eti üretim miktarları verilmiştir. Görüldüğü gibi ilerleyen yıllarla birlikte hindi üretim miktarlarında artış gözlenmektedir [Barbut, 2001].



Şekil 2.1: 1987-1997 yılları arasında bazı ülkelerde hindi eti üretim miktarları (ton).

Son yıllarda kanatlı eti tüketim oranları artmakta ve kanatlı etleri ve ürünleri kırmızı et ürünlerine rakip olmaktadır. Bu konunun ana sebepleri olarak kanatlı işleme proseslerinin gelişmesiyle birlikte; üretim maliyetlerinin azalması, yeni ürünlerin üretilmesi, kanatlı etlerin kırmızı ete göre daha ucuz olması, şükran günü ve yılbaşı gibi belli zamanlarda tercihlerin değişmesi, kanatlı etlerini hazırlamanın ve pişirmenin kırmızı ete göre daha kolay oluşu sıralanabilmektedir. Ayrıca hindi bacon ve hindi jambonu gibi yeni ürünlerin üretilmesi ile tüketicilerin kanatlı etlerinin daha az yağ içerdiği ve daha fazla doymamış yağ içerdiği konularında bilinçlendirilmeleri tüketim miktarlarını arttırmıştır [Barbut, 2001].

Bunlara ek olarak hindide hayvan ağırlığının yaklaşık %80’i karkas et olarak elde edilebildiği için sağlanan verim yüksektir. Kuzuda bu oran %50 iken sığırdaki yaklaşık %60’tır. Bu nedenle de üretimi avantajlı olmakta ve tercih edilmektedir [Kauffman, 2001].

2.1. İşlem Görmüş Et Ürünleri

Piyasada satışa sunulan et ürünleri genellikle kullanılan etin büyüklüğüne göre iki gruba ayrılmaktadır. Birinci grupta daha büyük parçalar kullanılmakta diğer grupta ise küçük kesilmiş parçalar kullanılmaktadır. Daha büyük ve kaliteli etlerin kullanıldığı bacon, jambon ve pastırma gibi ürünler birinci gruptadır. Sucuk, salam ve sosis gibi ürünler ise ikinci grupta yer almaktadır [Maddock, 2012].

Kürlenmiş et ürünlerinde tuz, şeker, nitrit ve nitrat gibi kürlenme ajanları kullanılması yaygındır. Bazı geleneksel ürünlerde ürünün karakterine göre çeşitli baharatlar da kullanılarak aroma geliştirilmektedir. Kürlenme işlemi ile et ürünlerinin rengi, aroması ve tadı istenilen şekilde geliştirilirken; ürünlere koruma sağlanarak raf ömrü de arttırılmaktadır [Maddock, 2012]. Türkiye’de geleneksel olarak üretilen sucuk ve pastırma kürlenmiş ürünlere örnektir.

Et ürünlerinde koruma yöntemlerinden bir diğeri de kurutma işlemidir. Kurutma işlemi önceleri güneş ışınlarından faydalanılarak yapılmaktayken günümüzde ticari olarak sıcak hava ile kurutma tercih edilmektedir. Bu yöntemlere alternatif olarak dondurarak kurutma işlemi de et ürünlerinde kullanılabilir. “Beefjerky” olarak adlandırılan ürünler ve çorba için kurutulmuş et parçaları kurutularak muhafaza edilen et ürünlerine örnektir [Xiong and Mikel, 2001]. Ülkemizde üretimi ve tüketimi oldukça yaygın olan et ürünlerinin başında sucuk, emülsifiye ürünler (salam, sosis), jambon ve pastırma gelmektedir. Sucuk üretiminde kıyılmış büyükbaş ve küçükbaş hayvan etleri ve yağları karıştırılıp, kılıflara doldurularak fermente edilmekte ve kurutulmaktadır. Emülsifiye ürünlerde; evcil tınaklı veya kanatlı hayvan etleri kullanılmakta; et proteinleri, su, hayvansal yağ ve emülgatörlerin karıştırılmasıyla homojen hale getirilen hamur kılıflara doldurularak ısıtma işlemi gördükten sonra üretim tamamlanmaktadır. Jambon ise evcil tınaklı veya kanatlı hayvan etlerinin küçük parçalara ayrılarak tuzlanması veya kürlenmesinden sonra ısıtma işlemi tabii tutulan ürün olarak ifade edilebilmektedir (ResGaz 1, 2012).

Pastırma asırlardır üretilen Türklere özgü bir et ürünüdür. Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği’ne göre pastırma: “Büyükbaş hayvan karkaslarından usulüne göre ayrılan parça etlerin teknolojisine uygun olarak kürlenme ve yıkama işlemlerinden sonra baskılama ve kurutma işlemlerine tabi tutulup, çemenlendikten sonra yeniden kurutulması ile elde edilen ısıtma işlemi uygulanmamış, kürlenmiş ve

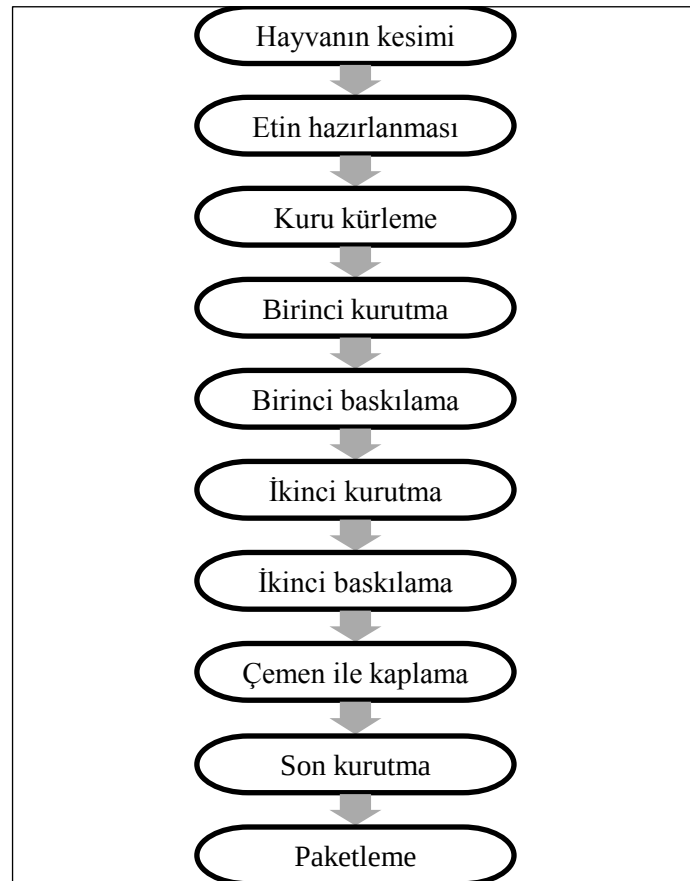
kurutulmuş et ürünü” olarak tanımlanmaktadır (ResGaz 1, 2012). Aynı tebliğe göre pastırmanın bazı özellikleri Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2: Pastırmanın özellikleri.

Çemen hariç olmak üzere, nem miktarı kütlege en çok	%45
pH değeri en yüksek	6,0
Tuz miktarı kuru maddede kütlege en çok	%7
Çemen miktarı kütlege en çok	%10

Pastırma geleneksel olarak üretilen ve tuz içeriği fazla olan bir üründür. Tuz içeriği Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği’nde 2012 yılında yapılan değişiklik ile kuru maddede kütlege en yüksek %8,5 oranından %7’ye indirilmiştir.

Pastırma üretim basamakları Şekil 2.2’de gösterilmektedir:



Şekil 2.2: Pastırma üretimindeki proses basamakları.

Pastırma hayvanın kol, sırt, but ve döşünden elde edilen blok etler ile üretilir. Genellikle tuz, nitrat, glikoz ve sukroz ile kürlleme yapılır. Etin yüzeyine kesikler atılarak kürlleme işlemi kesiklerden içeri doğru el ile gerçekleştirilir. Kürlmeden sonra fazla tuzun uzaklaştırılması için yıkama yapılır. Yıkamanın ardından etler asılır ve su aktivitesinin azaltılarak raf ömrünün arttırıldığı kurutma basamağına (3-5 gün) geçilir. Etler yığılarak cm^2 başına 0,9-1,0 kg ağırlık gelecek şekilde 6-16 saat baskılama yapılır. İkinci kurutma 20 °C'de 3 gün kadar sürer; etin yüzeyindeki yağ erir ve beyaz bir tabaka oluşturur. İkinci yani sıcak baskılama ile yüzeydeki yağlar iç kısımlara hareket ederek etin yumuşamasını sağlar. Çemenlenme aşamasında etler karakteristik tat, renk ve aromasını kazanması için çemen karışımı (buy otundan-Trigonellafoneum- elde edilen tozun sarımsak, acı ve tatlı kırmızıbiber ve yeteri kadar su ile karıştırılması ile elde edilir) ile kaplanır. Çemen, ürünün aşırı kurumasını engeller, patojenlere ve küflenmeye karşı koruyucu rol oynar [Obuz vd., 2012].

2.1.1. Kanatlı Hayvan Ürünleri

Önceleri kırmızı et prosesleri kanatlı etlerine uygulanmıştır, ilerleyen zamanlarda ise tavuk nugget gibi yeni ürünler üretilmeye başlanmıştır. Şu an birçok farklı kanatlı hayvan eti işlenerek tüketicilere sunulmaktadır. Tütsülenmiş hindi göğüs, hindi jambon (kürlenmiş ürün), hindi bacon, kanatlı frankfurter (emülsifiye ürün), kanatlı bologna (emülsifiye ürün), hindi köftesi, tavuk nugget bu ürünlere örnek olarak verilebilir [Barbut, 2001].

Kırmızı et ürün proseslerinin beyaz etlere uygulanma eğilimi sonucunda Türklere özgü geleneksel pastırma prosesinin tavuk ve hindi etlerine entegre edilerek sürecin ve ürünün incelendiği çalışmalar mevcuttur. Doğruer ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada; hindi eti kullanılarak pastırma üretilmiştir. Üretim sırasında farklı kürlleme teknikleri kullanılmış ve bu tekniklerin ürünün raf ömrüne, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu kalitesine olan etkileri incelenmiştir [Doğruer vd., 2007].

Literatürde hindi göğüs eti ortalama %72-74 oranında nem içermektedir. Protein miktarı ortalama %19,60-25,24 aralığında ve toplam yağ miktarı %1,25-1,63 oranlarında verilmiştir [Lesiow, 2005].

3. KURUTMA

Kurutma en eski gıda koruma yöntemlerinden birisidir. Kurutma işlemi ile gıdadan suyun uzaklaştırılması sağlanarak su aktivitesi azaltılır. Önceleri güneşte kurutma işlemi yapılırken günümüzde birçok farklı metot ile gıdaların kurutulması yapılmaktadır [Rahman, 2012].

Kurutma işleminde kalite açısından önemli olan tat, aroma ve fonksiyonel bileşikler işlem sırasında kaybolabilmektedir. Öte yandan kurutulmuş ürünlerde paketlenme, taşıma ve depolama maliyeti diğer ürünlere göre (konserve ürün, donmuş ürün gibi) daha düşük olmaktadır [Rahman, 2012]. Güneş ile kurutmada büyük miktartlı ve yüksek kaliteli ürünlerin üretiminde zorluk yaşanmaktadır. Yüksek ortam sıcaklığı ve bağıl nem, böcek ve küf oluşumuna neden olmaktadır. Ancak basit oluşu dolayısı ile hala kullanılmaya devam edilmektedir [Ahmed et al., 2012].

Kurutma yönteminin başarısı elde edilen ürünün kalitesine, enerji verimliliğine ve harcanan zamana bakılarak değerlendirilebilir. Kurutma prosesleri hava ile ve vakum altında olmak üzere başlıca iki gruba ayrılabilir. Hava ile olan proseslerde hava dışında bir gaz ortamı da kullanılabilir. Vakum ortamında ise su buharı ortamdaki kaldırılmakta ve daha düşük sıcaklıklarda kurutma işlemi yapılabilir. Vakum kurutma ile gıdadaki yararlı mikroorganizmalar korunmaktadır. Örneğin probiyotik bakteri ürünlerinin kurutulmasında bu yöntem avantajlı olmaktadır. Genellikle vakum ortamında düşük sıcaklıklarda dondurarak kurutma yapılmaktadır. Hava ile kurutmada ise yüksek sıcaklıklar kullanılarak daha hızlı kurutma sağlanmaktadır. Isı; konveksiyon, kondüksiyon, radyasyon, mikrodalga, radyo-frekansı, Joule (ohmik) ısıtma gibi değişik şekillerde sağlanabilir [Chen, 2008].

Kurutma işleminin avantajları: su aktivitesinin azalması, paketlenme ve taşıma maliyetlerinin azalması olarak sıralanabilir. Su aktivitesi 0,6'nın altına düşmesiyle gıdada bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişmesi engellenmektedir.

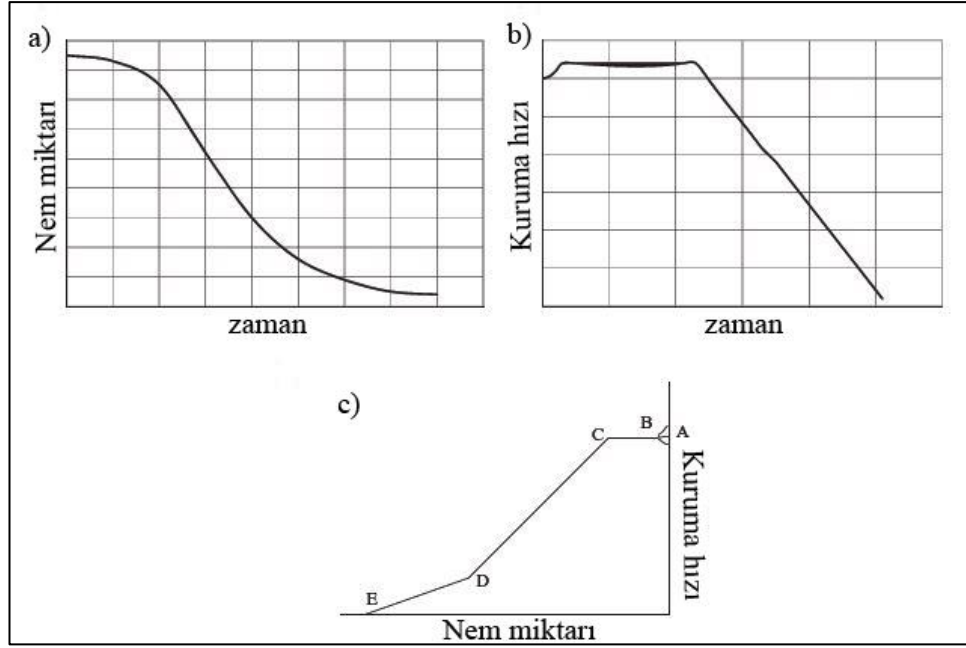
Kurutma ısı ve kütle transferinin eşzamanlı devam ettiği bir süreçtir. Genellikle dış bir kaynaktan ısı sağlanarak gıdanın nemi buharlaştırılır. Bir gıda kurutulurken dış ortamdan termal enerjinin gıdanın yüzeyine transferi ve gıdanın içinden yüzeyine doğru nem transferi gerçekleşir. İşlem sırasında bu iki transferden biri sınırlayıcı olabilmekte ve bu durum kuruma hızını etkilemektedir.

Hava ile kurutma hızına etki eden parametreler başlıca: sıcaklık, hava akışı, kurutma havasının hızı, bağıl nem, ürün sıcaklığı ve ürün boyutudur. Sıcaklık, en önemli parametre olup yüksek sıcaklıkta hava ile kuruma hızı artmaktadır. Ancak aşırı yüksek sıcaklıklar istenmeyen renk değişimlerine, kabuk oluşumuna ve yanmalara neden olabilmektedir. Kalite ve kuruma hızı için optimum bir sıcaklık belirlemek kurutma prosesinde önem taşımaktadır. Kuruma havasının bağıl nemi azaldıkça kuruma hızı artar ve kuruma zamanı azalır. Kurutma havasının hızı, havanın kurutucudan çıkarken bütün ısınıyı ürüne vermiş ve neme doymuş duruma ulaşacağı şekilde olmalıdır. Eğer hava hızı çok yavaş olursa; hava sıcaklığı çabuk düşer ve kurutucudan çıkmadan neme doymuş duruma geçer. Aksi durumda hava hızı çok yüksek olur ise; havanın ısı ve kütle transfer potansiyeli tam olarak kullanılamaz ve üründe kabuklanmaya neden olur. Ürünün boyutunun küçültülmesi; yüzey alanının diğer bir ifade ile ısı ve kütle transferi alanının artmasına neden olur. Bu nedenle boyutun küçültülmesi kurutma hızını artırır ve kurutma zamanını kısaltır [Ahmed et al., 2012].

3.1. Kuruma Eğrisi

Nemli bir gıda ürünü kurutulurken nem içeriği (X) zaman (t) grafiği veya kuruma hızı (dX/dt) zaman ve kuruma hızı nem içeriği grafikleri çizilmektedir.

Kurutma hızı zaman veya nem içeriğine karşı çizildiğinde Şekil 3.1.b) ve Şekil 3.1.c)'de görüldüğü gibi üç bağımsız periyod oluşmaktadır. AB bölümü ön ısıtma veya ısınma periyodu olarak isimlendirilir ve burada kuruma hızı neredeyse sıfırdır. BC kısmı sabit hız (t_c) zamanı olarak isimlendirilir. Burada ürünün sıcaklığı ve yüzeyden olan suyun kütle transferi eşit zaman aralıklarında sabittir. C noktası kritik nem içeriğini temsil eder; bu noktadan sonra sabit kuruma hızı biter ve kuruma hızı azalmaya başlar. CD ve DE periyodları azalan hızda kuruma zamanını (t_f) temsil eder. Bu bölümlerde suyun buharlaşması sabit hızla devam etmez. Ürünün kuruma sırasındaki yapısal değişikliklerine göre birden fazla azalan hızda kuruma zamanı bölümü olabilmektedir. Toplam kuruma zamanı; sabit kuruma zamanının ve azalan hızda kuruma zamanının toplamı şeklinde ifade edilmektedir [Ahmed et al., 2012].



Şekil 3.1: a) Nem miktarı-zaman, b) kuruma hızı-zaman c) kuruma hızı-nem miktarı grafikleri.

Et ürünlerinin kurutulması da diğer gıdalarda olduğu gibi uzun yıllar önce güneşte kurutma ile başlamıştır. Günümüzde ise değişik metotlar ile kurutma yapılabilmektedir. Kurutma prosesinden önce et ürünlerine bazı ön işlemler uygulanabilmektedir. Kütleme işlemi ön işlemlerden en sık uygulananıdır. Özellikle deniz ürünlerinde tuzlama sıklıkla kullanılmakta ve ürünün raf ömrü uzatılmaktadır. Kürlenmiş et ürünleri ısıtma işlemi görmemiş, hafif ısıtma işlemi görmüş (orta nokta pastörizasyon sıcaklığına gelmiş: 65-75 °C) ve ısıtma işlemi görmüş (100-120 °C) olarak üçe ayrılabilir. Bazı et ürünlerinde kurutma öncesinde pişirme işlemi uygulanmaktadır. Genellikle pişmiş et ve balık eti çiğ olanlara kıyasla daha kolay kurumaktadır. Pişirme işlemi ayrıca et ürünlerinin su tutma kapasitesini azaltmaktadır. Gıda ürünlerini dumanlama işlemi de çok eski yıllara dayanan bir koruma metodudur. Kırmızı et ve balık etine istenilen tat, aromayı ve rengi kazandırmak için uygulanan dumanlama işlemi ürünün kurumasını da sağlamaktadır. Dumanlama işlemi sırasında antioksidan etkisi olan bileşikler açığa çıkmakta ve bu bileşikler ürünü korumaya yardımcı olmaktadır. Ancak odun dumanı polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH), nitrojen oksit ve fenolik bileşikler içermektedir. Nitrojen oksit ürüne rengini verirken diğer bileşikler tat gelişmesini sağlar. Ancak PAH konsantrasyonunun üründe artmasıyla; ürün insan sağlığına zararlı hale gelebilmektedir [Rahman, 2006].

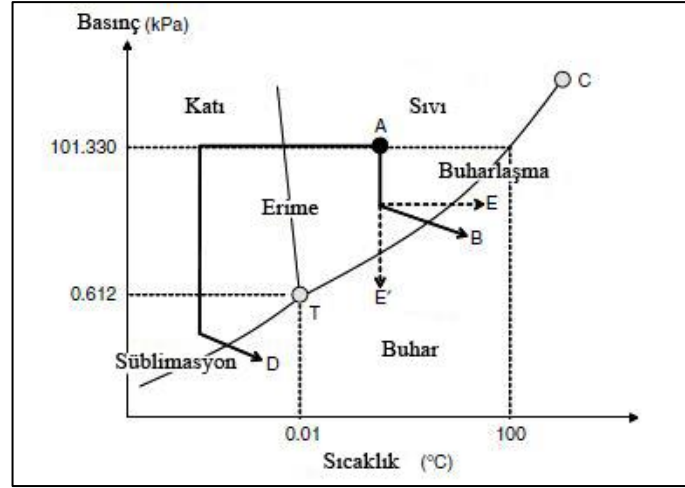
Kurutma prosesi, etin raf ömrünü uzatırken; istenmeyen aroma bileşiklerinin oluşumuna, yağ oksidasyonuna ve Maillard reaksiyonları sonucu renk değişimine neden olmamalıdır. Kurumuş dana ve tavuk etleri hazır çorba karışımlarında ve işlem görmüş et ürünlerinde sıklıkla kullanılmaktadır [Belitz et al., 2009].

3.2. Dondurarak Kurutma

Dondurarak kurutma, vakum altında ve düşük sıcaklıkta yüksek kalitede kurutulmuş ürün elde etmek için uygulanan bir işlemdir. Proses, hammaddenin dondurulması ve vakum altında buzun süblimleşmesi ile maddenin kurutulması esasına dayanmaktadır [Litchfield and Liapis, 1979]. Bu metot ile mikrobiyal bozunma ve oksidasyon engellenerek ürünün raf ömrü uzatılmaktadır [Babic et al., 2009]. Dondurarak kurutma işlemi gıdalarda bulunan sıcaklıkla bozulabilen bileşiklerin biyolojik aktivitesinin korunmasını sağlar; böylece organoleptik ve besinsel özelliklerdeki kayıplar minimize edilir [Lopez-Quiroga et al., 2012].

3.2.1. Dondurarak Kurutma Prensibi

Dondurarak kurutmada süblimasyon olayı gerçekleşerek buz direkt olarak su buharına dönüşür. Dondurarak kurutmanın ilk basamağı dondurma işlemidir. Gıda maddesinde buz kristalleri oluşturularak donması sağlanır. Sonrasında donmuş ürünün bulunduğu ortamın kısmi buhar basıncı ürünün bulunduğu sıcaklıktaki buzun buhar basıncının altına düşürülür. Bu durum buz kristallerinin süblimleşmesine (birincil kurutma) ve gıda içerisinde kristalize olmamış suyun desorpsiyonuna neden olur (ikincil kurutma). Şekil 3.2’de suyun faz diyagramı verilmiştir; bu diyagram ile denge su buharı basıncının sıcaklık ile değişimi görülmektedir [Ratti, 2008].



Şekil 3.2: Faz diyagramı.

Dondurarak kurutma işlemi sırasında şekilde görüldüğü gibi A'dan D'ye olan yol izlenir. Ürün önce sıcaklığı düşürülerek dondurulur; sonrasında su buharı basıncı üçlü noktanın altına gelecek şekilde düşürülür. Son olarak sıcaklık artırılarak süblimasyon ile buzun buhar haline dönmesi sağlanır [Ratti, 2008]. İşlem sırasında ortamda bulunan hava vakum pompası ile uzaklaştırılarak basıncın düşmesi sağlanır. Suyun uzaklaştırılması işlemi ise kondenser ile olmaktadır. Bu nedenle kondenser yüzeyinin sıcaklığı kurutulan gıdanın sıcaklığından düşük olmalıdır (genellikle -60°C).

Süblimasyon endotermik bir işlem olduğu için donmuş ürüne bir sıcaklık uygulaması gerekmektedir. Ancak ürünün işlem boyunca sıcaklığının daima çöküş sıcaklığı olarak adlandırılan parametrenin altında olması gerekmektedir [Stapley, 2008].

3.2.2. Dondurarak Kurutmada Önemli Olan Sıcaklıklar

Dondurarak kurutma işlemi sırasında çöküş sıcaklığı olarak adlandırılan karakteristik sıcaklığın üzerine çıkılmamalıdır. Ancak kurutma kinetiği sıcaklığa bağlı olduğu için sıcaklığı çok düşük tutmak işlemin aşırı derecede uzamasına neden olacaktır.

Kristal yapıdaki sistemlerde kritik sıcaklık ötektik erime sıcaklığıdır (T_e). Bu sıcaklığın üzerine çıkmak ürünün erimesine neden olur. Proses sırasında kurutma sıcaklığı ötektik sıcaklığın altında olmalı ve donmuş tabakanın erimesinin önüne

geçilmelidir. Üründe meydana gelebilecek erime suyun boşluklara dolmasına ve şekil bozuklukları oluşmasına sebep olmaktadır.

Amorf yapıdaki sistemlerde ise kritik sıcaklık çökme sıcaklığıdır (T_c). Bu sıcaklığın üstüne çıkılması ile maddede istenmeyen bir görünüş, yumuşama, kararsız bir yapı oluşturur. Çökme maddenin camsı geçiş sıcaklığının (T_g') üzerine çıkılması ile meydana gelir [Kett et al, 2005].

Camsı geçiş sıcaklığı (T_g') camsı oluşumun gerçekleştiği faz sıcaklığı olarak tanımlanabilir böylece amorf faz donmuş tabakada buz ile bir arada bulunur. Camlaşma sıcaklığında amorf faz, sert yapıdan viskoelastik yapıya geçer. Camlaşma genelde maddenin hızlı dondurulması ile oluşur. Birinci kurutma safhasında donmuş maddenin sıcaklığı camsı geçiş sıcaklığının üzerine çıkarsa, amorf fazda viskoz akış oluşur ve donmuş tabaka gözenek yapısını kaybederek maddenin çökmesine neden olur [Sadıkoğlu et al., 2006].

Ayrıca ürün kurutulurken istenmeyen renk ve kimyasal reaksiyonlara, kuru tabakada yapı bozukluklarına neden olmayacak ve biyoaktiviteyi koruyacak sıcaklıklarda kurutma yapılması gerekmektedir. Bu etkilerin gözlenmediği kurutulmuş tabakanın ulaşabileceği maksimum sıcaklık kavrulma sıcaklığı olarak adlandırılır [Liapis and Bruttini, 2006].

3.2.3. Dondurarak Kurutma İşleminin Avantaj ve Dezavantajları

Dondurarak kurutma prosesinin avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Yeterli düzeyde kurutulmuş ürünlerde çöküş sıcaklığı ortam sıcaklığının üzerine çıkar. Bu nedenle üründe rijit bir yapı oluşur ve raf ömrü uzar.
- Ürünün kuruması çöküş sıcaklığının altında gerçekleşir ise buz kristalleri boşluk bırakarak uzaklaşır. Bu durum gözenekli bir yapı oluşmasına ve ürünün rehidrasyon etkinliğinin fazla olmasına neden olmaktadır.
- Dondurarak kurutma prosesi diğer kurutma proseslerine göre düşük sıcaklıklarda gerçekleştiğinden dolayı yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen reaksiyonlar (Maillard reaksiyonları gibi) gözlenmez.
- Dondurarak kurutma ile uçucu aroma ve tat bileşenleri korunabilir.

Dondurarak kurutma işlemi et ürünleri, meyve, sebze gibi tüm gıdalara uygulanabilmektedir. Ancak dondurma ve süblimasyon işlemlerinde çok fazla enerji gerektiği ve yavaş olduğu için pahalı bir işlemdir. Aynı zamanda işlemin ilk yatırım ve operasyonel maliyetleri yüksek oluşu da dezavantaj olarak görülebilmektedir.

Dondurarak kurutma gıdalarda genellikle çay ve kahvede, askerlere, astronotlara ve dağcılara yönelik hazır yemeklerde, kahvaltılık gevreklerde kullanılan çilek, yaban mersini gibi meyvelerin kurutulmasında, kurutulmuş bitkilerde ve hayvan yemlerinde kullanılmaktadır [Stapley, 2008], [Ratti, 2008].

3.2.4. Dondurarak Kurutma İşlemi ve İşlem Basamakları

Dondurarak kurutma işlemi donma, birinci kurutma ve ikinci kurutma safhası olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır.

3.2.4.1. Donma

Kurutulacak gıda ürünleri öncelikle tüm çözücü donana kadar soğutulur. Maddeler iki şekilde donma hareketi gösterirler. Bunlardan ilkinde kurutulacak maddenin içerdiği sıvı belli bir sıcaklıkta aniden katılaşır (ötektik form). Diğerinde ise sıvı katılaşmaz (camsı oluşum) ancak viskoz bir hale gelene kadar viskozitesi artar. Bu sistemlerde minimum donma sıcaklığı bulunmaktadır.

Donma işlemi sonunda uzaklaştırılmak istenen suyun %65-90'ı donmuş durumdadır; suyun geri kalan %10-35'i ise bağlı yani donmamış halde bulunur. Dondurarak kurutma işlemi sonucunda elde edilen üründe bulunan gözenek boyutu, gözeneklerin dağılımı ve gözeneklerin birbiriyle olan ilişkileri dondurma sırasında oluşan buz kristallerine bağlıdır. Kurumuş tabakadaki gözeneklerin özellikleri ısı ve kütle transfer parametrelerini etkilemekte olduğu için önem taşımaktadır. Buz kristalleri küçük ve birbiriyle olan bağları az ise kurutulmuş tabakada su buharının taşınımı sınırlı olmaktadır. Büyük ve homojen dağılmış buz kristallerinin oluşması su buharı taşınımının daha hızlı olmasını sağlamaktadır [Liapis and Bruttini, 2006].

Dondurma işlemi sırasında nükleasyon hızı (birim hacimde oluşan yeni kristal hızı) genellikle aşırı soğuma derecesi ile eksponansiyel olarak artmaktadır. Kristallerin boyutunun büyüme hızı ise aşırı soğuma derecesi ile lineer olarak

artmaktadır. Diğer bir ifade ile sıcaklık düştükçe ve aşırı soğuma arttıkça nükleasyon hızı kristallerin büyüme hızından daha fazla artış gösterir. Bu nedenle yavaş soğutma ile (düşük aşırı soğutma) az sayıda büyük kristaller oluşurken; yüksek soğutma ile (yüksek aşırı soğutma) fazla sayıda küçük kristal oluşmasına neden olur. Dondurma işleminde yüzeyde hızlı soğuma olacağı için küçük kristaller burada oluşurken iç kısımlarda yavaş soğumadan dolayı daha büyük kristaller oluşur [Stapley, 2008].

3.2.4.2. Birinci Kurutma

Bu safhada donmuş su süblimasyon ile uzaklaşır ve süblimasyon ara yüzeyi aşağıya doğru ilerlemesiyle geriye gözenekli yapıdaki kurumuş tabaka kalır. Birinci kurutma sırasında donmamış suyun bir kısmı desorpsiyon ile uzaklaştırılabilir. İşlem sırasında süblimasyon ve desorpsiyon ile oluşan su buharı difüzyon ve konveksiyon ile kurumuş tabakadan geçip kurutma ortamına girer. Su buharı kurutma ortamından kondenser ile uzaklaştırılır ve böylece kurutma odasındaki su buharının kısmi buhar basıncının, süblimasyon ara yüzeyindeki su buharının kısmi buhar basıncından düşük seviyelerde tutulması sağlanır. Su buharı soğutulmuş kondenserin yüzeyinde buz olarak toplanır. Kurutulan maddenin içerdiği donmuş su bittiği an birinci kurutma safhasının sonu olarak kabul edilir [Kayhan, 2008].

3.2.4.3. İkinci Kurutma

İkinci kurutma periyodu sırasında donmamış (bağlı suyun) suyun uzaklaştırılması işlemi gerçekleştirilir. Bağlı su üründe kristal çözünenin yüzeyine adsorplanmış şekilde, çözünen fazın içinde hidrat suyu şeklinde ve çözünen fazın içindeki amorf katı partiküllerinde çözünmüş ve katı çözelti oluşturmuş olabilir. Bir miktar bağlı su birinci kurutma safhasında da uzaklaşmaktadır. İkinci kurutma safhasında tüm donmuş su uzaklaşmış haldedir ve donmuş tabaka ile kurutulmuş tabakayı ayıran süblimasyon ara yüzeyi kaybolmuştur. Ortamda artık donmuş tabaka yoktur.

İkinci kurutma sırasında üründeki bağlı su vakum altında ısı verilerek uzaklaştırılır. Bu aşamada amaç, bu safhayı kısaltarak istenilen nem düzeyinde, fiziksel ve kimyasal açıdan kararlı ürün elde etmektir. Bu nedenle uygulanan sıcaklık

yapısal ve kimyasal kararlılığı bozmayacak düzeyde olmalıdır [Liapis et al., 1996]. Genellikle ikinci kurutma sonunda nem içeriği %0,5 (w/w) oranında olmaktadır [Lopez-Quiroga et al., 2012].

3.2.5. Et Ürünlerinin Dondurarak Kurutulması

Et ürünlerinde dondurarak kurutma işleminden önce görünen yağlı kısımların ayrılması gerekmektedir [Babic vd., 2009]. Ürün kalınlığı kurutma süresinin çok uzamaması için çok fazla olmamalıdır. Genellikle maksimum ürün kalınlığı 1 cm olarak seçilmektedir [Ratti, 2012]. Dondurarak kurutmada dikkat edilmesi gereken sıcaklıklar olan çökme ve kavrulma sıcaklıkları et için; hızlı dondurarak kurutmada sırasıyla -14 °C ve 60 °C iken yavaş dondurarak kurutmada -17 °C ve 60 °C olarak belirtilmiştir [Ratti, 2012], [Liapis and Bruttini, 2006].

Yapılan bir çalışmada tavuk eti ve dana etleri dondurarak kurutulmuş ve ürünlerin yağ içeriklerindeki biyokimyasal değişimler incelenmiştir. Çalışma proses parametreleri şu şekilde kullanılmıştır: dondurma işlemi -35 °C'den -40 °C'ye (13-18 saat), kurutma işlemi 30 °C, kondenser sıcaklığı -65 °C ve ortamın basıncı 0,20-0,35 mmHg [Georgieva and Tsvetkov, 2008].

Başka bir çalışmada 2,54x2,54x1,27 cm büyüklüğündeki sığır eti örnekleri dondurarak kurutulmuştur ve kurutma işlemi sırasında plaka sıcaklığı 35 °C olarak kullanılmıştır. Kurutma işlemi 24 saat boyunca devam etmiştir ve işlem sonunda kuru ette %2,85 nem içeriğine ulaşılmıştır [El-Gharbawi and Dugan, 1965].

Farkas ve Singh tarafından tavuk eti kullanılarak yapılan çalışmada hava ile kurutma ve dondurarak kurutma kullanılarak iki yöntemin ürünün fiziksel özelliklerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada dondurarak kurutma işlemi yavaş ve hızlı şekilde yapılmıştır. Yavaş dondurma -15 °C'de 24 saat; hızlı dondurma ise -57 °C'de 30 dakikada yapılmıştır. Kurutma sırasında ortam sıcaklığı 40 °C (24 saat), basıncı 26,7 Pa ve kondenser sıcaklığı -60 °C olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada, dondurarak kurutma ile rehidrasyon kapasitesi oldukça yüksek (dondurarak kurutucuda elde edilen rehidrasyon %94-98 iken hava ile kurutulan ürünlerde %65-71) ve poroz yapıda ürünler (dondurarak kurutucuda elde edilen porozite %62-64 iken hava ile kurutulan ürünlerde %42) elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır [Farkas and Singh, 1991].

Diğer bir çalışmada tavuk etinin dondurarak kurutulması sırasında dondurma hızı, et kalınlığı, kurutma zamanı ve basınç için farklı parametreler kullanılarak bu parametrelerin ürüne olan kalitesi incelenmiştir. Tavuklar 0,7-1,3 cm kalınlıkta kullanılmıştır. Dondurma -45 °C’de 6 saat ve 3 saat olmak üzere iki farklı sürede gerçekleştirilmiştir. Birinci kurutma 0 °C ve 10 °C’de ikinci kurutma ise 35 °C’de yapılmıştır. Kurutma işlemi sırasında ortam basıncı 25 Pa ve 30 Pa olacak şekilde ayarlanmıştır. Çalışmada, proses parametreleri belirtilen şekilde değiştirilerek fiziksel ve duyu analizler yapılmıştır. Yavaş dondurma yapılan ve ikinci kurutma yapılmayan proste kalın ve ince et örnekleri arasında farkların mevcut olduğu görülmüştür. Kalın ürünlerin su aktivitesi fazladır ($0,855 \pm 0,075$, taze ette: $0,987 \pm 0,002$) ve rehidrasyon yüzdesi yeterli ölçüde değildir. Hızlı dondurmanın yapıldığı ve ikinci kurutmanın yapıldığı denemede ise kalın ve ince örnekler arasında nem içeriği açısından önemli bir fark bulunmamış iken kalın örneklerin rehidrasyon yüzdesi ince ürünlere göre daha az olarak saptanmıştır. Sonuç olarak; ürün kalınlığının proses için önemli olduğu ve dondurarak kurutulmuş tavuk etleri ile taze tavuk etlerinin tadının benzer olduğu tespitinde bulunulmuştur [Babic et al., 2009].

4. ET VE ET ÜRÜNLERİNDE KALİTEYİ ETKİLEYEN BAZI ÖZELLİKLER

Gıdalardaki tekstür ve renk gibi yapısal özellikler tüketiciler tarafından gıdaların kabul edilebilirliğini etkileyen ve gıdanın kalitesini belirleyen önemli özelliklerdir. Gıdanın kalitesini etkileyen bir diğer unsur ise gözle görülemeyecek kadar küçük parçalardır. Bu durumda mikro yapısal özellikler ön plana çıkmaktadır. Ayrıca gıdaların mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal kararlılıkları için nem içeriği ve su aktivitesi özellikleri önem taşımaktadır.

4.1. Tekstür Özellikleri

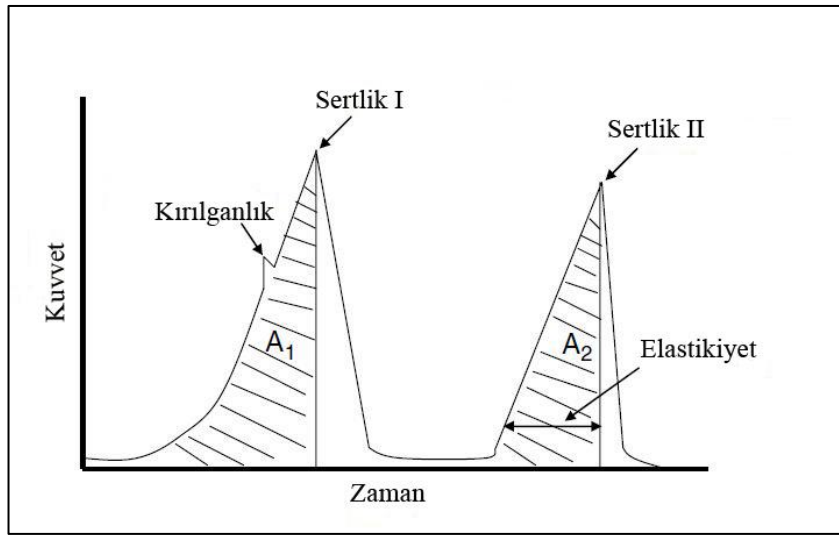
Tekstür, gıdanın yapısı, reolojisi ve mekanik özellikleri ile ilgilidir. Tekstürel özellikler mekanik özellikler, geometrik özellikler ve gıdanın nem ve yağ içeriğinden kaynaklı diğer özellikler olmak üzere üç grupta toplanabilir. Mekanik özellikler genellikle gıdaların ağızda yenmesi sırasında dişler ve dil ile yapılan kuvvet uygulamalarıyla algılanabilir. Bu özellikler sertlik, viskozite, elastikiyet, sıklık, yapışkanlık, sakızimsılık, çiğnenebilirlik gibi parametrelerdir. Geometrik özellikler ise genellikle görsel olarak algılanabilen şekil, büyüklük, homojenlik ve pürüzlülük gibi parametreler ile ifade edilir. Gıdanın nem ve yağ içeriğine bağlı olan tekstürel özellikler ise ağızda alınan his ile ilgili olup mekanik ve geometrik özellikler gibi kolayca çözümlenemez [Szczeniak, 1962].

Gıdaların tekstür özelliklerinin belirlenmesinde alet ile yapılan analizler kullanılabildiği gibi duyuşal metotlar da kullanılabilmektedir. Duyusal testlerde panelistler kullanılmakta ve daha uzun zaman almaktadır. Alet ile yapılan testler fazla zaman almamakta ve tekrarlanabilirliği daha yüksek olmaktadır

Et ürünlerinde de tekstürel özellikler ürünün kabul edilebilirliğini etkileyen önemli bir parametredir. Örneğin; bağ dokunun kuvvetli oluşundan dolayı biftek gibi parça et ürünleri çiğnenemeyecek kadar sert olabilmektedir. Diğer yandan bağ dokunun yeterli olmaması lapa gibi bir ürün oluşmasına neden olmaktadır. Tekstürel özellikler hayvanın beslenmesine, yaşına, kesimden önceki stres koşullarına, dondurma ve pişirme metotlarına bağlı olabilmektedir.

Et ürünlerinde tekstür ölçümleri çeşitli testler ile yapılmaktadır. Kesme (Warner-Bratzler ve Kramer Shear Press), penetrasyon, sıkıştırma, germe, bükme gibi metotlar için çeşitli cihazlar kullanılmaktadır [Barbut, 2009]. Son zamanlarda en yaygın olarak kullanılan yöntem ise, ürüne ikili sıkıştırma uygulayarak çiğneme prosesini taklit etme esasına dayanan, Tekstür Profil Analizi (TPA) olarak görülmektedir [Herrero et al., 2008].

TPA kullanılarak bir veya birden fazla alet ile yapılan farklı testlerden elde edilen parametreler, tek bir test ile ve aynı anda elde edilebilmektedir. Bu analiz iki kademeli sıkıştırma prensibine dayanmaktadır. Silindirik formdaki örnek belli bir oranda sıkıştırıldıktan sonra uygulanan kuvvet kaldırılır. Ardından ikinci bir sıkıştırma uygulanır ve analiz sonucunda kuvvete karşılık zaman eğrisi (Şekil 4.1) elde edilir [Barbut, 2009].



Şekil 4.1: Tekstür profil analizi sonucunda elde edilen kuvvet-zaman grafiği.

Bu analiz sonucunda ayrıca sertlik (hardness), sıklık (cohesiveness), elastikiyet (springiness), sakızimsılık (gumminess), çiğnenebilirlik (chewiness), yapışkanlık (adhesiveness), kırılganlık (fracturability) olarak sıralanan parametreler elde edilmektedir. Bu parametrelerden sertlik, ürüne uygulanan ve ürünü deforme etmek için gerekli olan kuvvet olarak tanımlanmaktadır. Sıklık, gıda parçalanmadan önce uygulanabilen kuvvet; elastikiyet, gıdaya uygulanan ilk kuvvet kalktıktan sonra gıdanın eski haline dönme düzeyi; sakızimsılık, gıdayı yutmaya hazır hale getirmek için harcanan kuvvet; çiğnenebilirlik ise gıdayı yutabilmek için gerekli çiğneme

enerjisi olarak ifade edilmektedir. Yapışkanlık, ağıza ve damağa yapışan gıdanın uzaklaştırılması için yapılan iş; kırılgenlik ise gıdanın kırılması için uygulanan kuvvettir. TPA ile elde edilen parametrelerden sertlik, sıklık, elastikiyet, yapışkanlık ve kırılgenlik ölçüm ile elde edilebilirken sakızimsılık (sertlik x sıklık) ve çığnenabilirlik (sakızimsılık x elastikiyet) diğere parametreler kullanılarak hesaplanır [Huidobro et al., 2005], [Chen and Trout, 1991], [Hyldig and Nielsen, 2000].

Hindi göğüs köfteleri ile yapılan bir çalışmada ürünler, radyo frekansı ile ve konvansiyonel buhar fırın ile ısıtılarak kimyasal, fiziksel ve duyuusal özellikleri incelenmiştir. Radyo frekansı uygulamasında 40 dakikada (500 W) en az 73 °C'ye çıkılmışken konvansiyonel buharlı fırında 150 dakikada aynı sıcaklığa ulaşılmıştır. Tekstür analizi TPA metodu kullanılarak yapılmıştır. Analizler Instron Corporation cihazında 500 N yük hücresi ile %50 sıkıştırma oranında yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen verilerden sertlik, sıklık, elastikiyet, sakızimsılık ve çığnenabilirlik sonuçları değerlendirilmiştir. Sonuçlar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır; ancak araştırmacılar radyo frekansı kullanılan örneklerin daha sert olduğunu belirtmiştir [Tang et al., 2005].

Zamri ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada tavuk göğüs eti örneklerine değişik kombinasyonlarla eş zamanlı sıcaklık (oda sıcaklığından-70 °C'ye kadar) ve basınç (0,1-800 MPa) uygulamaları yapılmış ve TPA analizi yapılarak etin sertliğindeki değişimler incelenmiştir. 50 °C ve daha düşük sıcaklıklarda basınç ve sıcaklığın sertliği arttırmada sinerjist rol oynadığı görülmüştür. 60 ve 70 °C'de ise 200 MPa basınçtan sonra ürünün sertliğinde, aktin ve miyozin bağlarının ve miyozin zincirleri arasındaki disülfid bağlarının çözünmesi sonucunda azalma olmuştur [Zamri et al., 2006].

Kuru kürlenmiş jambon kullanılarak yürütölen bir çalışmada, ürünler farklı nem içeriklerine kurutulmuş; nem analizi ve su aktivitesi tayinleri yapılarak, TPA metodu ile tekstür farklılıkları incelenmiştir. TPA analizi için 10 mm yüksekliğinde örnekler %50 sıkıştırma oranında sıkıştırılmıştır. Çalışmada nem içeriğı ve su aktivitesi ile ürünlerin sertlik değereeri arasında negatif lineer olmayan bir ilişki olduğu ortaya konulmuştur. Bu ilişkiye dayanarak sertlik değereinde ani bir yükselmeye sebep olan nem içeriğı ve su aktivitesi değereeri (nem içeriğı: 0,55 kg su/kg kuru madde ve su aktivitesi: 0,7) kritik nokta olarak tanımlanmıştır. Kritik noktanın oluşma sebebi ürünlerin düşük bağıl nem ve yüksek sıcaklık ortamında kurutulması sonucu kabuk

oluşması olarak gösterilmiştir. Ayrıca tuz içeriği ile sertlik değerleri arasında pozitif bir korelasyonun bulunmakta olduğu ifade edilmiştir. Öte yandan çalışmada sıklık ve elastikiyet ile nem içeriği ve su aktivitesi arasında pozitif lineer bir ilişki olduğu belirtilmiştir [Serra et al., 2005].

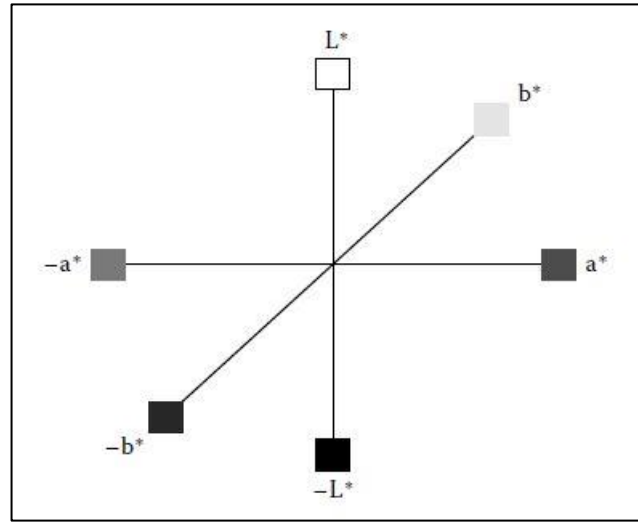
Tüketime hazır hindi eti ürünleri kullanılan bir çalışmada, düşük sıcaklık uzun süre (LTLT) ve yüksek sıcaklık kısa süre (HTST) uygulamaları ohmik/konveksiyon sistemi ile konvensiyonel buhar sistemi kullanılarak pişirilmiştir. Ürünlere TPA analizi, %50 sıkıştırma oranı ve 50 mm/dk hız ile yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre ohmik ısıtma kullanılan HTST sistemlerinde sertlik değerlerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu sonucun yüksek sıcaklık uygulamasından kaynaklanan pişirme kayıpları ve protein denatürasyonundan kaynaklandığı yorumu yapılmıştır [Zell et al., 2010].

Başka bir çalışmada nem içeriği, su aktivitesi ve tekstür analizleri kuru kürlenmiş fileto et için incelenmiştir. Fileto etler kabuk oluşturacak ve oluşturmayacak şekilde kurutulmuştur. Sonuç olarak daha kuru etlerin daha sert olduğu bulunmuştur. Kurutma süresince su kaybının ve büzüşmenin artması, tekstür analizinde kullanılan katı madde içeriğinin artması ve kuruyan etlerde proteinler arası yeni bağların oluşması sonucunda sertliğin arttığı bilgisi verilmiştir. Nem içeriği ve su aktivitesi sıklık ile pozitif bağlantılı iken; sertlik değerleri ile çiğneme enerjisinin negatif korelasyon içinde olduğu belirtilmiştir. Kuru örneklerde nemli olanlara göre gerekli seviyeye sıkıştırmak için daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Daha fazla enerji proteinler arasındaki bağların kırılmasını sağladığı bu nedenle sıklık değerinin azaldığı bildirilmiştir [Ruiz-Ramirez et al., 2005].

4.2. Renk Özellikleri

Gıdaların satın alınmasında tüketiciyi en çok cezbeden özellik görünüş ile ilgili olan özelliklerdir. Özellikle renk, gıdaların tat algısını da etkilemektedir. Renk, gıda tarafından yansıtılan enerji olarak tanımlanabilmektedir. Yansıyan ışık ürünün rengini ve görünüşünü oluşturmaktadır. Gıda endüstrisinde; Hunter L, a, b veya Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (The Commission International de l'Eclairage-CIE) L*, a*, b* gibi türetilmiş skalalar kullanılmaktadır. Bu parametrelerden L: rengin açıklık derecesini, a: kırmızılık veya yeşillik derecesini ve b: sarılık veya

mavilik derecesini temsil etmektedir. L^* değeri; rengin ışığı yansıtmasını ifade etmekte ve bu değer 0 olduğunda siyah, 100 olduğunda ise beyaz renk olduğu bilinmektedir. Pozitif durumda a değeri kırmızılığı, negatif durumda ise yeşilliği belirtmekte; aynı şekilde b değeri pozitif iken sarılığı negatif iken maviliği belirtmektedir. Bu değerler kullanılarak renk tonu (hue) ve renk parlaklığı (chroma) veya doygunluk (saturation) gibi gıdanın kabul edilebilirliğini etkileyen parametreler hesaplanabilmektedir. Renk tonu, rengin görsel hissini belirlemektedir. Renk parlaklığı veya doygunluk ile ifade edilen parametre ise bir temel rengin yoğunluğunu ifade etmektedir [Mallikarjunan, 2011], [Clydesdale, 1998]. Şekil 4.2’de CIE standardına göre üç boyutlu renk dağılım grafiği görülmektedir. Bu grafik ile bir rengin ışık kaynağı altında hangi renk bölgesine oturduğu görülebilmektedir (L^* eksen: açıklık (+ L beyazlık, - L siyahlık), a^* eksen: kırmızılık/yeşillik (+ a kırmızılık, - a yeşillik), b^* eksen: sarılık/mavilik (+ b sarılık, - b mavilik)) [Morante, 2006].



Şekil 4.2: Üç boyutlu renk dağılım grafiği.

Renk ölçümleri pek çok gıda çalışmasında gıdanın kalitesini belirlemek amacıyla yer almaktadır. Tavuk göğüs eti kullanılarak dondurarak kurutma proses parametrelerinin incelendiği bir çalışmada etler tamamen kurutulularak L^* , a^* ve b^* değerleri ölçülmüştür. 0,7±0,2 cm kalınlığında olan etlerde bu değerler sırasıyla 78,69±1,76; 1,88±0,13 ve 17,64±0,52 olarak, daha kalın olan 1,3±0,2 cm kalınlığındaki etlerde ise 80,47±2,61; 2,15±0,62 ve 17,26±1,03 olarak bulunmuştur [Babic et al., 2009].

Diğer bir çalışmada radyo frekansı ve su banyosu pişirme yöntemleri kullanılarak tavuk göğüs eti örnekleri pişirilmiş ve ürünlerin kalitesi incelenmiştir. Bu iki pişirme yöntemi ile pişirilen tavuk etlerinin L, b ve doygunluk değerleri aynı iken; radyo frekansı ile pişirilen etlerin a değeri daha düşük bulunmuştur. Çalışmada, son nokta sıcaklığının artmasıyla, miyoglobinin denatüre olmasından dolayı a değerinin (kırmızılığın) azaldığı belirtilmiştir [Kirmaci and Singh, 2012].

Canto ve ekibi tarafından yapılan başka bir çalışmada timsah kuyruk etlerine üç farklı (200 MPa/10 dk, 300 MPa/10 dk ve 400 MPa/10 dk) basınç uygulaması yapılmış ve kalite ölçümleri yapılmıştır. Yapılan renk ölçümleri sonucunda a* değerinde olan azalma miyoglobinin oksidasyonu ile; L* değerlerinde olan değişiklik ise miyofibriller ve sarkoplazmik proteinlerin değişmesi ile açıklanmıştır [Canto et al., 2012].

Düşük sıcaklık uzun süre (LTLT) ve yüksek sıcaklık kısa süre (HTST) uygulamalarının ohmik ve konvensiyonel pişirme ile kullanılarak tüketime hazır hindi eti ürünlerinin pişirildiği bir çalışmada; ürünlerin renk ölçümleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda ürünlerin renk parlaklığı, b ve renk tonu değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmadığı bildirilmiştir [Zell et al., 2010].

4.3. Mikro Yapısal Özellikler

Gıda teknolojilerinde ürünün doğasından veya üretimden kaynaklı yapının korunması ya da bozulması istenebilmektedir. Gıdanın karakterini ve kalitesini etkileyen yapısal parçaların birçoğu 100 µm'den küçüktür. Dolayısıyla bu parçalar çıplak göz ile görülememektedir. Örneğin; dondurma işlemi sırasında buz kristallerinin oluşması, nişastanın şişmesi, kuruma prosesinde iç yarıkların meydana gelmesi gibi olaylar göz ile takip edilemez. Ürünün kalitesini arttırmak ve müşterilerin memnuniyetini arttıracak yeni ürünler yapmak için gıdaların mikroskopik boyutta incelenmesi gerekmektedir. Bu amaçla ışık mikroskobu (LM), geçirimli elektron mikroskobu (TEM) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmaktadır. Işık mikroskobu gıda araştırmalarında sıklıkla kullanılmakta ve gıdanın yüzey yapısının incelenmesini sağlamaktadır. TEM ile ince bir örnek içinden yüksek enerjili elektronların geçirilmesi görüntü oluşturulması prensibine dayanır.

Uygulamada örnek hazırlamanın zorluğu ve örneğin ürünü temsil etmemesi gibi sorunlar oluşabilmektedir.

SEM ilk olarak 1960 yılında ticari olarak kullanılmıştır ve önceki cihazlarda olan dezavantajları bulundurmamaktadır. Ölçüm yapılan ürünün derinliklerinden 3 boyutlu görüntüler alınmasını sağlamaktadır. SEM çok küçük bir alanın yüksek enerjili elektronlar ile taranması prensibiyle çalışır. Çok ince örnekler hazırlanmasına gerek kalmadan örneğin iç ve dış yüzey özelliklerinin belirlenmesine olanak tanımaktadır. Bu nedenlerle SEM son yıllarda mikro yapısal analizlerde sıklıkla kullanılan cihazlardan biri olmuştur [Aguilera and Bouchon, 2008].

Sığır eti örneklerinin 50, 60, 70, 80, 90, 100 ve 121 °C sıcaklıklarında otoklavlandığı bir çalışmada, örneklerin mikro yapısı SEM kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada çiğ ve verilen 7 farklı sıcaklıkta otoklavda pişirilmiş örneklerin SEM görüntülerine (x500) yer verilmiştir. 50 °C’de pişirilmiş olan örneklerdeki lifler arasındaki boşlukların daha belirgin olarak gözlemlendiği belirtilmiştir. Yüksek sıcaklıklarda pişirme ile birlikte etin yapısı daha kompakt bir hal almaktadır [Palka and Daun, 1999].

Başka bir çalışmada sığır eti örnekleri 70 °C’de 45 dakika atmosferik basınçta, vakum pişirme (cook-vide) ve poşette pişirme (sous-vide) yöntemleri kullanılarak pişirilmiş ve örneklerin mikro yapısı Cryo-SEM ile incelenmiştir. Çiğ ürünün ve pişmiş ürünlerin mikrograflarına (x1000) göre, çiğ üründe lifler arasındaki boşluk, endomizyal tüpler ve dendrit yapı oldukça açık görülmektedir. Pişmiş ürünler incelendiğinde ise protein denatürasyonundan kaynaklı su kaybı, hücre membranının zarar görmesi, liflerin enine ve boyuna büzülmesi, sarkoplazmik proteinlerin jel birleşmesi ve jel oluşturma bağ dokunun büzülmesi gibi değişimler görülmektedir. Çalışmada pişme sonucunda etteki sertliğin artması; perimizyum bağ dokusunun sertliği ve endomizyum dokularda meydana gelen kısalma sonucu kasın su kaybetmesiyle açıklanmıştır [Garcia-Segovia et al., 2007].

Domuz eti örneklerine tuzlama (%1,5 ve %3) ve yüksek basınç (500 MPa) uygulamalarının mikro yapıya etkisinin araştırıldığı bir çalışmada yüksek basınç uygulanmış örneklerde liflerin birbirine yaklaştığı görülmüştür. Tuzlanmış örneklerde ise liflerin zarar görmemiş olduğu ancak daha az görünür olduğu belirtilmiştir. Tuzlama sonrasında yüksek basınç uygulanan örneklerde ise tuzun etkisi açıkça fark edilir olmuştur. Lifler bağ boşlukları kapanarak bir araya

gelmişlerdir ve tuzlama işlemi yapılmadan basınç uygulaması yapılan örnekler göre daha homojen bir yapı açığa çıktığı görülmüştür [Duranton et al., 2012].

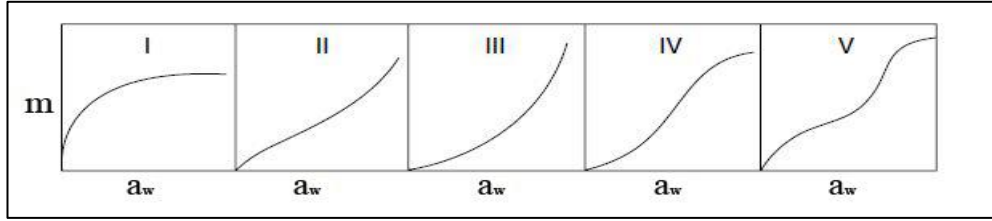
Palka tarafından sığır kas dokusu ile yapılan bir çalışmada örnekler 4 °C'de 5 ve 12 gün olgunlaştırılarak SEM ile mikro yapılarında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Çalışmada 5 gün bekletilmiş örneklerde emdomizyum ve perimizyum bağ dokusunun net bir şekilde görülebildiği, 12 gün sonunda incelenen örneklerde ise emdomizyumda hasar olduğu ve perimizyumda şişmeler meydana geldiği görülmüştür [Palka, 2003].

4.4. Sorpsiyon İzotermi

Gıdaların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kararlılıkları ile su içerikleri arasında son derece önemli bir ilişki bulunmaktadır. Gıdaların su tutma kapasiteleri karakteristik bir özellik olup gıdanın yapısına, kapileri özelliklerine, yüzey etkileşimlere bağlıdır. Sabit sıcaklıkta ortam neminin değişmesi veya sabit nemde ortam sıcaklığının değişmesiyle gıdanın su tutma kapasitesi değişebilmektedir. Sorpsiyon izotermi gıda ile su arasındaki ilişkiyi bu etkileri göz önüne alarak açıklamaya yardımcı olmaktadır [Erbaş vd., 2008].

Sorpsiyon izotermi, bir örneğin belirli bir sıcaklıkta su aktivitesine (a_w) göre nem içeriğinin (m) değişimini göstermektedir. Genellikle grafik formunda veya denklem şeklinde verilmektedir. İzoterm, sabit sıcaklıktaki ancak farklı bağıl nemdeki kapalı ortamlarda gıda ile ortam arasında nem dengesi oluşana kadar gıdada meydana gelen ağırlık değişimleri ölçülerek oluşturulmaktadır. Sorpsiyon izotermi nemli gıdalar için yüksek su aktivitesi değerlerinden başlayarak desorpsiyon, kuru gıdalar için ise düşük su aktivitesi değerlerinden başlayarak adsorpsiyon izotermi olarak iki farklı şekilde olmaktadır. Adsorpsiyon izotermi ile kuru ürünlerde (gevrek, süt tozu vb.) topaklanma, kekleşme ve plastikleşme gibi problemlerin hangi sıcaklıkta, su aktivitesinde ve nemde gerçekleştiği tahmin edilebilmekte ve bu değerlere göre gıdanın üretildiği, pakletildiği ve müşteriye ulaştığı ortamların sıcaklık ve nem değerleri ayarlanabilmektedir. Bunun yanında sorpsiyon izotermi, pakitleme malzemesi seçiminde, raf ömrü belirlemede ve kuru maddelerden oluşan karışımlarda nem transferinin belirlenmesinde yarar sağlamaktadır [Erbaş vd., 2008].

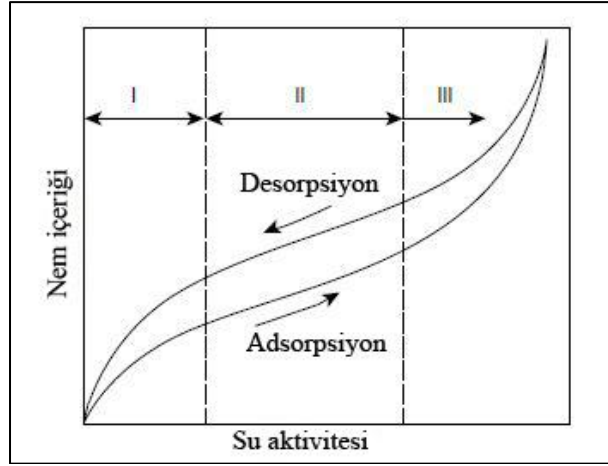
Brunauer ve ekibi adsorpsiyon izotermelerini Şekil 4.3'deki gibi 5 farklı gruba ayırmıştır [Brunauer, 1940].



Şekil 4.3: Adsorpsiyon izotermi türleri.

Tip-1 izotermi, bilinen Langmuir izotermi ile aynıdır. Bu izoterm tipi şişmeyen gözenekli katılara (kekleşmeyi önleyen slika gibi) uygundur. Tip-3 izotermi, suda çözünür şeker veya tuz gibi kristal bileşikler içeren gıdalarda görülen konkav şeklindeki izotermidir. Diğer gıdaların çoğunda Tip-2 sigmoid şekilli izoterm görülmektedir [Rahman and Labuza, 2007].

Her gıda için sorpsiyon izotermi kendine has bir özelliktir. Ancak genelde elde edilen karakteristik izoterm Şekil 4.4'de verilmiştir. Şekilde görülen I bölgesinde su kapiler içerisinde monomoleküler veya tek katmanlı (bağlı su) olarak bulunmaktadır [Pala ve Saygı, 1983], [Rahman and Labuza,2007]. Her gıdada bulunan monomoleküler su miktarı farklılık göstermektedir. Bu su oldukça stabildir ve BET (Brunauer, Emmet ve Teller) ve GAB (Guggenheim-Anderson-de-Boer) gibi geliştirilmiş bazı eşitlikler ile hesaplanabilmektedir [Erbaş vd., 2008]. II bölgesi (multimoleküler adsorpsiyon) monomoleküler su filmi üzerine sıralı su moleküllerinin bağlandığı yeri göstermektedir. Su bu bölgede daha gevşek tutunmaktadır. III numaralı bölge ise serbest suyu ifade etmekte; burada su çok zayıf bir şekilde gıdaya tutunmaktadır. Şekil 4.4'de görüldüğü gibi adsorpsiyon ve desorpsiyon eğrileri üzerinde denge nem içeriği değerlerinde farklılıklar gözlenmektedir. Bu fark histerezis olarak adlandırılır. Gıdanın içeriğine, sıcaklığa bağlı olarak farklı histerezisler oluşabilmektedir [Pala ve Saygı, 1983], [Rahman and Labuza, 2007].



Şekil 4.4: Gıdalar için tipik bir sorpsiyon izotermi.

Gıdalarda sorpsiyon izotermi manometrik ve gravimetrik yöntem olmak üzere iki farklı şekilde saptanabilmektedir. Manometrik yöntem; gıda maddesinin üzerindeki buhar basıncının, azot ve oksijen gibi kondanse olmayan gazların ortamdan uzaklaştırılıp, manometre yardımıyla ölçülmesi esasına dayanır. Bu yöntem oldukça zor bir yöntemdir. Bu nedenle elektrikli higrometreler ile ortamdaki su buharının kısmi basıncının ölçülmesi uygulamada tercih edilmektedir. Higrometre ile gıda maddesi az bir tepe boşluğuna sahip bir kaba yerleştirilir ve örnek ile tepe boşluğundaki bağıl nem arasında denge oluşmasından sonra tepe boşluğundaki kısmi basınç ölçülmektedir. Gravimetrik yöntemde ise gıda maddesinden alınan örnek bağıl nemi sabit bir ortama konur. Ortam ile örnek arasında nem dengesi oluştuktan sonra örnekteki su miktarının saptanmasıyla sorpsiyon izotermi oluşturulur. Gıda maddesinin konulacağı ortamın sabit bağıl nemde tutulabilmesi için doygun tuz çözeltilerinden faydalanılmaktadır [Pala ve Saygı, 1983], [Işıksal, 2006]. Tablo 4.1’de değişik tuzlar ile oluşturulan çözeltilerin bağıl nem değerleri verilmiştir [Rahman and Sablani, 2008].

Tablo 4.1: Farklı sıcaklıklarda tuz doymun tuz çözeltilerinin bağıl nemleri.

Tuz	Yüzde Bağıl Nem					
	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C	25 °C	30 °C
Lityum klorür	16	14	13	12	11	11
Potasyum asetat	25	24	24	23	23	23
Magnezyum bromür	32	31	31	31	31	30
Magnezyum klorür	33	33	33	33	33	32
Potasyum karbonat	-	47	45	44	43	42
Magnezyum nitrat	54	53	53	52	52	52
Sodyum bromür	69	59	53	57	57	57
Lityum asetat	72	72	71	79	68	66
Sodyum klorür	76	75	75	75	75	75
Potasyum klorür	88	87	87	86	86	84
Baryum klorür	93	93	92	91	90	89
Potasyum nitrat	96	95	95	94	93	92
Potasyum sülfat	98	97	97	97	97	97

Et ürünlerinde kurutma, ısıtma, pişirme, soğutma ve dondurma gibi termal işlemlerde su aktivitesi suyun transferini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Aynı zamanda etin su aktivitesi mikrobiyolojik bozulmayı engellemek ve raf ömrünü korumak için de oldukça önemlidir [Trujillo et al., 2003].

Tuzlanmış ve kurutulmuş et ürünlerinde su aktivitesi değerlerinin taze ete göre daha düşük olduğu bilinmektedir. Pastırma ile yapılan bir çalışmada kurutulmuş pastırma dilimleri için 3 farklı sıcaklık (15, 25, 30 °C) ve farklı su aktivitesindeki doymun tuz çözeltileri (a_w : 0,2-0,9) kullanılarak adsorpsiyon izotermi çizilmiş; bu izotermi bazı model izoterm denklemlerine uygunlukları incelenmiştir. Çalışmada izotermi II. Tip sigmoidal sorpsiyon izotermi şeklinde elde edildiği bildirilmiştir. Ayrıca çizilen izotermi göre 0,75 a_w değerinde denge nem içeriklerinde hızlı bir artış görülmektedir. Bu durum çalışmada şöyle açıklanmıştır: Pastırma örnekleri NaCl ve diğer tuzlardan içermektedir. Doymuş bir NaCl çözeltisinin a_w değeri 0,75'tir. Bu nedenle bu değeri altında tuz küçük miktarlarda su tutar ve bu değeri üstünde ise denge nemde hızlı bir artış gözlenir. NaCl çözeltisi 0,75 a_w değerinin altında kristalleşir. Bu nedenle kristalleşen NaCl çok az su tutar veya tutamaz.

Burada su tutmayı çözünmeyen bileşikler yani proteinler yapar. 0,75 a_w değerinin üzerinde ise adsorpsiyon tuz ve proteinlerin etkisinden dolayı olmaktadır. Ayrıca çalışmada tuz varlığında etin yapısındaki sarkomerlerin parçalandığı ve serbest kalan proteinlerin daha fazla miktarlarda su tutabildiği bilgisi verilmiştir [Aktaş and Gürses, 2005].

Başka bir çalışmada çiğ sığır etleri farklı hızlarda (yüksek, orta ve yavaş hızlarda dondurma sırasıyla şu şekilde uygulanmıştır: 1 mm kalınlığındaki 1 cm² etler -150 °C'de isopentan ile, bir kenarı 1 cm³ ürünler -30 °C'de hava ile ve 2,5 cm kalınlığında 10 cm² olan ürünler -10 °C hava ile) dondurulup kurutulmuş ve adsorpsiyon izotermi belirlenmiştir. Bu araştırmanın sonucunda; dondurma hızı arttıkça izotermi daha yukarıya çıktığı, %5 ve %10 bağıl nem arasındaki su adsorpsiyon farkının en büyük olduğu bilgilerine ulaşılmıştır [Mackenzie and Luyet, 1967].

Dondurarak kurutulmuş sığır etinin denge nem karakteristiklerinin incelendiği bir çalışmada; çiğ olarak ve ön ısıtmadan sonra dondurarak kurutulmuş örneklerin her ikisinde de sorpsiyon izotermi sigmoid şeklinde olduğu belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca sığır etinin üç ana bileşeni olan aktomyozin, bağ doku ve sarkoplazmik kısımların ayrı ayrı adsorpsiyon izotermi çizilmiştir. Sonuç olarak; düşük a_w değerlerinde tüm bileşenlerin nem adsorpsiyonunun az olduğu görülmüştür. 0,6 a_w değerinden sonra aktomyozinin; 0,4 ve 0,8 a_w arasında ise sarkoplazmanın nem adsorpsiyonunda önemli bir artış gözlenmiştir. Bağ dokuda ise en tipik sigmoid izoterm oluşmuştur [Palnitkar and Heldman, 1971].

5. MATERİYAL VE METOT

5.1. Hindi Etinin Özelliklerinin Belirlenmesi

5.1.1. Nem Tayini

Yağsız et örnekleri parçalara ayrılarak darası alınmış petri kabına 1,5-2 g tartılmış ve 105 °C’de sabit tartıma gelene kadar etüvde kurutulmuştur. Desikatörde soğutulan petriler tartılmıştır [Wiklund et al., 2010]. %Nem şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\%Nem = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (5.1)$$

- m_1 : Kabin darası (g)
- m_2 : Örneğin ilk ağırlığı + dara (g)
- m_3 : Örneğin son ağırlığı + dara (g)

5.1.2. Kül Tayini

Darası alınmış porselen krozelere bir miktar parçalanmış yağsız et tartılmış ve kül fırınında 550 ± 1 °C’de gri renkli kül oluşana kadar yakılmıştır. %Kül şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\%Kül = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \times 100 \quad (5.2)$$

- m_1 : Krozenin darası (g)
- m_2 : Örneğin ilk ağırlığı + dara (g)
- m_3 : Örneğin son ağırlığı + dara (g)

5.1.3. Protein Tayini

Kjeldahl yöntemine göre hindi eti örneklerinde % azot miktarı belirlenmiş ve 6,25 faktörü ile çarpılarak % protein miktarına geçiş yapılmıştır [Cemeroğlu, 2007].

5.2. Örnek Hazırlama

Bu çalışmada marketlerden temin edilen Bolca (Bolu, Türkiye) marka hindi göğüs etleri kullanılmıştır. Temin edilen göğüs etleri analizlerden önce 4 °C’de depolanmıştır.

Dondurarak kurutucuda kurutulacak etlerin çok kalın olması işlemin uzun sürmesine neden olmaktadır. Ürünlerin dağılmadan kesilebilmesi ve kurutma süresinin kısaltılması için optimum kalınlık 1 cm olarak belirlenmiştir. Bu nedenle kontrol ve sadece tuzlanmış örnekler 1 cm, tuzlanmış ve baskılanmış örnekler ise baskıdan sonra kalınlıkları azaldığı için 2 cm kalınlığında kesilmiştir.

5.2.1. Örneklerin Tuzlanması ve Baskılanması

Örnekler az tuzlu ve çok tuzlu (kuru maddede %4-5 ve %7-8) oranlarda tuzlanmıştır. Öncelikle bu oranlarda tuzlamanın sağlanabilmesi için 2 cm ve 1 cm kalınlığındaki örneklerin ne kadar süre tuzlanması gerektiği araştırılmıştır. Örnekler, tepsiye yayılmış 1 cm kalınlığında salamura tuza (Billur tuz, İzmir, Türkiye) yatırılmış ve örneklerin üzerleri aynı şekilde 1 cm tuz ile kaplanarak tuzlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Kalın ve ince örnekler için gereken tuzlama süresi belirlendikten sonra tüm örnekler bu sürelerle göre tuzlanmış ve örneklerin nem ve tuz analizleri yapılarak kuru maddede tuz yüzdesi değerleri istenilen aralıkta olan örnekler ile işleme devam edilmiştir. Tuz tayinleri Mohr yöntemine göre yapılmıştır [Cemeroğlu, 2007].

Baskılama ile 2 cm kalınlığında kesilen hindi göğüs etlerinin 1 cm kalınlığa inceltilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla bir baskılama düzeneği oluşturulmuş ve çeşitli ağırlık ve süre denemeleri yapılmıştır. İstenilen kalınlığa yaklaşık 80 gr ağırlığında ortalama 6x9 cm boyutlarında kesilen etlerin 10 kg ağırlık ile 16 saat boyunca baskıda bırakılması ile ulaşılmıştır. Baskılanan tüm örnekler tuzlama sonrasında ve

baskılama sonrasında nem ve tuz analizleri yapılarak; baskı sonrasında üründe kalan tuz miktarının istenilen seviyelerde olup olmadığı araştırılmıştır.

Bu çalışma için hazırlanan örnekler ve örneklere verilen kısaltmalar Tablo 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1: Örnekler ve kullanılan kısaltmalar.

Örnek	Kısaltma
Kontrol	K
Az Tuzlu	T1
Çok Tuzlu	T2
Az Tuzlu ve Baskılanmış	T+B1
Çok Tuzlu ve Baskılanmış	T+B2

5.2.2. Örneklerin Dondurarak Kurutulması

Dondurarak kurutucu kullanılarak etlerin kodekte belirtildiği gibi %40-45 nem oranına ve daha düşük olan %30-35 nem oranına kurutulması için geçen zamanın ölçülmesi amacıyla bir ön çalışma gerçekleştirilmiştir.

Hazırlanan örnekler pilot ölçekli tepsili tip dondurarak kurutucuda (VirTis Ultra 25 Super XL, New York, ABD) tepsilere yerleştirilerek kurutulmuştur. Kullanılan dondurarak kurutucu Şekil 5.1’de verilmiştir. Wizard Kontrol Sistemi kullanılarak işlemler manuel olarak gerçekleştirilmiştir. Dondurma -40 °C’de, kurutma ise 10 Pa basınç altında +20 °C’de yapılmıştır.



Şekil 5.1: Çalışmada kullanılan dondurarak kurutucu (VirTis Ultra 25 Super XL, ABD).

Tuzlama ve baskılama ön işleminden geçen az tuzlu ve çok tuzlu olarak farklı miktarlarda tuz içeren örnekler, %40-45 ve %30-35 nem değerlerine ayrı ayrı kurutulmuştur. İki farklı tuz oranında tuzlama işleminden geçirilen 1 cm kalınlığındaki örnekler ise %40-45 neme ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Böylece tuzlanmış ve baskılanmış numuneler ile pastırma benzeri hazırlanan üründe tuz içeriği azaltılıp kurutma oranı artırılarak elde edilen daha sağlıklı ürünün incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla hazırlanan her örnekten 2 tekrar ve yapılan her tekrar 2 paralel ile çalışılmıştır. Dondurarak kurutucuda kurutulan örnekler Tablo 5.2’de görüldüğü gibi sınıflandırılmıştır.

Tablo 5.2: Dondurarak kurutucuda kurutulan örnekler ve kurutulduğu nem değerleri.

Örnek	Kurutulduğu Nem İçeriği (%)
T+B1	40-45
T+B1	30-35
T+B2	40-45
T+B2	30-35
T1, T2 ve K	40-45

5.2.3. Örneklerin Etüvde Kurutulması

Bazı örnekler etüvde kurutularak dondurarak kurutma ile kurutulanlar ile kalite kriterlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Etüvde kurutma 25 °C’de ve % 60 fan hızında (Binder Ltd.,Tuttlingen, Almanya) gerçekleştirilmiştir. Etüvde kontrol ve tuzlanmış baskılanmış ürünler %40-45 nem içeriklerine kadar kurutulmuştur.

5.3. Uygulanan Analiz Yöntemleri

5.3.1. Tekstür Profil Analizi (TPA)

Bu analiz için Tekstür analiz cihazı (Texture Analyzer Model TA Plus, Lloyd Instruments Ltd., Hampshire, İngiltere) ve Nexygen™ (NexyGen Plus, Lloyd Instruments Ltd, Hampshire, İngiltere) yazılımı kullanılmıştır. Örnekler keskin ve 14,5 cm çapında silindirik bir kesme aparatı kullanılarak kesilmiştir. Ölçümde 2,5 cm çapında silindirik uç, 1 kN yük hücresi, 50 gram kuvvet tetik kuvveti, 0,5 mm/s başlık hızı ve %30 sıkıştırma oranı kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen sertlik, sıkılık, elastikiyet, sakızimsılık, çiğnenebilirlik değerleri incelenmiştir.

5.3.2. Renk Tayini

Örnekler kurutulduktan sonra yüzey renk değerleri (L*,a*,b*) reflektans kolorimetre (Konica Minolta CM-5,Osaka, Japonya) cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

Bu cihaz ile CIE standartlarında ölçüm yapılmaktadır. Renk ölçümü örneklerin farklı yerlerinden alınan ölçümlerin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

5.3.3. Mikro yapı Analizi

Mikro yapı incelemesi için tüm örnekler dondurarak kurutucuda tamamen kurutulmuştur. Mikro yapı analizinde SEM (XL-30 SFEG, Philips, Eindhoven, Hollanda) kullanılmıştır. Numuneler SEM incelemesinden önce sıçratma cihazı (Sputter Coater SC7620, Quorum Technologies Ltd., Lewes, İngiltere) kullanılarak 10 mA akım ve 10 Pa basınç altında altın ile kaplanmıştır. SEM analizi ile tuzlama ve baskılama ön işlemlerinin mikro yapıya olan etkileri araştırılmıştır.

5.3.4. Sorpsiyon Analizi

Sabit su aktivitesine sahip tuz çözeltileri 1 litrelik cam kavanozlara Tablo 5.3'de verildiği gibi hazırlanmıştır. Tuz çözeltileri distile su ile yavaş yavaş karıştırılarak hazırlanmış ve bir hafta süresince her gün karıştırılarak dengeye gelmeleri için beklenmiştir. Örneklerin konulması için kavanoz içerisine bir ayak düzeneği oluşturulmuştur. Her tuz çözeltisinden 3 paralel şekilde hazırlanan sorpsiyon kapları çalışma sıcaklığına ayarlanmış inkübatöre alınmıştır. Kavanoz içerisinde özellikle yüksek su aktivitesi değerine sahip tuz çözeltilerinde küf gelişmesinin önlenmesi için bir tüp içerisinde toluen ortama eklenmiştir [Rahman and Sablani, 2008].

Tablo 5.3: Kullanılan tuz çözeltilerinin hazırlanmasında kullanılan tuz ve su miktarları.

Tuz	% Bağıl Nem	Tuz Miktarı (g)	Su Miktarı (ml)
LiCl	11,15	150	85
MgCl ₂	32,73	200	25
Mg(NO ₃) ₂	52,86	200	30
NaCl	75,32	200	60
BaCl ₂	90,26	250	70

Oluşturulan tuz çözeltilerinin denge su aktivitesi değerleri Tablo 5.4’de verilmiştir [Rahman and Sablani, 2008], [Greenspan, 1976], [Bell and Labuza, 1984]. Dondurarak kurutucuda tamamen kurutulmuş örneklerden aynı boyutlarda yaklaşık 1 g, darası alınmış cam petri kaplarına tartılmıştır. Bu petri kapları sorpsiyon ortamına yerleştirilerek contalı kavanozlar kapatılmış ve çalışma sıcaklığına ayarlanmış inkübatöre yerleştirilmiştir. Çalışmalar 15 °C’de soğutmalı inkübatörde (STIK, Şanghay, Çin) gerçekleştirilmiştir. Örnekler belirli aralıklarla tartılmış ve birbirini takip eden tartımlar arasında 1 mg’dan az fark oluşana kadar devam edilmiştir.

Tablo 5.4: Doygun tuz çözeltileri ve su aktiviteleri.

Tuz	a_w (15 °C)
LiCl	0,113
MgCl ₂	0,333
Mg(NO ₃) ₂	0,559
NaCl	0,756
BaCl ₂	0,920

Çalışmada az ve çok tuzlanmış baskılanmış örnekler dondurarak kurutucuda tamamen kurutularak sorpsiyon kaplarına alınmış ve denge nemine ulaşınca adsorpsiyon izotermeleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler üç örneğin ortalaması şeklindedir. Dengeye ulaşan örneklerin nem miktarları Eşitlik 5.3 ile hesaplanmıştır [Bell and Labuza, 1984].

$$M = \frac{(m_f - m_i) + (m_i) \times \frac{(\%H_2O)}{100}}{m_i \times \frac{100 - (\%H_2O)}{100}} = \frac{g \text{ su}}{g \text{ kuru madde}} \quad (5.3)$$

- M: Denge nem içeriği
- m_i Başlangıç ağırlık
- m_f: Son ağırlık
- %H₂O: Yaş ağırlık üzerinden başlangıç nem miktarı

5.4. İstatistiksel Analiz

Farklı miktarda tuzlama, kurutma, baskılama ve dondurarak kurutma ile etüvde kurutma proseslerinin hindi göğüs etlerinin yapısal özelliklerine etkisi tek yönlü ANOVA varyans analizi ile belirlenmiştir. İstatistiksel analizler için SPSS (Windows Evaluation Version Release 15.0, SPSS Inc., Chicago, Illinois, A.B.D.) programı kullanılmıştır.

6. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

6.1. Hindi Etinin Özelliklerinin Belirlenmesi

Deneylerde kullanılacak herhangi bir işlem görmemiş hindi göğüs etlerine Tablo 6.1’de gösterilen analizler yapılmış ve belirtilen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 6.1: Hindi etinin özellikleri.

Analiz	%
Protein	19,809±2,816
Kül	7,138±1,165
Nem	74,838±0,444

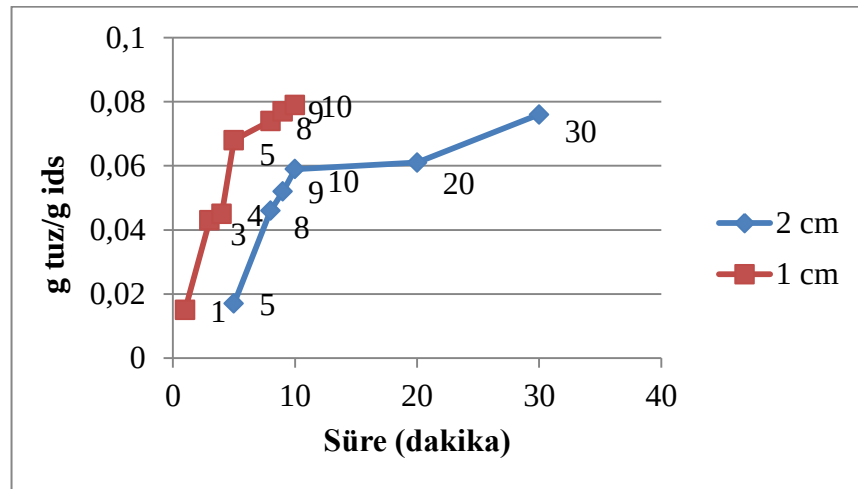
6.2. Tuzlama Zamanının Tuz Absorbsiyonuna Etkisi

Farklı sürelerde tuzlama yapılarak 2 cm ve 1 cm kalınlığındaki hindi göğüs etlerinin hangi sürelerde istenen oranlarda (kuru maddede %4-5 ve %7-8 diğer bir hesap sonucunda ise 0,045 g tuz/g ids ve 0,076 g tuz/g ids) tuz içeriğine ulaştığı araştırılmıştır. Bu amaçla ince örnekler tuzlandıktan sonra, kalın örnekler ise tuzlandıktan ve baskılandıktan sonra tuz analizi yapılmıştır. Tuz miktarları kuru maddede kütlece % tuz ve başlangıç kuru katı maddede (“initial dry solid”-ids) g tuz olarak hesaplanmıştır. Yapılan analizlerin ve hesaplamaların sonuçları Tablo 6.2’de gösterilmiştir. Bu işlemler sonucunda 2 cm kalınlığındaki etlerin 8 dakika tuzlanması 0,046 g tuz/g ids oranında ve 30 dakika tuzlanması 0,076 g tuz/ g ids oranında tuz geçişini sağlamakta olduğu görülmüştür. 1 cm kalınlığındaki etlerin ise aynı orandaki tuz seviyelerine 4 dakika ve 9 dakikada ulaştığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 6.2: Farklı sürelerde tuzlanan etlerin tuz miktarları.

	Süre (dk)	%tuz (km)	g tuz/g ids
2 cm kalınlığındaki etler	5	2,011	0,017
	8	5,111	0,046
	9	5,645	0,052
	10	6,305	0,059
	20	6,623	0,061
	30	8,041	0,076
1 cm kalınlığındaki etler	1	1,555	0,015
	3	4,166	0,043
	4	4,423	0,045
	5	6,562	0,068
	8	6,977	0,074
	9	7,039	0,077
	10	7,289	0,079

Şekil 6.1’de farklı sürelerde tuzlanan hindi eti örneklerinin tuz içerikleri g tuz/g ids cinsinden 2 cm ve 1 cm kalınlığında olan etler için ayrı ayrı gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi 1 cm kalınlığındaki etler için 4 ve 9 dakika tuzlama ile 2 cm kalınlığında hazırlanmış ve tuzlanıp baskılanmış etler için 8 ve 30 dakika tuzlama istenen düzeylerde olmaktadır.



Şekil 6.1: Farklı sürelerde tuzlanan farklı kalınlıktaki etlerin tuz içeriği.

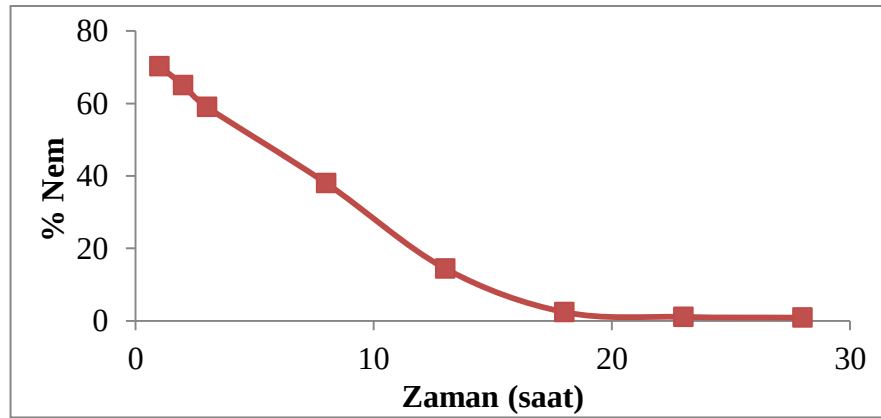
6.3. Kurutma Zamanının Ürün Nemine Etkisi

İşlem uygulanmamış hindi eti dondurarak kurutucuda tepsiye yerleştirilip kurutularak zamanla ürünün ulaştığı ağırlıkça nem yüzdesi incelenmiştir. Bu çalışma için %40-45 ve %30-35 nem içeriğine kurutmak için ne kadar süre ürünlerin dondurarak kurutucuda kalması gerektiği araştırılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 6.3’de verilmiştir. Görüldüğü gibi 28 saat dondurarak kurutma sonucunda %0,902 nem seviyesine ulaşılmıştır.

Tablo 6.3: Hindi etinin dondurarak kurutucuda kurutulması.

Toplam Kuruma Süresi (saat)	Ürünün Nemi (%)
1	69,281
2	65,036
3	59,002
8	38,011
13	14,443
18	2,425
23	1,087
28	0,902

Dondurarak kurutma ile ürünün ulaştığı neme karşılık zaman grafiği Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.2: Dondurarak kurutma ile zamana bağlı ürünün kurutulması.

6.4. Numunelerin Nem ve Tuz Analizleri

Kurutma amacıyla et ürünleri öncelikle oda sıcaklığında salamura tuz ile tuzlanmıştır. Hazırlanan et ürünlerinin tamamına nem analizi yapılmıştır. 2 cm kalınlığındaki etlerin tuzlama sonrasında ve baskılama sonrasında; 1 cm kalınlığındaki etlerin ise tuzlama sonrasında nem içerikleri belirlenmiştir. Elde edilen verilerin ortalaması Tablo 6.4’de gösterilmektedir. Görüldüğü gibi 2 cm ve 1 cm kalınlığındaki etlerde tuz oranı arttıkça nem içeriği ($P<0,05$) azalmıştır. Kalın etlerin baskılanması sonucunda ise nem yüzdesinde belli bir azalma ($P<0,05$) görülmektedir.

Tablo 6.4: Hazırlanan örneklerin tuzlama ve baskılama sonrasındaki nem analizi sonuçları.

	% NEM	
	Tuzlama Sonrası	Baskılama Sonrası
T+B1	72,087±0,980	71,062±1,099
T+B2	70,656±1,107	69,231±1,504
T1	73,356±0,326	-
T2	72,547±0,504	-

Çalışmada tüm örnekler öncelikle tuzlanmış ve tuzun istenilen seviyelerde ürüne geçip geçmediğini belirlemek amacıyla tuz analizi yapılmıştır. Tablo 6.5’de dondurarak kurutma ve etüvde kurutma için hazırlanan numuneler ve bu numunelerin tuz içerikleri ortalama değer olarak verilmiştir. Tuz içerikleri kuru maddede %tuz ve g tuz/ids olarak hesaplanmıştır. Tablo 6.5’de ortalama tuz içeriği değerleri görünen az tuzlanmış ve çok tuzlanmış örnekler kuru maddede %4,559-5,740 ve %7,019-8,175 aralığında tuzlanmıştır. Örnekler tuzlandıktan ve bazıları baskılandıktan sonra dondurarak kurutucuda (baskılanmış olan örnekler %40-45 ve %30-35 nem değerlerine; tuzlanmış olanlar %40-45 nem değerlerine kadar) ve etüvde (%40-45 nem değerlerine kadar) kurutulmuştur.

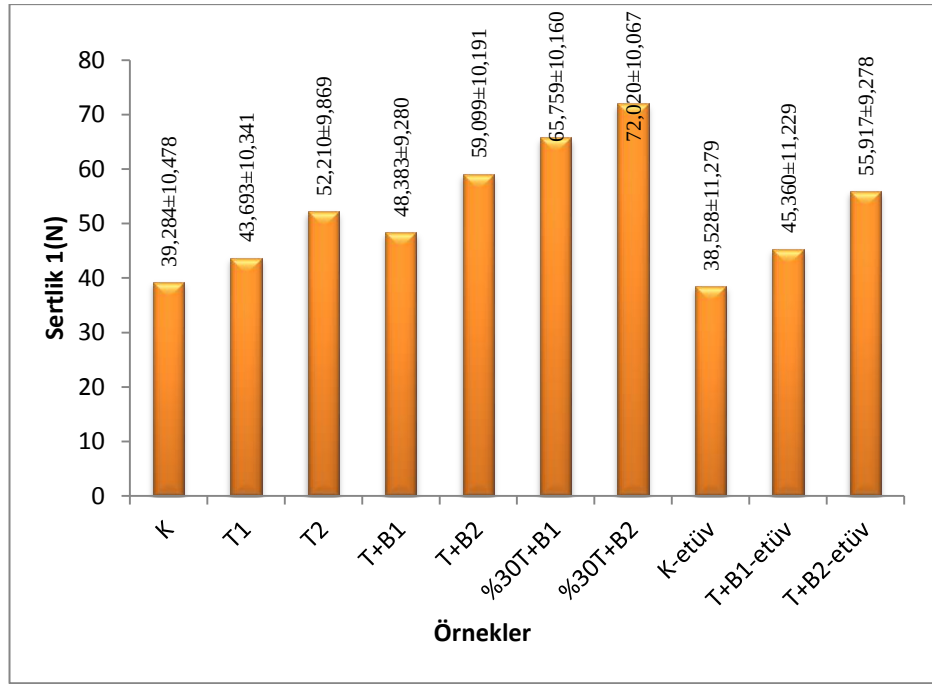
Tablo 6.5: Hazırlanan örneklerin tuzlama işlemi sonucundaki tuz içeriği değerleri.

		% Tuz (kuru maddede)	g tuz/g ids
Dondurarak Kurutma	T+B1	5,213±0,338	0,053±0,004
	T+B2	7,415±0,314	0,080±0,006
	T1	4,676±0,088	0,049±0,001
	T2	7,397±0,386	0,080±0,004
Etüvde Kurutma	T+B1	5,318±0,258	0,054±0,001
	T+B2	7,719±0,645	0,079±0,008

6.5. Kurutulmuş Ürünlerin Sertliği

Dondurarak kurutulmuş farklı çeşit örneklerin tamamına TPA analizi uygulanmıştır. Her bir örnek çeşidi için 4 farklı et dilimi hazırlanmış ve kurutma sonucunda et dilimlerinden 9-10 adet 14,5 cm çapında silindirik örnekler çıkarılmıştır. Bu örneklerle TPA analizi uygulanmıştır.

Baskılamanın yapılmadığı numunelerin sertlik değerleri incelendiğinde K ile T2 örnekleri arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($P<0,05$). K ile T1 ve T1 ile T2 örnekleri arasında ise anlamlı bir farka ($P>0,05$) rastlanmamıştır. Bu durum bize az tuzlu ürünler (kuru maddede %4-5) ile tuzsuz kontrol ürünleri arasında ve az tuzlu ile çok tuzlu (kuru maddede %7-8) ürünler arasında sertlik açısından bir fark olmadığını; ancak çok tuzlu örneklerin tuzsuz kontrol örneklerinden daha sert olduğunu göstermektedir. Dondurarak kurutma işlemi ile meydana gelen sertliğin sebebi, komşu olan miyozin molekülleri arasında oluşan çapraz bağlanmalar olarak bilinmektedir [Kim et al., 1984]. Kuru kurlenmiş jambon ürünleri ile yapılan bir çalışmada benzer şekilde tuz içeriği arttıkça (kuru maddede %13,56-%15,24 aralığında değişmekte) sertlik değerlerinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır [Serra et al., 2005]. Aynı ürün çeşidinde yapılan diğer bir çalışmada da tuz içeriği ile sertlik arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur [Virgili et al., 1995].



Şekil 6.3: Hindi eti örneklerinde Sertlik parametresi ölçüm sonuçları.

Aynı oranda tuz içeriğine sahip baskılanmamış ve baskılanmış örnekler (T1 ile T+B1 ve T2 ile T+B2) baskılamanın sertliğe olan etkisini incelemek amacıyla karşılaştırılmıştır ve bu örneklerin sertlik değerleri arasında anlamlı bir fark ($P>0,05$) gözlenmemiştir. Bu sonuç ile baskılama işlemi sonucunda sertliğin artmadığı görülebilmektedir.

Baskılanmış çok tuzlu örneklerin (T+B2) bakılanmış az tuzlu (T+B1) örneklere göre daha sert olduğu ($P<0,05$) bulunmuştur. Bu bulgu ile de tuz miktarının sertliği önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Az tuzlu ve çok tuzlu baskılanmış ürünler (T+B1 ve T+B2) dondurarak kurutucu ile %40 ve %30 nem içeriğine kurutulmuştur; ürünlerin sertlik değerleri karşılaştırıldığında %30 nem içeriğindeki ürünlerin sertliklerinin daha fazla ($P<0,05$) olduğu görülmüştür. Bu durum daha fazla kurumuş örneklerin daha sert olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Serra ve ekibi tarafından yapılan bir çalışmada kuru kürlenmiş jambon ürünlerinin nem içeriği (%57-%26 aralığında) azaldıkça sertlik değerlerinde artma olduğu bildirilmiştir [Serra et al., 2005]. Diğer bir çalışmada yine kuru kürlenmiş jambon ürünleri kullanılmış ve %60 sıkıştırma oranı kullanılarak tekstür analizi yapılmıştır. Sonuç olarak çalışmada nem içeriğinin azalmasıyla sertliğin arttığı ($P<0,01$) gözlenmiştir [Virgili et al., 1995]. Nem içeriği ve sertlik arasındaki ilişkide benzer sonuca Ruiz-Ramirez ve ark. tarafından kuru kürlenmiş

fileto etlerde yapılan çalışmada da ulaşılmıştır. Daha fazla kurumuş ürünlerin sertlik değerinde meydana gelen artış kurutma ile üründe su kaybının artması, katı madde miktarının artması ile açıklanmıştır [Ruiz-Ramirez et al., 2005].

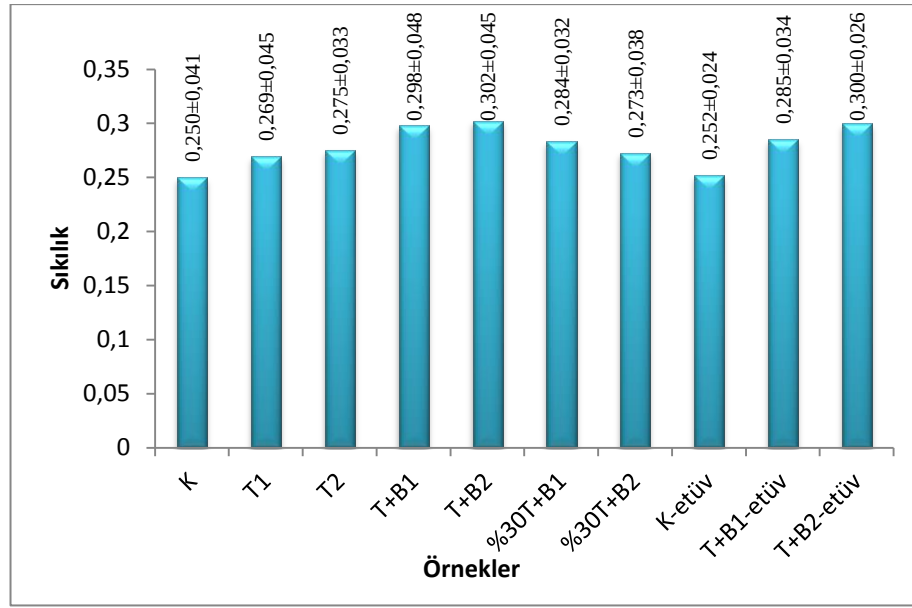
Ancak az miktarda tuzlanmış ve %30 neme kurutulmuş örnekler ile yüksek oranda tuzlanmış ve %40 neme kurutulmuş örneklerin sertlik parametreleri arasında bir fark görülmemiştir ($P>0,05$).

%40 nem değerine dondurarak kurutucuda ve etüvde kurutularak ulaşılmış ürünler (K ve K-etüv, T+B1 ve T+B1-etüv, T+B2 ve T+B2-etüv) karşılaştırıldığında ise sertlik değerlerinin anlamlı ölçüde farklı olmadığı ($P>0,05$) görülmüştür. Başka bir ifade ile geleneksel olarak hava ile kurutulan ürünler ile dondurarak kurutucu kullanılarak kurutulan ürünler arasında sertlik parametresi açısından bir farklılık bulunmamıştır. Bu durum dondurarak kurutmanın geleneksel metotlara entegre edilebileceği anlamına gelmektedir. Etüvde kurutulmuş olan farklı seviyelerde tuzlanmış örneklerin ise sertlik değerleri istatistiksel olarak birbirine yakındır ($P>0,05$). Tuz içeriği etüvde kurutulan örnekler üzerinde sertlik açısından etkili olmamıştır.

Sıcak hava ile yapılan kurutma işlemlerinde büzüşmenin üründe sertliğe neden olduğu literatürde açıklanmaktadır [Mayor and Sereno, 2004]. Bu çalışmada dondurarak ve hava ile yapılan kurutma işlemleri sonucunda sertlikte bir farklılık gözlenmemiştir. Bu durum kurutma ile artan sertliğin büzüşmeden dolayı olmadığını göstermektedir.

6.6. Kurutulmuş Ürünlerin Sıklığı

Etlerin yapısal özelliklerinden sıklık üzerine tuz içeriğinin, baskılamanın, kuruma yüzdesinin ve kurutma şeklinin etkisinin belirlenmesi amacıyla elde edilen TPA verileri Şekil 6.4’de çizilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Kontrol ve baskılanmayıp tuzlanmış örneklerde tuz içeriği arttıkça sıklık değerinde bir artış olmaktadır. Ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir ($P>0,05$).



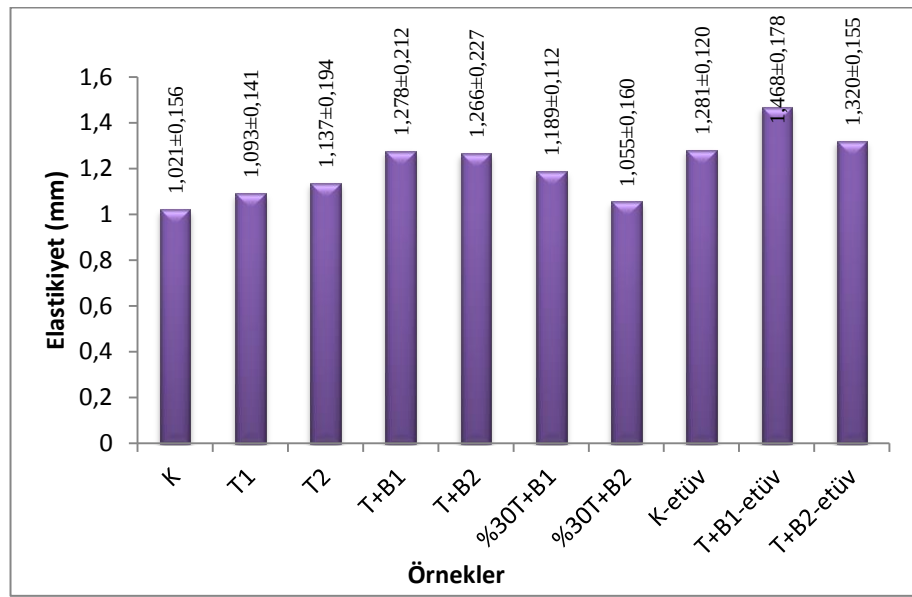
Şekil 6.4: Hindi eti örneklerinde Sıklık parametresi ölçüm sonuçları.

Baskılamanın sıklık parametresi üzerine etkisinin varlığı araştırıldığında az oranda tuzlanmış ve baskılanmış örnekler ile sadece az oranda tuzlanmış örneklerin sıklık değerleri arasında anlamlı bir fark ($P>0,05$) görülmemişken çok oranda tuzlu baskılanmış örneklerin sıklık değeri tuzlu olanlardan daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Baskılanmış az tuzlu ve çok tuzlu örneklerin sıklık değerleri arasında da anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$). %30 nem içeriğine inildiğinde sıklık değerinde bir azalma görülüyor olsa dahi bu azalma anlamlı değildir ($P>0,05$). Benzer şekilde kuru kürlenmiş jambon ürünlerinin incelendiği bir çalışmada nem içeriği ile sıklık değerleri arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır [Serra et al., 2005]. Kuru kürlenmiş fileto et ürünlerinde yapılan bir çalışmada nem içeriği ve su aktivitesi ile sıklık arasında pozitif bir korelasyon olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada daha kuru örnekleri gerekli ölçüde sıkıştırmak için daha fazla enerji gerektiği ve uygulanan bu fazla enerjinin proteinlerin arasındaki bağları kırmasıyla ürünün sıklık özelliğinde bir azalma olduğu belirtilmiştir [Ruiz-Ramirez et al., 2005]. Ayrıca etüvde ve dondurarak kurutucuda kurutulan örnekler sıklık değerleri açısından karşılaştırılmıştır. Farklı gruplar halinde yapılan bu karşılaştırma (K ve K-etüv, T+B1 ve T+B1-etüv, T+B2 ve T+B2-etüv) sonucunda da istatistiksel olarak bir farka rastlanılmamıştır ($P>0,05$). Bu sonuçlar bize örneklerin sıklık değerlerinin tuzlama, baskılama, %40 yerine %30 neme kurutma ve etüv yerine dondurarak

kurutma işlemlerinin yapılmasıyla anlamlı bir değişim göstermediği yorumunu yaptırabilmektedir.

6.7. Kurutulmuş Ürünlerin Elastikiyeti

TPA analizinde ürüne uygulanan ilk kuvvet kalktıktan sonra ürünün geri dönme düzeyi olarak tanımlanan elastikiyet parametresinin farklı durumlardaki değişimini gözlemleyebilmek amacıyla Şekil 6.5’de çizilmiştir.



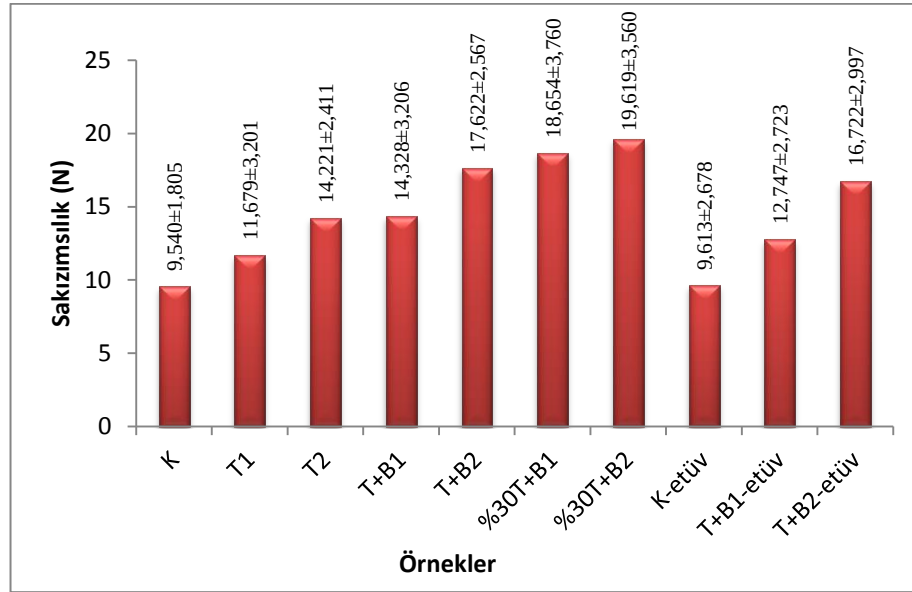
Şekil 6.5: Hindi eti örneklerinde Elastikiyet parametresi ölçüm sonuçları.

Etlerde elastikiyetin kas liflerindeki şişmeye bağlı olarak lif çapının artması ile ilgili olduğu belirtilmektedir [Ledward and Lawrie, 1975]. Şekilde kontrol, az tuzlu ve çok tuzlu örneklerde etin tuz içeriği arttıkça elastikiyet değerlerinin arttığı görülmektedir ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($P>0,05$). Baskılamanın elastikiyete olan etkisi incelenmiş ve görüldüğü gibi sadece tuzlu örneklere göre baskılanmış ve tuzlanmış örneklerin elastikiyet değerleri daha yüksek bulunmasına karşın bulunan bu fark anlamlı değildir ($P>0,05$). Az tuzlu ve çok tuzlu baskılanmış ürünlerde elastikiyet değerleri karşılaştırılmış ve sonuçlar arasında oluşan farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu ($P>0,05$) görülmüştür. %40 neme ve %30 neme kurutulmuş az oranda tuzlanmış ve baskılanmış et numunelerinin elastikiyet değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu ($P>0,05$) görülmektedir. Çok

tuzlularda ise kurutma arttıkça elastikiyet azalmıştır ($P<0,05$). Elastikiyet değerleri ile nem içeriği arasında Ruiz-Ramirez ve ekibinin belirttiği gibi düşük bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır [Ruiz-Ramirez et al., 2005]. Etüvde kurutulan örnekler ile dondurarak kurutucuda kurutulan örneklerin elastikiyet değerleri karşılaştırıldığında kontrol numunelerinde etüvde kurutulan örneklerin elastikiyet değeri daha yüksek iken ($P<0,05$) tuzlanmış ve baskılanmış numuneler arasında bir fark gözlenememiştir ($P>0,05$). Ayrıca farklı oranda tuz içeren baskılanmış ve etüvde kurutulmuş örneklerin elastikiyetleri arasında bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$).

6.8. Kurutulmuş Ürünlerin Sakızımsılığı

Gıdayı yutmaya hazırlamak için harcanan kuvvet ve sertlik ile sıklık parametrelerinin bir fonksiyonu olan sakızımsılık değerleri Şekil 6.6'da karşılaştırılmıştır.



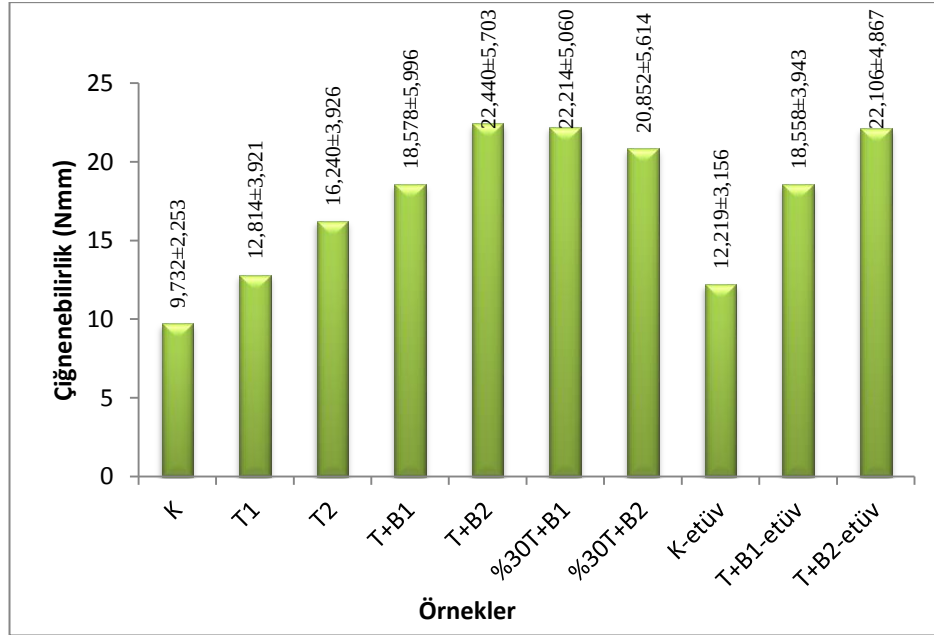
Şekil 6.6: Hindi eti örneklerinde Sakızımsılık parametresi ölçüm sonuçları.

Tuz içeriği arttıkça sakızımsılık değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu artış miktarlarından kontrol ile çok tuzlu arasındaki anlamlı bulunmuş iken ($P<0,05$) kontrol ile az tuzlu ve az tuzlu ile çok tuzlu arasındaki artış anlamlı değildir. Başka bir ifade ile çok tuzlu örnekleri kontrol örnekleri ile karşılaştırdığımızda bu etleri yutmaya hazırlamak için daha fazla kuvvet uygulamak gerekmekte iken; az tuzlu

örneklerde böyle bir fark bulunmamaktadır. Ayrıca çok tuzlu örneklerde baskılama işlemi ile sakızimsılık değerinin arttığı görülmüştür ($P<0,05$). Bu durum az tuzlu örneklerde görülmemiştir yani tuz içeriği fazla olan örneklerin baskılanması yutmayı zorlaştırmaktadır. Dondurarak kurutucuda %40 ve %30 nem içeriklerine kurutma ve etüvde kurutma ile dondurarak kurutma prosesleri karşılaştırıldığında bu uygulamaların sakızimsılık üzerinde önemli bir etkisi saptanamamıştır ($P>0,05$).

6.9. Kurutulmuş Ürünlerin Çiğnenebilirliği

Gıdayı yutmak için harcanan çiğneme enerjisi olarak tanımlanabilen çiğnenebilirlik değerleri farklı durumlar için Şekil 6.7’de karşılaştırılmıştır.



Şekil 6.7: Hindi eti örneklerinde Çiğnenebilirlik parametresi ölçüm sonuçları.

Şekilde çiğneme enerjisi ile tuz içeriğinin doğru orantılı olarak arttığı ve tuz miktarının artmasıyla çiğnemek için daha fazla enerji harcanması gerektiği görülmektedir. Ancak az tuzlu örnekler ile kontrol örnekleri arasındaki çiğnenebilirlik farkı istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0,05$); kontrol ile çok tuzlu örnekler arasındaki fark ise önemli olarak saptanmıştır ($P<0,05$). Bu durum sertlik bulgularına benzerlik göstermektedir; yani etlerin sertliklerinde olan artışa paralel olarak çiğneme sırasında harcanan enerji de artmaktadır. Baskılama,

dondurarak kurutucuda %40 ve %30 nem içeriklerine kurutma ve etüvde kurutma ile dondurarak kurutma proseslerinin çiğnenebilirlik üzerine etkileri incelendiğinde anlamlı farklar gözlenememiştir ($P>0,05$). %30 nem içeriklerine sahip ürünler %40 nem içeriğine sahip ürünlere göre daha sert olduğu için bu örneklerin çiğnenebilirlik değerlerinin de daha fazla olması beklenmektedir. Burada nem içeriğinin azalması ile çiğneme enerjisinde bir artış gözlenirken bu artışın anlamlı olmadığı vurgulanmalıdır. Serra ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada kuru kürlenmiş jambon ürünlerinde nem içeriğinin azalması ile sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinin arttığı belirtilmiştir [Serra et al., 2005]. Yine jambon ürünlerinde yapılan bir çalışmada sertlik ve çiğnenebilirlik ile nem içeriği arasında benzer bir negatif etkileşimden bahsedilmiştir [Monin et al., 1997]. Bir başka çalışmada et ürünlerinde sertlik ile yutma için gerekli olan çiğneme enerjisinin negatif korelasyon içinde olduğu belirtilmiştir [Ruiz-Ramirez et al., 2005].

Az tuzlu %30 neme kurutulmuş örnekler ile çok tuzlu %40 neme kurutulmuş örnekler karşılaştırıldığında bu iki numunenin sertlik, sıkılık, elastikiyet, sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$). Bu durum %30 neme kurutulmuş az tuzlu ve baskılanmış örnekler ile %40 neme kurutulmuş çok tuzlu baskılanmış örneklerin tekstür parametreleri açısından benzer olduğunu göstermektedir.

6.10. Kurutulmuş Ürünlerin Renk Analizi

Dondurarak kurutucuda kurutulan ve kalorimetre kullanılarak renk analizi yapılan et örneklerinin L^* , a^* , b^* değerleri Tablo 6.6'da verilmiştir. Verilen sonuçlar örneklerin farklı yerlerinden alınan ölçümlerin ortalaması şeklindedir.

Tablo 6.6: Dondurarak kurutulan örneklerin L*, a*, b* değerleri.

	L*	a*	b*
K	76,463±1,437	4,252±0,375	18,766±0,932
T1	76,785±1,639	3,142±0,536	19,435±0,858
T2	76,057±2,113	2,613±0,290	19,747±1,124
T+B1	75,719±3,016	2,240±0,425	21,471±0,904
T+B2	76,201±1,999	2,733±0,268	19,792±0,774
%30T+B1	77,308±3,290	2,317±0,263	20,346±2,262
%30T+B2	78,328±0,754	2,561±0,380	20,098±0,917

Tuzlama ve baskılama işlemi yapılmadan dondurarak kurutulmuş kontrol (K) numunelerinde rengin parlaklığını ifade eden L* değeri 76,463 olarak ölçülmüştür. Kuru maddede %4-5 ve %7-8 oranlarında tuzlanmış T1 ve T2 örneklerinin L* değerlerinde ise kontrole göre bir değişim gözlenmemiştir ($P>0,05$). Bu durum tuzlama ile L* değerinde bir değişim olmadığını göstermektedir. Az tuzlu ve az tuzlu baskılanmış örnekler ile çok tuzlu ve çok tuzlu baskılanmış örnekler karşılaştırılmış ve baskılama işleminin de L* değerine bir etkisi olmadığı görülmüştür ($P>0,05$). Dondurarak kurutucu kullanılarak farklı oranlarda kurutulan (%40-45 ve %30-35) tuzlu ve baskılanmış örneklerin L* değerleri arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($P>0,05$). Bir başka ifade ile nem içeriğinin L* değerine etkisi olmadığı bulunmuştur.

Aynı karşılaştırmalar a* değeri için de yapılmış ve örnekler tuzlanınca a* değerinde bir düşüş olduğu gözlenmiştir ($P<0,05$). Farklı tuz konsantrasyonundaki örnekler arasında bir farklılığa rastlanılmamıştır ($P>0,05$). Yani tuzlama ile örneklerin kırmızılığının azaldığı söylenebilmektedir. Et ürünlerinde kırmızı rengin korunması yani myoglobinin oksidasyona uğramasının engellenmesi amacıyla kürlleme işlemi yapılmaktadır. Kürlleme işleminde tuz ile birlikte nitrit/nitrat tuzları kullanılmaktadır. Tek başına tuzun kullanılması ile kırmızılığın korunması mümkün değildir [Taşlıca, 1995]. Diğer örneklerin a* değerleri incelendiğinde az tuzlu ve az tuzlu baskılanmış örneklerin arasında istatistiksel bir fark bulunamamıştır. Aynı durum çok tuzlu ve çok tuzlu baskılanmış örnekler arasında da vardır ($P>0,05$). Bu sonuç baskılamanın a* değeri üzerine bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Farklı nem içeriklerine kurutulmuş tuzlanmış ve baskılanmış örneklerin a* değerleri de

birbirine oldukça yakındır ($P>0,05$). Nem içeriğinin kırmızılığa etkisi olmadığı gözlenmiştir.

Sarılık (b^*) değeri, örneklerin tuzlanması ve farklı seviyelere kurutulması işlemlerinin sonucunda istatistiksel olarak önemli sayılacak derecede farklı ölçülmemiştir ($P>0,05$). Az tuzlu örneklerin b^* değerinin az tuzlu baskılanmış örneklerin b^* değerine kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir ($P<0,05$). Aynı fark çok tuzlu ve çok tuzlu baskılanmış örnekler arasında gözlenememiştir ($P>0,05$).

Dondurarak kurutucu kullanılarak kurutulan hindi etlerinin L^* , a^* , b^* değerleri literatürde diğer metotlarla kurutulan etlerden oldukça farklıdır. Dondurarak kurutucu ile daha açık renkte kırmızılığı düşük ve sarılığı yüksek olan ürünler elde edilmektedir. Babic ve arkadaşları tarafından tavuk göğüs etlerinin dondurarak kurutucuda tamamen kurutulması sonucunda L^* , a^* , b^* değerleri $0,7\pm0,2$ cm kalınlığında olan etlerde sırasıyla $78,69\pm1,76$; $1,88\pm0,13$ ve $17,64\pm0,52$ olarak, $1,3\pm0,2$ cm kalınlığındaki etlerde ise sırasıyla $80,47\pm2,61$; $2,15\pm0,62$ ve $17,26\pm1,03$ olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada elde edilen bulgular ile hindi etinde elde ettiğimiz bulguların benzerlik gösterdiği görülmektedir. [Babic et al., 2009].

Etüv kullanılarak kurutulan ve renk analizi yapılan et örneklerinin L^* , a^* , b^* değerleri Tablo 6.7’de verilmiştir.

Tablo 6.7: Etüvde kurutulan örneklerin L^* , a^* , b^* değerleri.

	L^*	a^*	b^*
Ketüv	$31,757\pm1,193$	$10,299\pm0,744$	$8,820\pm0,803$
T+B1etüv	$33,708\pm0,863$	$8,182\pm0,531$	$7,425\pm0,378$
T+B2etüv	$33,129\pm0,881$	$8,247\pm1,087$	$8,238\pm1,304$

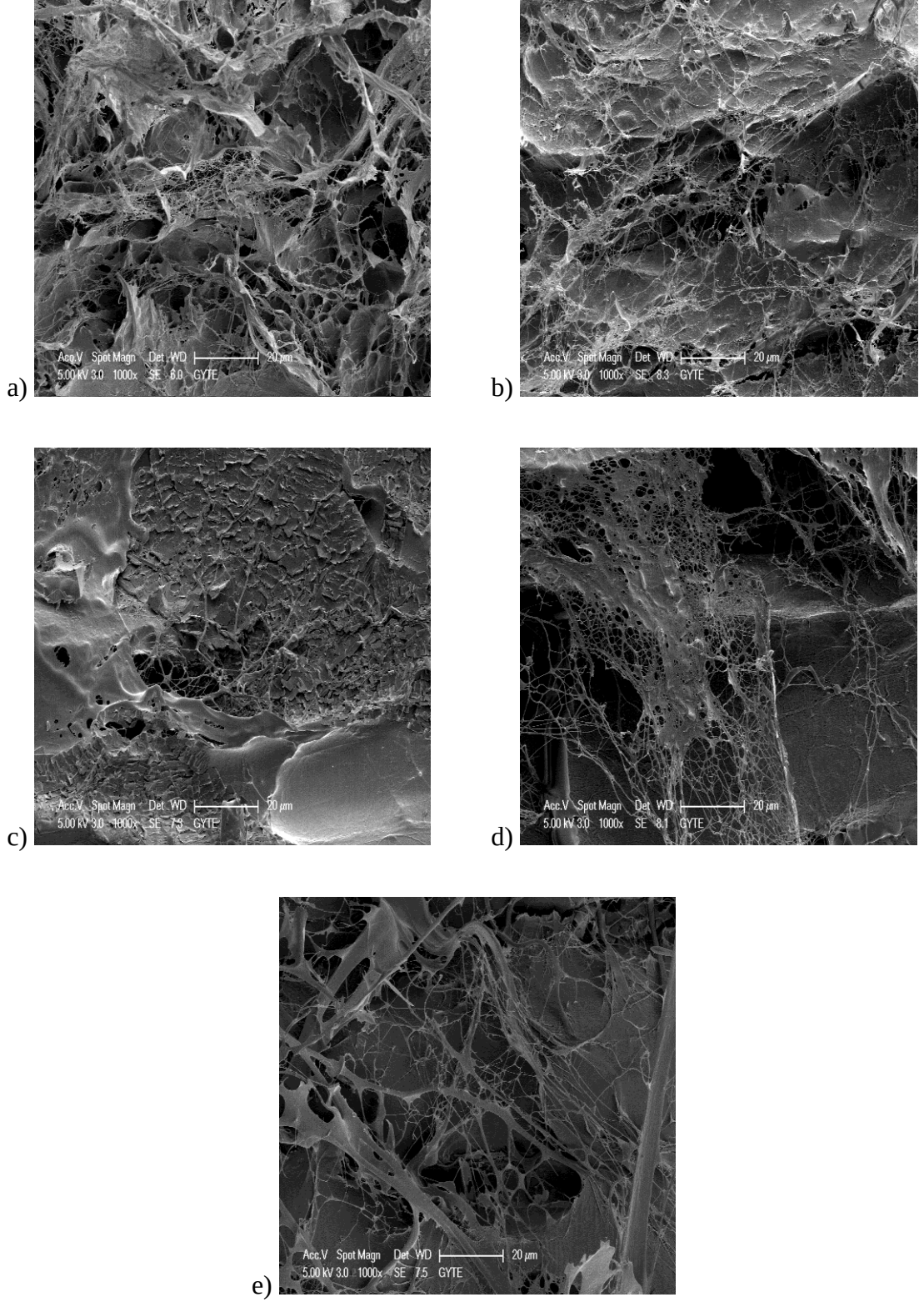
Tablo 6.6 ve Tablo 6.7’de görüldüğü gibi dondurarak kurutucuda ve etüvde kurutulan örneklerin L^* , a^* , b^* değerleri birbirinden oldukça farklıdır. Dondurarak kurutucuda kurutulan kontrol numuneleri etüvdekilere göre daha yüksek L^* değerlerine sahiptir ($P<0,05$) ve beyaz renk değerine daha yakındır. Tuzlanmış ve baskılanmış numunelerin de dondurarak ve etüvde kurutulması sonucunda çok farklı L^* değerlerine ulaşılmıştır ($P<0,05$). Etüvde kurutulan az tuzlu ve çok tuzlu baskılanmış örneklerin L^* değerleri arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($P>0,05$).

Etüvde kurutulan örneklerde kabuk ve daha koyu bir renk oluşumu gözlenmiştir. Kırmızılık (a^*) değerleri incelendiğinde etüvde kurutulan örneklerin daha yüksek kırmızılığa sahip olduğu görülmektedir ($P<0,05$). Sarılık (b^*) değerleri ise etüvde kurutulan örneklerde daha düşüktür ($P<0,05$). Dondurarak kurutulan örneklerin sarılık değerlerinde artış ve kırmızılık değerlerinde bir düşüş olmaktadır. Farklı oranlarda tuz içeriği ile etüvde kurutulan baskılanmış örneklerde ise a^* ve b^* değerleri açısından önemli bir fark gözlenmemiştir ($P>0,05$).

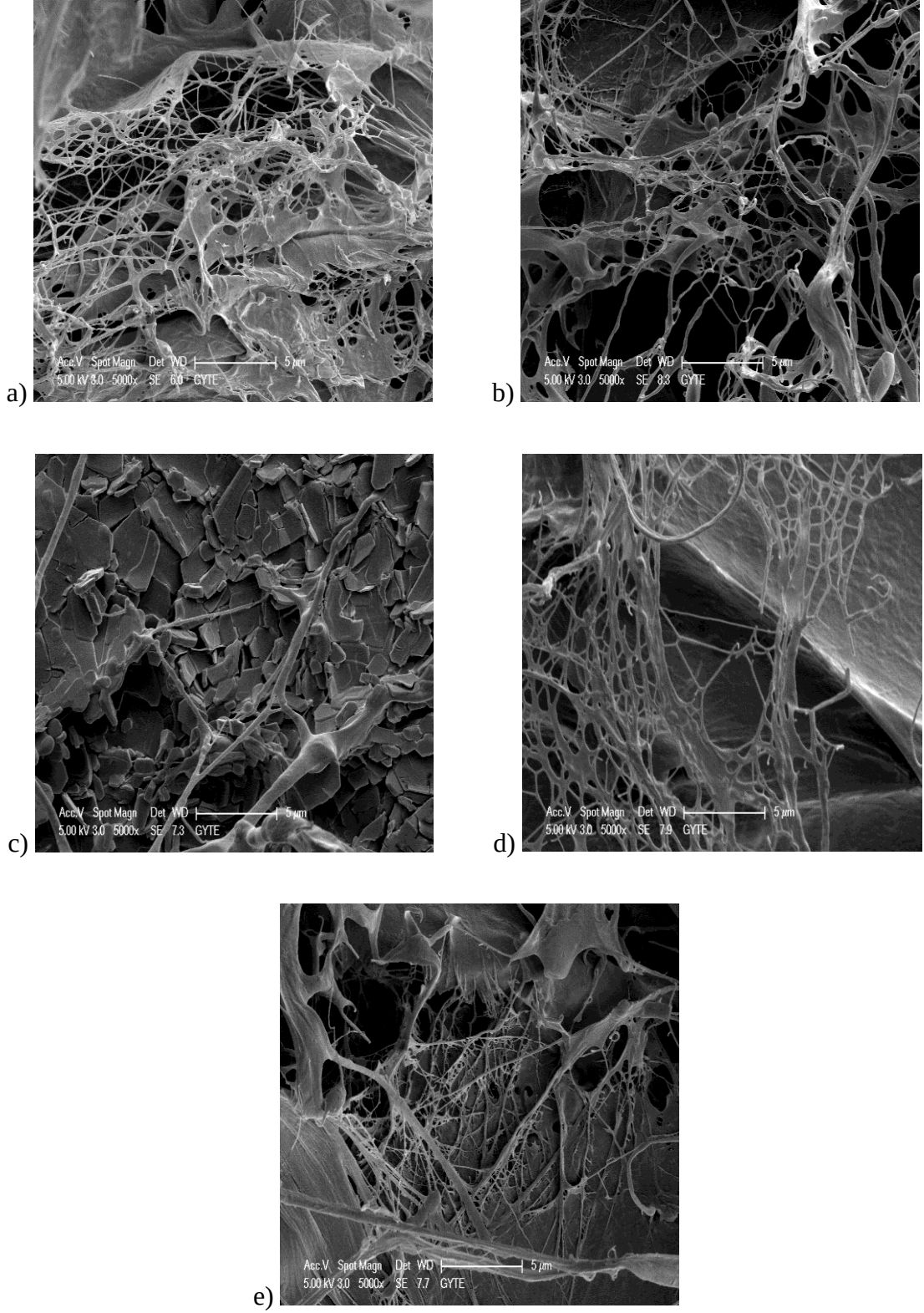
Hindi göğüs eti çiğ iken yapılan L^* , a^* , b^* ölçümleri sırasıyla 50,32; 2,93 ve 5,82 şeklinde ölçülmüştür [Barbut, 2001]. Bu değerler bize dondurarak kurutma ile hindi göğüs etlerinde çiğ ete kıyasla parlaklık ve sarılık değerlerinin arttığını göstermektedir. Etüvde kurutma sonucunda ise çiğ ete kıyasla parlaklık azalmış, kırmızılık artmıştır.

6.11. Kurutulmuş Ürünlerin Mikro Yapı Analizi

Şekil 6.8’de dondurarak kurutucuda tamamen kurutulan kontrol, az tuzlu, çok tuzlu, az tuzlu baskılanmış ve çok tuzlu baskılanmış örneklerin SEM görüntüleri ($\times 1000$) verilmiştir. Şekilde dondurarak kurutma sonucunda oluşan poroz yapılar açıkça görülmektedir. Ördek etinin kuru kürlenmesi (örneğin kütlelerinin %6,5 oranı kadar tuz ile kütleme) sonucunda mikro yapısında meydana gelen değişimlerin incelendiği bir çalışmada kurutma yapılan örneklerin yapısında boşlukların oluştuğu gözlenmiştir. Oluşan bu boşlukların tuzun difüzyonundan ve su kaybından kaynaklandığı belirtilmiştir [Wang et al., 2014]. Tuzlanmış örneklerle kıyasla kontrol numunesinde bağ doku ve lifler daha görünür ve belirgindir. Domuz etine %3 tuz içeren solüsyonun enjekte edildiği ve mikro yapı analizinin yapıldığı bir çalışmada, tuzlamanın daha az görünür ama hasar görmemiş lifler oluşturduğu belirtilmiştir [Duranton et al., 2012].



Şekil 6.8: a) kontrol, b) az tuzlu, c) çok tuzlu, d) az tuzlu ve baskılanmış, e) çok tuzlu ve baskılanmış örneklerin SEM görüntüleri (x1000).



Şekil 6.9: a) kontrol, b) az tuzlu, c) çok tuzlu, d) az tuzlu ve baskılanmış, e) çok tuzlu ve baskılanmış örneklerin SEM görüntüleri (x5000).

Şekil 6.9’da örneklerin x5000 yakınlığında SEM görüntüleri verilmiştir. Bu görüntüler incelendiğinde tuzlu örneklerde bağ dokuların kontrol örneğindeki gibi (a ve b) daha dağınık ve daha az belirgin olduğu görülmektedir. Ayrıca tuzlu örneklerde tuz geçişinden kaynaklanan liflerde oluşan şişmeler de bulunmaktadır. Tuzlanmış ve baskılanmış örneklerde liflerin birbirine daha yaklaşmış olduğunu liflerde oluşan bozulmaların daha belirgin olduğunu görebilmekteyiz. Ördek etinin kuru kürlenerek ve kurutularak mikro yapısında oluşan değişimlerin incelendiği çalışmada, çiğ ette liflerin birbirine endomizyal bağ doku ile ve hücreler içindeki miyofibrillerin sarkolemma ve birbirleri ile kuvvetli bir şekilde bağlı olduğu belirtilmiştir. Kuru kürlenmiş olan kas dokusunda ise endomizyal bağ dokuda bozulmalar ve miyofibril demetlerinde ayrılmalar açıkça görülmüştür. Bu değişimlerin membran ve proteinlerde meydana gelen degradasyon veya denatürasyon sonucu oluştuğu bildirilmiştir [Wang et al., 2014].

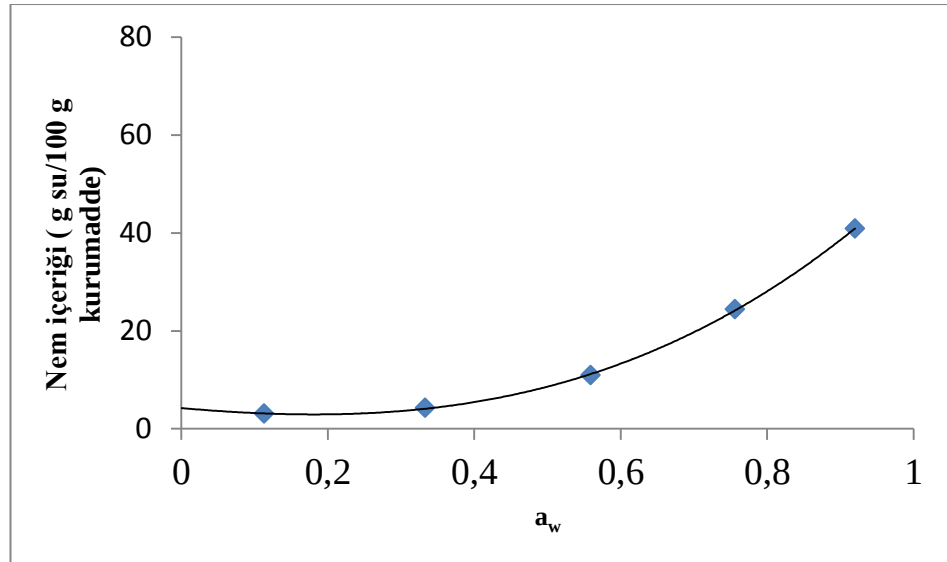
6.12. Kurutulmuş Ürünlerin Sorpsiyon İzotermi

Az tuzlu ve baskılanmış örnekler ile çok tuzlu ve baskılanmış örneklerin farklı denge nem içeriklerinde 15 °C’de adsorpsiyon izotermi belirlenmiştir. Az tuzlu ve baskılanmış hindi eti örneklerinin sorpsiyon izotermi Şekil 6.10’da çok tuzlu ve baskılanmış örneklerin sorpsiyon izotermi ise Şekil 6.11’de gösterilmiştir. Örneklerin ortalama denge nem içerikleri (g su/100 g kuru madde) Tablo 6.8’de verilmiştir. Şekil 6.10’da ve Şekil 6.11’de görüldüğü gibi sorpsiyon izotermi II. tip sigmoidal izoterme uygunluk göstermektedir. Ayrıca düşük denge neminde örneklerin daha az su adsorpladığı yüksek denge nemi değerlerinde ise bu miktarın arttığı görülmektedir [Saravacos and Stinchfield, 1965]. Tablo 6.8’de görüldüğü gibi 0,75 su aktivitesi değerinde ortalama denge nem değerinde ani bir artış görülmüştür. Bu durum tuzlu etler ile yapılan diğer çalışmalarda da gözlenmiştir. Doymuş NaCl çözeltisinin a_w değeri 0,75’tir ve bu noktanın altında kristalleşerek az miktarda su tutar. Bu noktanın üzerinde ise tuz molekülleri su tutmaya başlar ve denge nemi yükselir [Aktaş and Gürses, 2005].

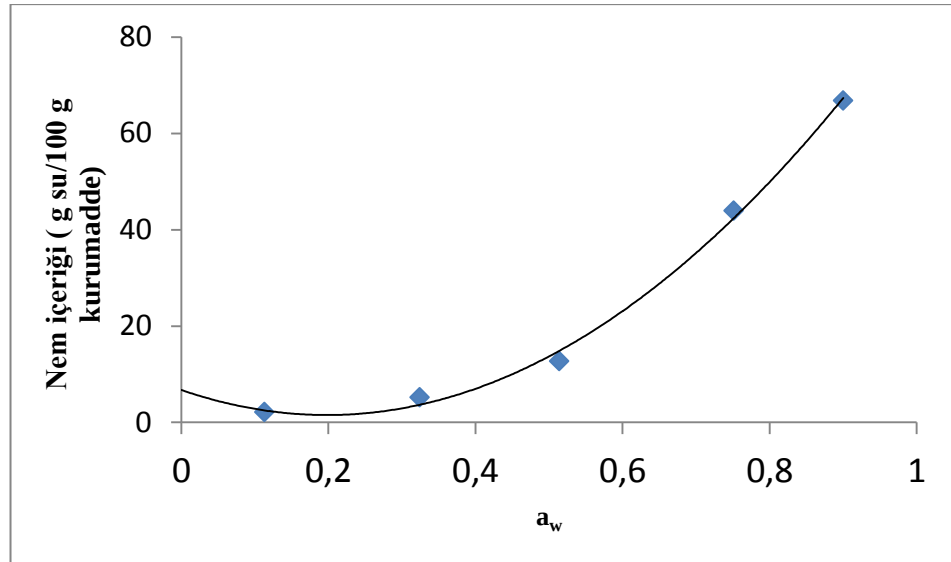
Taze et ile yapılan bir çalışmada 5-40 °C’ler arasında adsorpsiyon izotermi çizilmiştir. 15 °C’de elde edilen izoterm eğrisi incelendiğinde elde edilen verilerin bu çalışmada dondurarak kurutulmuş hindi eti kullanılmasıyla elde edilen sonuçlara

benzerlik gösterdiği görülmektedir [Trujillo et al., 2003]. Başka bir çalışmada pastırmanın 15 °C’de farklı su aktivitesi değerlerinde adsorpsiyon eğrisi çizilmiştir. Çalışmada verilen sorpsiyon izotermi incelendiğinde elde edilen denge nem içeriği değerlerinin Tablo 6.8’de verilen az tuzlu baskılanmış ürüne ait değerler ile benzerlik gösterdiği ve aynı eğilimde olduğu görülmektedir [Aktaş and Gürses, 2005]. Hava ile 30, 55 ve 70 °C’de kurutulan (kuru maddede %9 nem içeriğinden düşük nem içeriğine) sığır etlerinin adsorpsiyon izotermelerinin çizildiği bir çalışmada 0,75 a_w değerinin altında benzer sonuçlar bulunmuştur. Ancak 0,75 a_w ve üzerindeki değerlerde farklılıklar bulunmaktadır. Bu noktalarda dondurarak kurutulan et ürünlerinin adsorbe ettiği nem miktarının hava ile kurutulan etlerin adsorbe ettiğine oranla daha fazla olduğu görülmektedir [Iglesias and Chirife, 1976].

Az tuzlu baskılanmış ve çok tuzlu baskılanmış kuru %40 neme kurutulmuş örneklerin adsorpsiyon eğrileri incelendiğinde 0,756 a_w değerine kadar örneklerin yakın oranlarda nem adsorbe ettiği görülmektedir. 0,756 a_w değerinden sonra ise daha tuzlu olan örneklerin nem içeriğindeki artış daha fazla olmuştur. Bu durum tuz moleküllerinin bu noktanın altında kristal halde olup su tutmaması, bu noktanın üzerinde ise su tutmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 6.10: Az tuzlu ve baskılanmış hindi eti örneklerinin 15 °C’de adsorpsiyon izotermi.



Şekil 6.11: Çok tuzlu ve baskılanmış hindi eti örneklerinin 15 °C’de adsorpsiyon izotermi.

Tablo 6.8: Az tuzlu ve çok tuzlu baskılanmış hindi eti örneklerinin 15 °C’de farklı bağıl nemdeki ortalama denge nem içeriği (g su/100 g kuru madde).

Ortalama denge nem (g su/100 g kurumadde)			
Tuz	a_w	T+B1	T+B2
LiCl	0,113	3,1010	2,1377
MgCl ₂	0,333	4,2558	5,1761
Mg(NO ₃) ₂	0,559	10,9038	12,7088
NaCl	0,756	24,3745	43,9158
BaCl ₂	0,920	40,8441	66,7752

7. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında hindi göğüs eti tuzlanıp baskılanıp dondurarak kurutularak pastırma benzeri kuru ve kürlenmiş ürün elde edilmiştir. Yapılan TPA analizleri sonucunda et ürünlerinin tuz içeriğinin azaltılmasıyla sertlik değerlerinin ve sertliğe bağlı olan sakızimsılık ve çiğnenebilirlik değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bu değerler açısından az tuzlu ile kontrol örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir artışın oluşmaması bize ürünleri çalışmada belirtilen az oranda tuzlama ile kontrole göre sert olmayan ve yutmak için fazla enerji harcamaya gerek olmayan ürün elde edilebileceğini göstermektedir. Tuzlanmış baskılanmış ürünler ile sadece tuzlanmış ürünlerin sertliğinin benzer oluşuyla etlerin baskılama ile sertleşmediği ve dondurarak kurutucuda daha fazla kurutulmasıyla sertliğin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak az tuzlu %30 neme kurutulmuş örnekler ile çok tuzlu %40 neme kurutulmuş örneklerin sertliği yaklaşıktır (sırasıyla $65,759 \pm 10,160$ N ve $59,099 \pm 10,191$ N, $P > 0,05$). Bu durum kurutmadan gelen sertliğin az tuz kullanılmasıyla tolere edilebileceğini göstermektedir. Ayrıca daha fazla kurutulmuş örneklerde sıklık değerinin azaldığı gözlenmiştir. Baskılama ile yüksek oranda tuz içeren örneklerin sıklık ve sakızimsılık değerlerinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum bize çok tuzlu ve baskılanmış örneklerin yapısını bozmanın ve parçalamanın daha zor olacağını göstermektedir. Son olarak etüvde kurutulan örnekler ile dondurarak kurutucuda kurutulan örnekler arasında TPA parametreleri açısından önemli bir fark tespit edilmemiştir. Bu sonuca göre et ürünlerini tuzlayıp baskılayıp etüvde kurutmak yerine dondurarak kurutucuda kurutmak TPA parametreleri değerlendirildiğinde bir farklılık oluşturmayacaktır.

Yapılan renk analizleri incelendiğinde gerçekleştirilen tuzlama, baskılama ve dondurarak kurutucuda farklı oranlara kurutma çalışmalarının L^* , a^* , b^* değerlerinde farklılıklar gözlenmemiştir. Ancak etüvde kurutulan örneklerin renk değerleri dondurarak kurutucuda kurutulmuş olanlardan oldukça farklıdır. Dondurarak kurutucu ile daha açık renkli sarılık değeri yüksek ve kırmızılık değeri düşük örnekler elde edilirken etüvde daha koyu renkli kırmızılık değerleri yüksek örnekler elde edilmiştir. Yanık izlenimi uyandıran koyu renkli örneklerin yanında daha parlak ve açık renkli örneklerin tüketici tercihleri açısından önemli bir avantaj sağlayabileceği düşünülmektedir.

SEM ile dondurarak kurutucuda tamamen kurutulmuş az tuzlu ve çok tuzlu baskılanmış örneklerde gerçekleştirilen mikro yapı analizleri sonucunda dondurarak kurutucu ile elde edilen gözenekli yapı açıkça gözlenebilmiştir. Et örneklerinin tuzlanması ile bağ dokunun ve liflerin daha az görünür olduğu tuz geçişinden kaynaklı liflerde şişmeler olduğu görülmüştür. Ayrıca baskılanmış örneklerde lifler birbirine daha çok yaklaşmış ve bozulmalar olmuştur. Sorpsiyon izotermlerinin çizilmesi ile 0,75 a_w ve daha yüksek a_w değerlerinde etin tuz içeriğinden kaynaklı denge nemde artış olduğu gözlenmiştir. Bu oran daha çok tuzlu olan örneklerde tuz içeriğinin adsorpladığı su miktarına bağlı olarak artış göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Aguilera J. M., Bouchon P., (2008), "Scanning Electron and Transmission Electron Microscopies in Food Analysis", In: S. Ötleş, Editor, "Handbook of Food Analysis Instruments", CRC Press.
- Ahmed J., Shivhare U. S., Uzzal R. A., (2012), "Hot Air Drying Design: Tray and Tunnel Dryer" In: J. Ahmed, M.S. Rahman, Editors, "Handbook of Food Processing Design", Wiley- Blackwell.
- Aktaş N., Gürses A., (2005), "Moisture adsorption properties and adsorption isosteric heat of dehydrated slices of pastırma (turkish dry meat product)", Meat Science, 71, 571-576.
- Babic J., Cantalejo M.J., Arroqui C. (2009), "The effects of freeze-drying process parameters on broiler chicken breast meat", Food Science and Technology, 42, 1325-1334.
- Barbut S., (2009), "Texture Analysis", In: M. L. L. Nollet, F. Toldr, Editors, "Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis", CRC Press.
- Barbut S., (2001), "Poultry Products Processing, An Industry Guide", CRC Press.
- Belitz H. D., Grosch W., Schieberle P., (2009), "Food Chemistry", 4th Edition, Springer.
- Bell L. N., Labuza T. P., (1984), "Moisture Sorption Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use", 2nd Edition, American Association of Cereal Chemists.
- Brunauer S., Deming L. S., Deming W. E., Teller E., (1940), "On a theory of the van der Waals adsorption gases", American Chemical Society Journal, 62, 1723-1732.
- Canto A. C. V. C. S., Lima B. R. C. C., Cruz A. G., Lazaro C. A., Freitas D. G. C., Faria J. A. F., Torrezan R., Freitas M.Q., Silva T. P. J., (2012), "Effect of high hydrostatic pressure on the color and texture parameters of refrigerated Caimon (Caimon crocodilus yacare) tail meat", Meat Science, 91, 255-260.
- Cemeroğlu B., (2007), "Gıda Analizlerinde Genel Yöntemler", In: B. Cemeroğlu, Editor, "Gıda Analizleri Kitabı", Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları.
- Chen C. M., Trout G. R., (1991), "Sensory, instrumental texture profile and cooking properties of restructured beef steaks made with various binders", Journal of Food Science, 56, 1457-1460.
- Chen X. D., (2008) "Food Drying Fundamentals", In: X. D. Chen, A. S. Mujumdar, Editors, "Drying Technologies in Food Processing", Blackwell Publishing.

Clydesdale F. M., (1998), "Color: origin, stability, measurement, and quality" In: I. A. Taub, R. P. Singh, Editors, "Food Storage Stability", CRC Press.

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

Durantón F., Simonin H., Cheret R., Guillou S., Lamballerie M., (2012), "Effect of high pressure and salt on pork meat quality and microstructure" *Journal of Food Science*, 77 (8), 188-194.

El-Gharbawi M. I., Dugan L. R., (1965), "Stability of nitrogenous compounds and lipids during storage of freeze-dried raw beef", *Journal of Food Science*, 30 (5), 817-822.

Erbaş M., Şekerci H., Gül S., (2008), "Gıdaların sorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi ve kullanımı", *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 1021-1022, Erzurum, Türkiye, 21-23 Mayıs.

Farkas B. E., and Singh R. P., (1991), "Physical properties of air-dried and freeze-dried chicken white meat", *Journal of Food Science*, 56 (3), 611-615.

Garcia-Segovia P., Andres-Bello A., Martinez-Monzo J., (2007), "Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (M. pectoralis)", *Journal of Food Engineering*, 80, 813-821.

Georgieva L., Tsvetkov T., (2008), "Biochemical changes in lipids of lyophilized meat", *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 14 (4), 357-360.

Göğüş A. K., (1986), "Et Teknolojisi", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

Greenspan L., (1976), "Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions" *Journal of Research of the National Bureau of Standards- A Physics and Chemistry*, 81, 89-96.

Herrero A. M., Hoz L., Ordonez J. A., Herranz B., Avila M. D. R., Cambero M. I., (2008), "Tensile properties of cooked meat sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters and physico-chemical characteristics", *Meat Science*, 80, 690-696.

Huidobro F. R., Miguel E., Blazquez B., Onega E., (2005), "A comparison between two methods (Warner-Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat", *Meat Science*, 69, 527-536.

Hyldig G., and Nielsen D., (2000), "A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle", *Journal of Texture Studies*, 32, 219-242.

Iglesias H. A., Chirife J., (1976), "Equilibrium moisture contents of air dried beef dependence on drying temperature", *Journal of Food Technology*, 11, 565-573.

Işıksal S., (2006), “Sucuk ve Pastırmanın Sorpsiyon İzotermelerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi.

Kauffman R. G.,(2001), “Meat Composition” In: O. A. Young, R. W. Rogers, Y. H. Hui, W.K. Nip, Editors, “Meat Science and Applications”, CRC Press.

Kayhan Ö., (2008), “Zeytin Karasuyundan Antioksidanların Dondurarak Kurutma Yöntemi ile Ayrıştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.

Kett V., McMahon D., Ward K., (2005), “Thermoanalytical techniques for the investigation of the freeze drying process and freeze dried products”, Current Pharmaceutical Biotechnology, 6, 239-250.

Kim Y.S., (2001), “Meat Production” In: O. A. Young, R. W. Rogers, Y. H. Hui, W.K. Nip, Editors, “Meat Science and Applications”, CRC Press.

Kim H. J., Loveridge V. A. Taub I. A., (1984), “Myosin cross-linking in freeze-dried meat”, Journal of Food Science, 49, 699-708.

Kirmaci B., Singh R. K., (2012), “Quality of chicken breast meat cooked in a pilot-scale radio frequency oven”, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 14, 77-84.

Ledward D. A., Lawrie R. A., (1975), “A note on the dependence of meat texture on the temperature of measurement”, 26, 691-695.

Lesiow T., (2005), “Chemical Composition of Poultry Meat”, In: Y. Hui, Editor, “Handbook of Food Science, Technology and Engineering, Volume 1”, CRC Taylor&Francis Group.

Liapis A. I., Bruttini R., (2006), “Freeze Drying”, In: A.S. Mujumdar, Editor, “Handbook of Industrial Drying”, 3rd Edition, CRC Press.

Liapis A. I., Pikal M. J., Bruttini R., (1996), “Research and development needs and opportunities in freeze drying”, Drying Technology, 14,1265-1300.

Litchfield R. J., Liapis A. I.,(1979), “An adsorption-sublimation model for a freeze dryer”, Chemical Engineering Science, 34, 1085-1090.

Lopez-Quiroga E., Antelo L. T., Alonso A. A. (2012), “Time-scale modeling and optimal control of freeze drying”, Journal of Food Engineering, 111, 655-666.

Mackenzie A. P., Luyet B. J., (1967), “Water sorption isotherms from freeze-dried muscle fibers: dependence on initial freezing treatment”, Cryobiology, 3, 341-344.

Maddock R., (2012), “Meat and Meat Products” In: Y. H. Hui, Editor, “Handbook of Meat and Meat Processing”, CRC Press.

Mallikarjunan P. K., (2011), “Physical Measurements” In: D. W. Sun, Editor, “Handbook of Frozen Food Processing and Packaging”, 2nd Edition, CRC Press.

Mayor L., Sereno A.M., (2004), "Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review", *Journal of Food Engineering*, 61, 373-386.

Monin G., Marinova P., Talmant A., Martin J. F., Cornet M., Lanore D., Grasso F., (1997), "Chemical and structural changes in dry-cured hams (bayonne hams) during processing and effects of the dehairing technique", *Meat Science*, 47, 29-47.

Morante N., (2006), "Color Measurement Techniques" In: L. D. Rhein, M. Schlossman, A. O'Lenick, P. Somasundaran, Editors, "Surfactants in Personal Care Products and Decorative Cosmetics", 3rd Edition, CRC Press.

Obuz E., Akkaya L., Gök V., (2012), "Turkish Pastirma: A Dry-Cured Beef Product", In: Y. H. Hui, E. Ö. Evranuz, Editors, "Handbook of Animal-Based Fermented Food and Beverage Technology", 2nd Edition, CRC Press.

Pala M., Saygı Y. B., (1983), "Su aktivitesi ve gıda işlemedeki önemi", *Gıda*, 8 (1), 33-39.

Palka K., (2003), "The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine semitendinosus muscle", *Meat Science*, 64, 191-198.

Palka K., Daun H., (1999), "Changes in texture, cooking losses, and myofibrillar structure of bovine M. semitendinosus during heating", *Meat Science*, 51, 237-243.

Palnitkar M. P., Heldman D. R., (1971), "Equilibrium moisture characteristics of freeze-dried beef components", *Journal of Food Science*, 36, 1015-1018.

Rahman M. S., (2012), "Food Preservation and Processing Methods" In: J. Ahmed, M. S. Rahman, Editors, "Handbook of Food Processing Design", Wiley- Blackwell.

Rahman M. S., Labuza T. P., (2007), "Water Activity and Food Preservation" In: M. S. Rahman, Editor, "Handbook of Food Preservation", 2nd Edition, CRC Press.

Rahman M. S., Sablani S. S., (2008), "Water Activity Measurement Method of Foods", In: M. S. Rahman, Editor, "Food Properties Handbook", 2nd Edition, CRC Press.

Rahman S., (2006), "Drying of Fish and Seafood", In: A. S. Mujumdar, Editor, "Handbook of Industrial Drying" 3rd Edition, CRC Press.

Ratti C., (2008), "Freeze and Vacuum Drying of Foods", In: X. D. Chen, A. S. Mujumdar, Editors, "Drying Technologies in Food Processing", Blackwell Publishing.

Ratti C., (2012), "Freeze-Drying Process Design" In: J. Ahmed, M. S. Rahman, "Handbook of Process Design", Wiley-Blackwell.

ResGaz 1, (2012), Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği, 5 Aralık 2012 tarih ve 28488 sayılı Resmi Gazete.

Ruiz-Ramirez J., Serra X., Arnau J., Gou P., (2005), "Profiles of water content, water activity and texture in crusted dry-cured loin and in non-crusted dry-cured loin", *Meat Science*, 69, 519-525.

Sadıkoglu H., Ozdemir M., Seker M., (2006), "Freeze drying of pharmaceutical products: research and development needs", *Drying Technology*, 24, 849-861.

Saravacos G. D., Stinchfield R. M., (1965), "Effect of temperature and pressure on the sorption of water vapor by freeze-dried food materials", *Journal of Food Science*, 30 (5), 779-786.

Serra X., Ruiz-Ramirez J., Arnau J., Gou P., (2005), "Texture parameters of dry-cured ham m. biceps femoris samples dried at different levels as a function of water activity and water content", *Meat Science*, 69, 249-254.

Stapley A., (2008), "Freeze Drying" In: J. A. Evans, Editor, "Frozen Food Science and Technology", Blackwell Publishing.

Szczesniak A. S., (1962), "Classification of textural characteristics", *Journal of Food Science*, 28, 385-389.

Tang X., Cronin D. A., Brunton N. P., (2005), "The effect of radio frequency on chemical, physical and sensory aspects of quality in turkey breast rolls", *Food Chemistry*, 93, 1-7.

Taşlıca O., (1995), "Hayvansal Ürünler Teknolojisi", Anadolu Üniversitesi Yayınları.

Trujillo F. J., Yeow P. C., Pham Q. T., (2003), "Moisture sorption isotherm of fresh lean beef and external beef fat", *Journal of Food Engineering*, 60, 357-366.

Xiong Y. L., Mikel W. B., (2001), "Meat and Meat Products". In: O. A. Young, R. W. Rogers, Y. H. Hui, W.K. Nip, Editors, "Meat Science and Applications", CRC Press.

Virgili R., Parolari G., Schivazappa C., Soresi-Bordini C., Borri M., (1995), "Sensory and texture quality of dry-cured ham as affected by endogenous cathepsin B activity and muscle composition", *Journal of Food Science*, 60, 1183-1186.

Wang D., Zhang M., Xu W., Bian H., Liu F., Geng Z., Zhu Y., Xu X., (2014), "Changes in chemical-physical index and microstructure during dry-cured duck processing" *Japan Poultry Science Association*, 51, 220-226.

Wiklund E., Kemp R. M. leRoux G. J., Li Y., Wu G., (2010), "Spray chilling of deer carcasses-effects on carcass weight, meat moisture content, purge and microbiological quality", *Meat Science*, 86, 926-930.

Zamri A. I., Ledward D. A., Frazier R. A., (2006), "Effect of combined heat and high-pressure treatments on the texture of chicken breast muscle (*Pectoralis fundus*)", *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 54, 2992-2996.

Zell M., Lyng J. G., Cronin D. A., Morgan D. J., (2010), "Ohmic cooking of whole turkey meat-effect of rapid ohmic heating on selected product parameters", Food Chemistry, 120, 724-729.

ÖZGEÇMİŞ

Meral Yıldırım Yalçın 1988 yılında İstanbul'da doğdu. 2006 yılında Fatih Samiha Ayverdi Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. Aynı yıl lisans eğitimine başladığı İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya Metalürji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nü 2011 yılında üçüncülük derecesi ile tamamladı. 2012 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine ve araştırma görevliliğine başladı ve halen bu görevine devam etmektedir.