

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**MİKRODALGA KURUTMANIN TUZLAMA VE TEPİLİ KURUTMA İLE
KOMBİNASYONLARININ SIĞIR ETİ KALİTE ÖZELLİKLERİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

Emine ÇARKCIOĞLU

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2017**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Emine ÇARKCIOĞLU tarafından hazırlanan “**Mikrodalga Kurutmanın Tuzlama ve Tepsili Kurutma ile Kombinasyonlarının Sığır Eti Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi**” adlı tez çalışması 15.09.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Kezban CANDOĞAN
Ankara Üniversitesi/Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri:

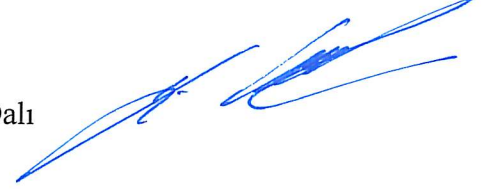
Başkan: Prof. Dr. Halil VURAL
Hacettepe Üniversitesi/Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye: Prof. Dr. Nuray KOLSARICI
Ankara Üniversitesi/Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye: Prof. Dr. Kezban CANDOĞAN
Ankara Üniversitesi/Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye: Doç. Dr. Serap COŞANSU AKDEMİR
Sakarya Üniversitesi/Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye: Doç. Dr. Aslı İŞÇİ YAKAN
Ankara Üniversitesi/Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

15/09/2017



Emine ÇARKCIOĞLU

ÖZET

Doktora Tezi

MİKRODALGA KURUTMANIN TUZLAMA VE TEPSİLİ KURUTMA İLE KOMBİNASYONLARININ SIĞIR ETİ KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Emine ÇARKCIOĞLU

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kezban CANDOĞAN

Çalışmada, etlerin kurutulması amacıyla endüstriyel tepsili kurutucu ile kurutma (TK) yöntemine alternatif mikrodalga kurutma (MK) ve kuru tuzlamanın ürünün fiziksel, biyokimyasal, mikrobiyolojik özellikleri ve kurutma karakteristikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Ön işlem olarak uygulanan tuzlama %100NaCl ve %50NaCl+%50KCl karışımıyla gerçekleştirilmiş ve sodyum miktarını azaltmanın etkisi araştırılmıştır. Etler 9 gruba ayrılmış, ilk 3 grup TK, MK, TK+MK yöntemleriyle kurutulurken; diğer 6 gruba %100NaCl ve %50NaCl+%50KCl ile ön tuzlama yapılarak sırasıyla TK, MK ve TK+MK uygulanmıştır. TK ile kuruma süresi 660 dk. ve difüzyon katsayısı 1.33×10^{-8} iken MK kurutma süresini 250 dk.'ya kısaltmış difüzyon katsayısını (3.88×10^{-8}) arttırmıştır ($p < 0.05$). Kurutma eğrileri farklı ince tabaka kurutma modelleriyle modellenmiş ve sistemi tanımlayan en uygun modelin "Page Model" olduğu saptanmıştır. Tüm kurutma işlemleri mikrobiyel gelişimi önlemiştir. MK ile sertlik TK'ya göre önemli ölçüde artarken, rehidrasyon oranı düşmüştür ($p < 0.05$). MK ile hem-demir içeriği TK'ya göre daha yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). MK ile enstrümental renk değerleri daha kısa ısıtma işlem süresinden dolayı TK'ya kıyasla daha iyi korunmuştur. Kullanılan tuzların dielektrik özellikleri etkilemediği gözlenmiştir. SDS-PAGE protein profilinde kurutma işleminin ağır miyosinde parçalanmaya sebep olduğu, tuzlamada KCl kullanılan gruplarda bant yoğunluğunun daha fazla olduğu görülmüştür. PCR analiz sonuçlarına göre, MK uygulamasıyla bantların daha silik, tuzlanmış gruplarda bantların daha belirgin olduğu gözlenmiş olup, PCR'a dayalı tür tayin testlerinin temelini oluşturan DNA kalitesinin MK ve tuzlamadan etkilendiği görülmüştür. KCl'ün kurutulmuş etlerde ürün özelliklerinde önemli bir olumsuz etki yapmadan sodyum miktarının azaltılmasında ikame olarak kullanılabileceği önerilebilir. MK'nın et rengini ve hem demir içeriğini taze haline yakın şekilde koruduğu, kurutma süresini kısalttığı görülmektedir.

Eylül 2017, 148 sayfa

Anahtar Kelimeler: Sığır eti, tuzlama, tepsili kurutma, mikrodalga kurutma, mikrobiyel kalite, tekstür, DNA, SDS-PAGE, matematiksel modelleme

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

COMBINED EFFECT OF MICROWAVE DRYING WITH SALTING AND TRAY DRYING ON THE QUALITY CHARACTERISTICS OF BEEF

Emine ÇARKCIOĞLU

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

Supervisor: Prof. Dr. Kezban CANDOĞAN

The effect of microwave drying (MD) and dry salting as an alternative to tray drying (TD) on physical, biochemical, microbiological, and drying characteristics of beef was investigated. Salting as pretreatment before drying was carried out with NaCl or NaCl/KCl salts to evaluate the effect of sodium reduction. Beef was divided into 9 groups: three groups were subjected to TD, MD, TD+MD; for the other 6 groups, 100%NaCl or 50%NaCl+50%KCl followed by MD, TD or MD/TD was applied. For TD, drying time was 660 min. and effective diffusivity (D_{eff}) was $1.33 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ while MD decreased drying time to 250 min. and increased D_{eff} ($3.88 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$) ($p < 0.05$). Drying curves were fitted to different thin layer drying models with “Page Model” the recommended one. Drying inhibited microbial growth. While hardness increased, rehydration ratio decreased in dried beef with MD compared to TD ($p < 0.05$). Heme-iron content in dried beef was higher in MD than TD ($p < 0.05$). Instrumental color parameters were maintained well with MD when compared to TD. Dielectric properties were not affected by salts. Drying resulted in degradation of heavy-myosin in SDS-PAGE protein profile, and salting with KCl increased band intensity. In PCR analysis, MD resulted in smeared bands while salted groups had clearer bands indicating that MD and salting could affect DNA quality that could be used in PCR based authentication. KCl was recommended as a substitute for NaCl without adversely affecting product quality. MD as an energy efficient technique appeared to shorten drying period and preserve color and hem-iron content of meat.

September 2017, 148 pages

Key Words: Beef, salting, tray drying, microwave drying, microbiological quality, texture, DNA, SDS-PAGE, mathematical modeling

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın yürütülmesi sırasında sahip olduğu bilgisini, tecrübesini, manevi desteğini esirgemeyen ve bilimsel anlamda her zaman örnek aldığım, bana gerek tezim gerekse akademik kariyerimde her zaman yol gösteren çok değerli danışmanım Prof. Dr. Kezban CANDOĞAN'a (Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı) öncelikli olarak teşekkür ederim. Tez izleme komitemde yer alan Doç. Dr. Serap COŞANSU AKDEMİR'e (Sakarya Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü), Doç. Dr. Aslı İŞÇİ YAKAN'a (Ankara Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü) ve Prof. Dr. Halil VURAL'a (Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü) değerli katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmamda ilgi ve yardımlarını gördüğüm Prof. Dr. Gustavo Barbosa Canovas'a (Washington State University), Yrd. Doç. Dr. Özge ŞAKIYAN DEMİRKOL'a (Ankara Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü), Doç. Dr. Evrim GÜNEŞ ALTUNTAŞ'a (Ankara Üniversitesi Biyoteknoloji Enstitüsü), Doç. Dr. Sencer BUZRUL'a (TAPDK), , Arş. Gör. Naciye KUTLU'ya (Ankara Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü), Arş. Gör. Esin ORHAN YANIKAN'a, Betül AKSU'ya, Emine BALABEY'e ve Sevgi AKTAŞ'a teşekkür ederim.

Hayatım boyunca yanımda olup benden desteğini ve sevgisini hiç esirgemeyen, giriştiğim her işte beni cesaretlendiren, arkamda olduğunu her zaman hissettiğim, bağımsız bir birey olarak yetişmemi sağlayan sevgili annem Hüsne ÇARKCIOĞLU'na, babam Vahap ÇARKCIOĞLU'na, ablam Saime ACAR'a ve kardeşim Samet ÇARKCIOĞLU'na teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında her türlü desteği gösteren, her zaman yanımda olan Yusuf OLUM'a en derin duygularıyla teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından 15B0443006 nolu proje ile desteklenmiştir.

Emine ÇARKCIOĞLU
Ankara, Eylül 2017

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
2.1 Kurutma Prensipleri.....	9
2.2 Gıda Kurutma Yöntemleri	12
2.2.1 Güneşte kurutma.....	12
2.2.2 Ozmotik dehidrasyon.....	14
2.2.3 Dondurarak kurutma	15
2.2.4 Sıcak hava akımı ile kurutma	19
2.2.5 Kızgın buharla kurutma.....	21
2.2.6 Ultrasonik ses dalgalarıyla kurutma	23
2.2.7 Vakum kurutma	24
2.2.8 Dielektik kurutma yöntemleri.....	25
2.2.8.1 Mikrodalga Kurutma.....	31
2.2.8.2 Mikrodalga-Vakum Kurutma	33
2.2.8.3 Radyo Frekans (RF) kurutma.....	35
2.3 Kurutma Eğrilerinin Matematiksel Modellenmesi	36
2.4 Gıdaların Mikrodalga Uygulamasının Sağlık Üzerine Etkisi.....	40
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	43
3.1 Materyal.....	43
3.2 Yöntem.....	43
3.2.1 Kurutma yöntemleri	43
3.2.2 Nem içeriği	45
3.2.3 Yağ içeriği	46

3.2.4 Protein içeriği	46
3.2.5 Kül içeriği	46
3.2.6 pH değeri	46
3.2.7 Tuz Miktarı	47
3.2.8 Su aktivitesi değeri	47
3.2.9 Enstrümental renk değerleri ve renk kinetiği	47
3.2.10 Tekstür profil analizi	48
3.2.11 Rehidrasyon oranı.....	48
3.2.12 Büzülme oranı	49
3.2.13 Dielektrik zellikleri.....	49
3.2.14 Hem-demir içeriği	49
3.2.15 Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı	50
3.2.16 Laktik asit bakteri sayısı	50
3.2.17 Koliform grubu bakteri ve Esheria coli sayımı	50
3.2.18 Sülfit indirgeyen anaerob sporlu bakteri sayımı.....	51
3.2.19 Toplam maya ve küf sayımı	52
3.2.20 Koagülaz pozitif stafilokok.....	52
3.2.21 DNA bütünlüğünün belirlenmesi.....	52
3.2.22 Sodyum dodesil sülfat elektroforez (SDS-PAGE) ile protein profilinin belirlenmesi	55
3.2.23 Kurutma eğrilerinin matematiksel modellenmesi.....	56
3.2.24 İstatiksel analiz	60
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	61
4.1 Kimyasal Bileşim ve pH Değeri	61
4.2 Su Aktivitesi	63
4.3 Enstrümental Renk Değerleri ve Renk Kinetiği	69
4.3.1 Açıklık-koyuluk (L*), kırmızılık (a*) ve sarılık (b*) değerleri	69
4.3.2 Renk değişim kinetiği.....	71
4.3.3 Toplam renk farklılığı (ΔE), kroma (C*) ve ton açısı (h) değerleri.....	84
4.4 Hem-Demir İçeriği	86
4.5 Tekstür Profil Analizi	89
4.6 Rehidrasyon Oranı.....	97
4.7 Büzülme Oranı	99
4.8 Dielektrik zellikler.....	101

4.9 Mikrobiyolojik Analizler	109
4.10 DNA Bütünlüğünün Belirlenmesi.....	110
4.11 Sodyum Dodesil Sülfat Elektrophorez (SDS-PAGE) ile Protein Profilinin Belirlenmesi	114
4.12 Kurutma Eğrilerinin Matematiksel Modellenmesi.....	116
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	123
KAYNAKLAR... ..	127
ÖZGEÇMİŞ.....	146



SİMGELER DİZİNİ

NaCl	Sodyum klorür
KCl	Potasyum klorürdür
a_w	Su aktivitesi
θ	Nem oranı
θ_0	Son nem içeriği
D_{eff}	Etkili difüzyon katsayısı
Hz	Hertz
λ	Dalga boyu
ϵ'	Dielektrik sabiti
ϵ''	Dielektrik kayıp faktörü
$\tan\sigma$	Kayıp tanjantı
PCR	Polimer zincir reaksiyonu
mtDNA	Mitokondriyel DNA
nDNA	Nükleer DNA
k, a, b, c, n	Model katsayıları
t	Zaman
M_0	Ürünün ilk nem içeriği
M_i	Ürünün herhangi bir andaki nem içeriği
M_e	Ürünün denge nem içeriği
R^2	Belirleme katsayısı
χ^2	Ki-kare
RMSE	Tahmini standart hata
F	Her birim alanda gerçekleşen nem transfer oranı
C	Difüze olan maddenin konsantrasyonu
x	Boyut
D	Difüzyon katsayısı
L	Materyalin yarı kalınlığı
D_{eff}^0	Mutlak sıcaklıktaki difüzyon katsayısı
T	Kurutma sıcaklığı
E_a	Aktivasyon enerjisi
R	Gaz sabiti
L^*	açıklık- koyuluk
a^*	Kırmızılık
b^*	Sarılık
C^*	Kroma
h	Ton açısı
ΔE	Toplam renk farklılığı
M_t	Herhangi bir t zamanında etin kütlesi
M_d	Kurutulan etin nihai kütlesi
V_1	Etin ilk hacmi
V_2	Etin kuruduktan sonraki hacmi
HCl	Hidroklorik asit
MgCl ₂	Magnezyum klorür
Tm	Bağlanma sıcaklığı
K ⁺	Potasyum

K	Kontrol, taze et
kb	Kilo baz çifti
bp	Baz çifti

Kısaltmalar

ANO	Ayrılabilir nem oranı
SDS-PAGE	Sodyum dodesil sülfat elektroforez
TAMB	Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı
LAB	Laktik asit bakteri
EMS	En Muhtemel Sayım yöntemi
FTS	Fizyolojik tuzlu su
RO	Rehidrasyon oranı
BO	Büzülme Oranı
TBA	Tiyobarbiturik asit
HAA	Heterosiklik aromatik aminler
PAH	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar
TK	Tepsili kurutucu
RF	Radyo Frekans
MK	Mikrodalga kurutma

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Su aktivitesiyle gıdalardaki bozulma reaksiyonlarının ilişkisi	9
Şekil 2.2 Sabit kurutma koşulları için tipik kurutma-hız eğrisi	10
Şekil 2.3 Güneşte kurutulan etler	13
Şekil 2.4 Endüstriyel tip bir liyofilizatör.....	16
Şekil 2.5 Tipik bir tepsili kurutucu	19
Şekil 2.6 Basit bir kızgın buharlı kurutucunun şematik gösterimi	23
Şekil 2.7 Basit bir ultrasonik-vakum kurutma sistemi	24
Şekil 2.8 Tipik bir vakum kurutucunun şematik gösterimi.....	25
Şekil 2.9 Elektromanyetik spektrum: frekanslarına ve dalga boylarına göre tanımlı farklı ışıma türleri	26
Şekil 2.10 Dalga boyu frekans ilişkisi.....	27
Şekil 2.11 Dielektrik ısınma mekanizması*	29
Şekil 2.12 Ev tipi bir mikrodalga fırının şematik gösterimi	31
Şekil 2.13 Mikrodalga-Vakum sisteminin şematik gösterimi.....	34
Şekil 2.14 Mikrodalga (a) ve Radyo frekans (b) fırınların şematik gösterimi	35
Şekil 3.1 Et kesme düzeneği	43
Şekil 3.2 Laboratuvar tipi tepsili kurutucu.....	44
Şekil 4.1 TK, NaCl+TK, NaCl/KCl+TK ile kurutulan etlerin su aktivitelerinin kurutma boyunca zamana bağlı değişimi	65
Şekil 4.2 MK, NaCl+MK, NaCl/KCl+MK ile kurutulan etlerin su aktivitelerinin kurutma boyunca zamana bağlı değişimi	65
Şekil 4.3 TK+MK, NaCl+TK+MK, NaCl/KCl+TK+MK ile kurutulan etlerin su aktivitelerinin kurutma boyunca zamana bağlı değişimi	66
Şekil 4.4 Tuzlama işlemi boyunca etlerdeki nem ve tuz içeriklerindeki değişim.....	68
Şekil 4.5 Tepsili kurutucuda kurutulan etlerin L*, a* ve b* renk değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi	73
Şekil 4.6 Mikrodalga ile kurutulan etlerin L*, a* ve b* renk değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi	74
Şekil 4.7 Tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutulan etlerin L*, a* ve b* renk değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi	75
Şekil 4.8 NaCl ile tuzlama sonrası tepsili kurutucu ile kurutulan etlerin L*, a* ve b* renk değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi	76
Şekil 4.9 NaCl ile tuzlama sonrası mikrodalga ile kurutulan etlerin L*, a* ve b* renk değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi	77

Şekil 4.10 NaCl ile tuzlama sonrası tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutulan etlerin.....	78
Şekil 4.11 NaCl ve KCl ile tuzlama sonrası tepsili kurutucu ile kurutulan etlerin L*, a*.....	79
Şekil 4.12 NaCl ve KCl ile tuzlama sonrası mikrodalga ile kurutulan etlerin L*, a* ve b* renk değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi	80
Şekil 4.13 NaCl ve KCl ile tuzlama sonrası tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutulan etlerin L*, a* ve b* değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi	81
Şekil 4.14 Farklı kurutma yöntemleri uygulanan etlerin hem-demir içeriğindeki değişimler	88
Şekil 4.15 Farklı kurutma yöntemleri uygulanan kuru etlerin tekstür profil analiz sonuçları	95
Şekil 4.16 Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulduktan sonra rehidre edilen etlerin tekstür profil analiz sonuçları	96
Şekil 4.17 Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan etlerin rehidrasyon oranı değerleri	98
Şekil 4.18 Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan etlerin büzülme oranı değişimi	100
Şekil 4.19 Kurutma işlemleri boyunca etlerin ϵ' (dielektrik sabiti) değerindeki değişim	102
Şekil 4.20 Kurutma işlemleri boyunca etlerin ϵ'' (kayıp faktörü) değerindeki değişim	103
Şekil 4.21 DNA izolasyonuna ait jel görüntüsü.....	112
Şekil 4.22 PCR örneklerine ait jel görüntüsü.....	114
Şekil 4.23 Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan 9 grup etin miyofibrillar proteinleri için SDS-PAGE analiz görüntüleri	115
Şekil 4.24 Tepsili kurutucu ile kurutulan etlerin kurutma eğrileri.....	117
Şekil 4.25 Mikrodalga ile kurutulan etlerin kurutma eğrileri	117
Şekil 4.26 Tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutulan etlerin kurutma eğrileri.....	118

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Mikrodalgayla destekli kurutma teknikleri	33
Çizelge 3.1 Sığır etlerine uygulanan farklı kurutma teknikleri.....	44
Çizelge 3.2 Farklı kurutma yöntemleri uygulanan etlerin kurutma koşulları	45
Çizelge 3.3 PCR denemesinde kullanılan primerlere ait bilgiler	53
Çizelge 3.4 PCR karışımında bulunan bileşenlerin konsantrasyonları	54
Çizelge 3.5 PCR analizi için koşullar	54
Çizelge 3.6 Etlerin kurutulmasında en çok kullanılan ince tabaka modelleri.....	56
Çizelge 4.1 Hammadde ve kurutulmuş etlerin kimyasal bileşimi (%) ve pH değerleri*	62
Çizelge 4.2 Hammadde ve kuru etlerin su aktivitesi değerleri*	64
Çizelge 4.3 Tepsili kurutucu ile kurutulan etlerin zamana bağlı aw değişimi*	66
Çizelge 4.4 Mikrodalga ile kurutulan etlerin zamana bağlı aw değişimi*.....	67
Çizelge 4.5 Tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutulan etlerin zamana bağlı aw değişimi*.....	67
Çizelge 4.6 Başlangıçta ve kurutmadan sonra etlerin L*, a* ve b* renk değerleri*	70
Çizelge 4.7 Tepsili kurutma ve mikrodalga kurutma işlemi ile elde edilen renk değerlerinin 0. dereceden ve 1. dereceden reaksiyon kinetiklerinden elde edilen lineer olmayan regresyon analizi sonuçları	82
Çizelge 4.8 NaCl ile tuzlama sonrası tepsili kurutucu ve mikrodalga işlemi ile elde edilen renk değerlerinin 0. dereceden ve 1. dereceden reaksiyon kinetiklerinden elde edilen lineer olmayan regresyon analizi sonuçları	83
Çizelge 4.9 NaCl/KCl ile tuzlama sonrası tepsili kurutucu ve mikrodalga işlemi ile elde edilen renk değerlerinin 0. dereceden ve 1. dereceden reaksiyon kinetiklerinden elde edilen lineer olmayan regresyon analizi sonuçları	84
Çizelge 4.10 Farklı yöntemlerle kurutulan etlerin ΔE , C* ve h renk parametreleri	86
Çizelge 4.11 Farklı kurutma yöntemleri uygulanan etlerin hem-demir içeriği değişimi.....	87
Çizelge 4.12 Farklı kurutma yöntemleri uygulanan kuru etlerin tekstür profil analiz sonuçları*	91
Çizelge 4.13 Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulduktan sonra rehidre edilen etlerin tekstür profil analiz sonuçları*	93
Çizelge 4.14 Farklı yöntemlerle kurutulan etlerin rehidrasyon oranı sonuçları*.....	99
Çizelge 4.15 Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan etlerin büzülme oranı değişimi*.....	100
Çizelge 4.16 Tepsili kurutucu ile kurutulan etlerin zamana bağlı ϵ' değeri değişimi*.....	104

Çizelge 4.17 Mikrodalga ile kurutulan etlerin zamana bağlı ϵ' değeri değişimi*	105
Çizelge 4.18 Tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutulan etlerin zamana bağlı ϵ' değeri değişimi*	106
Çizelge 4.19 Tepsili kurutucu ile kurutulan etlerin zamana bağlı ϵ'' değeri değişimi*	107
Çizelge 4.20 Mikrodalga ile kurutulan etlerin zamana bağlı ϵ'' değeri değişimi*	108
Çizelge 4.21 Tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutulan etlerin zamana bağlı ϵ'' değeri değişimi*	109
Çizelge 4.22 Kuru etlerden ekstrakte edilen DNA'ların konsantrasyonu saflık ve kirlilik oranları*	111
Çizelge 4.23 Farklı kurutma yöntemleri uygulanan etlerin kuruma süreleri ve difüzyon katsayıları	119
Çizelge 4.24 Kurutma eğrilerinin hesaplanan model parametreleri ve istatistiki analiz sonuçları	121

1. GİRİŞ

Et ve et ürünleri insan sağlığı için son derece önemli elzem amino asitleri yüksek oranda içermeleri, A vitamini, B12 vitamini ve folik asit gibi vitaminler ve demir, çinko, selenyum gibi mineral maddeler bakımından zengin olmaları nedeniyle insan beslenmesinde önemli yere sahip olan gıda maddeleridir (Fakolade ve Omojola 2008, Rahman vd. 2005, Schonfeldt ve Gibson 2008). Etlerin yapısında bulunan ve bitkisel kaynaklı gıdalarla kıyaslandığında biyoyararlılıkları oldukça yüksek olan bu besin öğeleri çocuklarda ve gençlerde zihinsel gelişim ve fonksiyonu desteklemektedir. Ayrıca yüksek protein ve düşük karbonhidrat içeriği yönünden de düşük glisemik indeksli gıdalar grubunda yer alan etler, diyetle tercih edilen gıda grubunda yer almaktadır (Biesalski 2005, McNeill ve Van Elswyk 2012).

Yüksek besin değerine sahip olan et ve ürünleri doğası gereği mikrobiyolojik ve biyokimyasal bozulmalar için oldukça elverişli bir ortam oluşturmaktadır. Etler özellikle yüksek su aktivitesi nedeniyle mikroorganizmaların gelişimi için uygun ortam sağladıklarından çabuk bozulan gıdalar grubuna girmektedir. Taze etlerin yaklaşık %70-77 civarındaki yüksek nem içeriği ve yüksek su aktivitesi, mikrobiyel bozulmalar yanında enzimatik ve kimyasal reaksiyonlar için de elverişli ortam oluşturmaktadır. Çoğu işlenmiş et ürününde önemli bir kontrol noktası olan nem içeriği ürün güvenilirliği için kritik bir öneme sahiptir. Genel olarak gıdalarda düşük nem içeriği ile su aktivitesi de azalmakta, patojen ve bozulma yapan mikroorganizmaların gelişimi, kimyasal ve enzimatik reaksiyonlar da yavaşlamaktadır (Young vd. 2001).

Günümüzde etlerin bozulmalarını önlemek, mikrobiyel güvenliği sağlamak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla soğutma, dondurma, yüksek sıcaklık uygulaması, fermentasyon, ışınlama, yüksek basınç uygulaması, katkı maddesi ilavesi ve kurutma gibi birçok yöntem uygulanmaktadır. Bu yöntemler içinde yer alan ve etlerin korunmasında eski çağlardan beri uygulanan en eski geleneksel koruma yöntemlerinden biri kurutmadır (Zukál ve Incze 2010). Kurutma ile su aktivitesi düşürülmekte, ürünün enzimatik ve kimyasal reaksiyonlar ile mikrobiyel gelişim için elverişsiz hale getirilmesi sağlanmaktadır (Rahman vd. 2005, Traffano-Schiffo vd. 2014). Kurutulmuş

etler, katkı maddesi ilavesine gerek kalmadan uzun süre muhafaza edilebilen, genellikle, dilimlenmiş veya küp olarak doğranmış halde çorba, hazır yemekler veya kedi-köpek mamalarında kullanılan ürünlerdir (Başlar vd. 2014, Nathakaranakule vd. 2007).

Etlerin kurutularak raf ömrünün uzatılması amacıyla uzun yıllardır kullanılan geleneksel güneşte kurutma yönteminde hammadde baharatla muamele edildikten sonra tamamen kuruyuncaya kadar güneşe maruz bırakılmaktadır (Chabbouh vd. 2011). Bu yöntemde çevreden küf ve sporlu bakteriler gibi kuru ortama dirençli mikroorganizmaların bulaşma riski vardır. Bunun yanı sıra, açık havada kurutma sebebiyle toprak, toz, yağmur, böcek vb. etkisiyle ürün kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesi söz konusudur (Doymaz 2005, Rahman vd. 2005).

Günümüzde bu olumsuzluklara karşı geliştirilen konveksiyonel olarak tepsili kurutucularda hava akımıyla etlerin kurutulması endüstri tarafından kullanılan en yaygın yöntemdir (Ratti 2001). Bu yöntemde, gıdanın sürekli bir sıcak hava akımına maruz bırakılmasıyla yapısında bulunan suyun uzaklaştırılması sonucu, ürünün raf ömrünün bir yıla kadar uzaması sağlanır. Ancak, bu teknik yüksek enerji sarfıyatı, uzun kurutma süresi gibi bazı dezavantajlara sahiptir (Maskan 2001a, Ratti 2001).

Ülkemizde uygulanan sıcak hava akımıyla tepsili kurutucuda kurutma işleminde etler tuzlanmak suretiyle bir ön kurutma işlemine tabi tutulmaktadır. Bu yöntem hem etlerin ileri aşamalarda kurumasını kolaylaştırmakta hem de ürüne olan tuz difüzyonundan dolayı su aktivitesini düşürmektedir. Tuzlama tek başına kullanıldığında etkili bir yöntem olmayıp genellikle ileri aşamalardaki kurutma için bir ön işlem olarak uygulanmaktadır (Shi ve Le Maguer 2002). Bu yöntemde tuzlama aşamasında yaygın olarak sofra tuzu, yani, sodyum klorür (NaCl) kullanılmaktadır. Diğer taraftan epidemiyolojik çalışmalar diyetle alınan yüksek sodyum miktarının bazı sağlık sorunlarını beraberinde getirdiğini göstermiştir (Antonios ve MacGregor 1997). Günlük kişi başı 6g'dan fazla NaCl tüketiminin kan basıncını arttırıcı etkisinden dolayı, hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalıkların, ayrıca, böbrek rahatsızlıklarının önüne geçmek adına günlük tuz tüketiminin sınırlandırılması önerilmektedir (Barbut ve Mittal 1989, Ruusunen ve Puolanne 2005, Seganfredo vd. 2016). Batılı ülkelerde diyetle alınan

tuzun %20-30 kadarının et ve et ürünlerinden kaynaklandığı, bu nedenle et ürünlerindeki tuz miktarının azaltılmasının sağlık açısından önem taşıdığı bildirilmektedir (Verma vd. 2012). Bu durum, NaCl yerine, tuzlu tadı veren ve ürün özelliklerini olumsuz yönde etkilemeyen alternatif ingrediyenlerin kullanımını gerektirmektedir. Bu amaçla, gıdalarda Na miktarını azaltmak için en yaygın olarak kullanılan tuz ikamesi potasyum klorürdür (KCl). Belirli oranlarda kullanıldığında KCl, gıdalarda herhangi bir duyuşal, besinsel ve tekstürel problemlere yol açmadan, sodyumun yüksek tansiyon üzerine olumsuz etkisini önleyebilmektedir (Ruusunen ve Puolanne 2005).

Kurutma işlemi boyunca işlem optimizasyonunu sağlamak son ürün kalitesi açısından oldukça önemlidir (Clemente vd. 2011). Etlerin kurutulmasında en önemli fiziksel kalite parametrelerinden birisi rehidrasyon kapasitesidir. Kurutma prosesinin etlerin suyu tekrar absorplayabilme yeteneğini olumsuz etkilememesi gerekir (Matashige ve Akahoshi 2002). Et gibi protein içeriğı yüksek olan gıdalarda konveksiyonel (sıcak hava akımıyla) yöntemde uygulanan yüksek ısıl işleminden dolayı gerçekleşen denatürasyon ile yüzeyde kuruma ve rehidrasyon kapasitesinde düşüş meydana gelmekte, yüzey denatürasyonu, kurutma esnasında nemin gıdadan uzaklaştırılmasını zorlaştırarak kurutma veriminin düşmesine de sebep olmaktadır. Gıdaların kurutulmasında bu olumsuzlukların önlenmesinde kullanılabilecek alternatif bir kurutma yöntemi olan dondurarak kurutma ile ürünün fiziksel ve duyuşal özellikleri korunurken, uzun zaman alması, yüksek maliyeti ve yüksek enerji sarfıyatı nedeniyle endüstriyel kullanım için uygun bir yöntem değildir (Babic vd. 2009, Claussen vd. 2007). Bu nedenle, son yıllarda kurutma süresini kısaltan, enerji sarfıyatını azaltan, kurutma işleminin etkinliğini arttıran ve ürün kalitesini koruyan tekniklere yönelim artmıştır.

Kuru gıdanın kalitesi ancak kurutma süresinin ve sıcaklığının düşürülmesiyle iyileştirilebilir (Başlar vd. 2014). Uygulama süresi ve sıcaklığı konveksiyonel yöntemle göre daha düşük olabilen dielektrik ısıtma türü olan mikrodalga tekniğı et ve et ürünlerinin işlenmesi için alternatif bir yol olarak önerilmektedir (Laycock vd. 2003, Maskan 2001a). Mikrodalga kurutma, yüksek frekansta uygulanan elektromanyetik dalgaları gıdanın absorbe etmesi ve bu enerjiyi ısıya dönüştürmesi prensibine dayanır

(Vadivambal ve Jayas 2007). Isınmanın gıdanın yüzeyinden iç kısımlarına aktarılarak gerçekleştiği konveksiyonel yöntemin aksine, mikrodalga tekniğinde ısı iletimi gıdanın içerisinde homojen bir şekilde olduğundan daha hızlı ve etkili bir kuruma gerçekleşir (Zayas ve Naewbanij 1986, Giri ve Prasad 2007, Kirmaci ve Singh 2012). Hızlı bir kurumunun yanında mikrodalga tekniği enerji tasarrufu, iyi bir proses kontrolü ve yüksek besinsel kalite sağlaması gibi avantajlara da sahiptir. Mikrodalga kurutma tekniğinde hacimsel bir ısınma gerçekleşeceği için yüzey kuruması engellenmekte, bunun yanı sıra iç ve dış basınç farkından dolayı içerdeki nemin dışarıya doğru pompalanması nedeniyle dehidrasyon oranı artmaktadır (Şakıyan Demirkol 2007). Gıda endüstrisinde mikrodalga tekniği genellikle etlerde tavlama, çözündürme, tutsülenmiş et veya köftelerin ön ısıtılmasında kullanılmaktadır (Tang vd. 2008).

Mikrodalga kurutma işlemi için kritik sıcaklık ve nem değerlerinin bilinmesi ve geliştirilecek olan yeni teknikler için işlem karakterizasyonunun sağlanması oldukça önemlidir (Araszkiewicz vd. 2007, Traffano-Schiffo vd. 2014). Kurutma, kütle ve enerji transferinin söz konusu olduğu en sık uygulanan temel işlemlerden birisi olduğundan transfer mekanizmalarının bilinmesi ve kullanılacak olan matematiksel modellerin kurutma eğrilerine uyumluluğu uygulanan işlemin tanımlanması açısından önemlidir (Clemente vd. 2011).

Etlere uygulanan farklı tür pişirme ve kurutma işlemlerinin türe özgü gen bölgelerini önemli şekilde etkileyebileceği dikkate alınmalıdır. Pişmiş ve kurutulmuş etten elde edilen DNA'nın kalitesi (bütünlüğü, saflığı, kaybı) genellikle elektroforetik ve spektrofotometrik yöntemler kadar farklı uzunluktaki ampikonların PCR amplifikasyonu ile de belirlenmektedir (Musto vd. 2014). Literatür incelendiğinde etlerin mikrodalga ile kurutulmasının DNA bütünlüğünü nasıl etkilediği ile ilgili bir çalışma mevcut değildir.

Tüm bu nedenlerden dolayı gıda endüstrisinde mikrodalga kurutma ile ilgili bilgi eksikliğini giderecek alternatif uygulamalara yönelik planlanan bu çalışma ile taze sığır etinin kurutulmasında kullanılan mikrodalga tekniğinin proses koşullarının belirlenmesi, bu alternatif kurutma yöntemi ile denge nem içeriğine kadar kurutulan etlerin model bir

Çalışma ile mikrobiyolojik, fiziksel, biyokimyasal özelliklerinin saptanması amaçlanmıştır. Bunun yanında tuzlama ile ön işlem uygulaması hem NaCl hem de NaCl/KCl karışımıyla gerçekleştirilmiş olup, tuzlama sonrası kurutulan etlerin kuruma karakteristikleri ve bahsedilen ürün özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca, mikrodalga kurutma ve tuzlama n işleminin sığır etine özgü spesifik gen bölgeleri üzerine etkisinin gözlemlenmesi amacıyla, olası tağşışlerde tür tespiti açısından önemli bir yere sahip olan DNA'nın bütünlüğünün tespiti için, etlerden izole edilen DNA'daki değişim de incelenmiştir. Tüm kurutma işlemleri ile elde edilen nem değişim grafikleri kullanılarak farklı ince tabaka kurutma modellerinin deneysel veriler ile uyumluluğunun belirlenmesi ve en uygun modelin seçilmesi amaçlanmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yüksek besin değeri nedeniyle asırlardır beslenmede önemli bir yer tutan et ve ürünleri sofralarda beğenilerek tüketilen gıdalar grubunda yer almaktadır. Küresel et üretimi ve tüketiminin gelecek 10 yıl içinde önemli ölçüde artış göstereceği, özellikle gelişmekte olan ülkelerde 2013-15 dönemine göre 2025'te üretimin %20, tüketimin ise %6 oranında artış göstereceği tahmin edilmektedir (<http://dx.doi.org> 2016). Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) 2017 yılı Nisan ayı verilerine göre dünyada kırmızı et üretimi (domuz eti hariç) belli başlı ülkelerde karkas ağırlığı başına yıllık 62 milyon ton, kanatlı eti üretimi ise 89.5 milyon ton'dur (<http://apps.fas.usda.gov> 2017). TÜİK verilerine göre ise 2016 yılında Türkiye kırmızı et üretimi 1.2 milyon ton, kanatlı eti üretimi ise 1.9 milyon ton olarak bildirilmiştir (<http://tuikapp.tuik.gov.tr> 2017a, 2017b).

Kırmızı et üretim miktarları düşünüldüğünde dünyada kırmızı et endüstrisinin ekonomide önemli bir yere sahip olan gıda sektörlerinden birisi olduğu görülmektedir. Ayrıca, Avrupa Birliği'nde et ürünlerinin en önemli ve en çok katma değere sahip gıdalar olduğu kabul edilmektedir (Traffano-Schiffo vd. 2014). Bu bakımdan mevcut olan ürünlerin kalitesini arttıracak ve ekonomik bir şekilde üretimini sağlayacak yeni teknolojilerin et endüstrisine kazandırılması ekonomiye önemli katkılar sağlayacaktır.

Son yıllarda artan tüketici bilinciyle birlikte minimum işlem görmüş, katkısız, doğal ve besin değeri yüksek gıdalara olan talep gün geçtikçe artmakta; tüketicilerin kalite, uygunluk ve güvenilir gıda konusundaki değişen istekleri gıda arzını sınırlayan önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır (Winger ve Wall 2006). Günümüzde tüketicilerin bahsedilen isteklerine cevap verecek şekilde gıda üretimi, gıda sektöründe artan rekabet de göz önüne alındığında endüstrinin rekabet ortamı içerisinde yerini koruyabilmesi için piyasa taleplerini karşılayabilecek yenilik ve araştırmaya yönelik yatırımlar üzerinde durmaları ve araştırmacıların da bu konularda endüstriyle ortak çalışmalar yürütmeleri zorunlu hale gelmektedir (Chen vd. 2013).

Tüketici damak zevki ve ürün duyuşsal özellikleri açısından değişen tercihleri ve

güvenilir, yüksek kalitede gıda üretiminin gerekliliği, var olan gıda işleme tekniklerini iyileştirmeyi veya yeni teknikler geliştirmeyi zorunlu kılmaktadır (Cárcel vd. 2012). Geliştirilecek olan yeni teknolojiler ile birlikte gıdanın kimyasal katkı maddelerine ihtiyaç duyulmadan üretilmesi önemli bir beklenti olmuştur (Alves 2002). Gıdalar için geliştirilecek olan yeni teknolojilerde beklenen yenilikçi yaklaşımların, sağlıklı, besin değeri yüksek ve güvenilir gıda üretimi için, özellikle son yıllarda artan çevre bilinciyle birlikte, daha az su ve enerji tüketimi ile sürdürülebilir bir üretim sağlamaya yönelik olması gerektiği belirtilmiştir (Rollin vd. 2011).

Gıda işleme ve muhafaza uygulamalarının tarihçesi incelendiğinde uygarlığın doğuşundan önce dahi gıdaların kurutma ve tuzlama işlemleri uygulanarak muhafaza edildiği bilinmektedir (Pearson ve Gillett 1996). Kurutma bilinen en eski ve en etkili gıda muhafaza yöntemi olarak kabul edilmektedir (Ayanwale vd. 2007). Gıdalarda kurutma işlemi raf ömrünü uzatmak, ambalaj maliyetini düşürmek, taşıma işlemini kolaylaştırmak gibi amaçlarla uygulanmaktadır (Chou ve Chua 2001). Kurutma işlemi aynı zamanda gıdaların dondurma ve soğutma gibi maliyeti yüksek işlemlere gerek duyulmadan depolanmasını sağlamaktadır (Wray ve Ramaswamy 2015).

Önemli bir muhafaza yöntemi olarak uygulanan gıda kurutma işlemi gıda endüstrisinde en çok enerji sarf edilen proses aşamalarından birisi olarak görülmektedir (Ratti 2001). Ayrıca, en yaygın kullanılan kurutma yöntemi olan sıcak hava akımı ile kurutmada, yüksek sıcaklığa uzun süre maruz kalan gıdanın besinsel ve fiziksel kalitesinde düşüş ve gıdanın yapısındaki uçucu bileşiklerde, dolayısıyla, duyu özelliklerinde önemli kayıplar oluşabilmektedir. Bunun yanında, kuru gıdanın büzülmesi ve zayıf rehidrasyon özellikleri göstermesi de kurutmadan kaynaklı önemli bir dezavantaj olarak görülmektedir (Lewicki 2006).

Tüm bunlara rağmen kurutma işlemi ile birlikte diğer muhafaza yöntemleriyle sağlanamayan önemli avantajlar söz konusudur. Günümüz tüketicilerinin beklentisi olan besinsel değeri yüksek, maksimum kalitede ve güvenli gıda ürünlerinin üretiminin sağlanması yeni kurutma teknolojilerinin geliştirilmesini gerektirmektedir (Lewicki 2006). Bu bakımdan gıdanın kalitesini koruyacak ve enerji sarfiyatını minimum

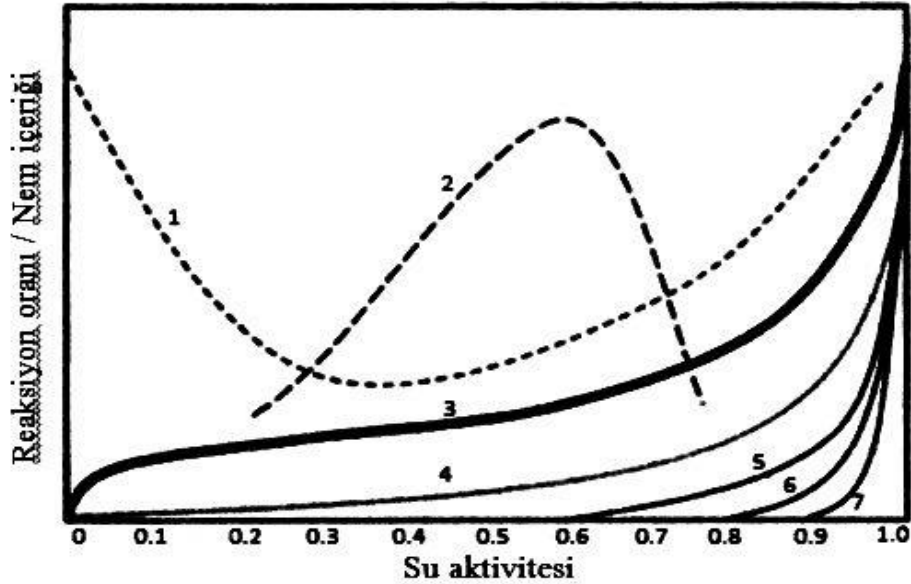
düzeyde tutacak yeni kurutma teknolojilerinin geliştirilmesi gıda endüstrisi açısından önemli bir ihtiyaçtır. Geliştirilecek olan yeni teknolojiler üründeki fiziksel ve kimyasal bozulmaları en aza indirirken ürünün güvenilir bir nem düzeyine kadar kurutulmasını da sağlamalıdır (Chou ve Chua 2001).

FAO (Anonymous 2001) raporuna göre soğuk zincirin tam anlamıyla sağlanamadığı gelişmekte olan ülkelerde etlerin muhafazası için uygulanabilecek en etkili yöntemin kurutma olduğu belirtilmiştir. Taze etler yüksek oranda su içermesi, iyi bir karbon ve protein kaynağı oluşu, B vitamini ve mikrobiyel gelişim için gerekli vitaminler yönünden zengin oluşu gibi bazı özellikler yönünden patojen ve bozulma yapan mikroorganizmaların gelişimi için ideal ortam oluşturmaktadır (Cutter vd. 2012). Kurutma işleminin sağladığı temel yarar ortamdan suyun uzaklaşmasıyla birlikte patojen ve bozulma yapan mikroorganizma gelişiminin engellenmesidir (Traffano-Schiffo vd. 2014).

Etlerde kurutma işlemi mikrobiyel güvenliği sağlamanın yanında hacim ve ağırlık kaybı sağlandığından taşıma ve ambalaj maliyetlerini de azaltmaktadır (Hii vd. 2014). Kurutma işlemi endüstride en çok enerji sarf edilen aşama olduğundan (Ratti 2001), et kurutma işlemi için enerji sarfiyatını düşürecek yeni teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Etlerin kurutulmasında kullanılan geleneksel teknikler uzun yıllardır güvenilir bir şekilde uygulandığından (Rodrigo vd. 2010), yeni teknolojilerin sistemle bütünleşmesinde bazı sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Ancak, geleneksel teknolojiler işlemin homojen uygulanamaması ve gıdanın kimyasal, fiziksel ve besinsel özelliklerinde önemli değişimlere neden olması gibi bazı dezavantajlara sahiptir (Barbosa-Cánovas vd. 1999). Bu bakımdan kurutma işlemi için etlerin fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerini en iyi şekilde koruyabilecek yeni teknolojilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Etlere uygulanan başlıca kurutma yöntemleri geleneksel olarak güneşte kurutma, sıcak hava akımı ile kurutma, dondurarak kurutma, ozmotik dehidrasyon ve tuzlamadır. Artık günümüzde yeni teknolojilerin de uygulanmasıyla kızgın buhar ile kurutma, yüksek ses dalgalarıyla kurutma, vakum kurutma, mikrodalga kurutma ve bu yöntemlerin kombinasyonları ile de et kurutma teknolojileri geliştirilmektedir.

2.1 Kurutma Prensipleri

Gıdalarda kurutmanın temel amacı su aktivitesinin düşürülerek bozulma yapan mikroorganizmaların gelişimini önlemek, enzimatik ve kimyasal bozulmaların önüne geçmektir. Gıdadaki suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranı olarak tanımlanan su aktivitesi ile gıdalardaki bozulma arasındaki ilişki şekil 2.1’de gösterilmiştir. Su aktivitesinin (a_w) 0.7’nin altına düşürülmesi ile mikrobiyel bozulma önlenbilse de diğer bozulma reaksiyonlarının önüne geçerek, depolamanın güvenli bir şekilde yapılabilmesi için gıdaların genellikle 0.3 a_w değerine kadar kurutulması tavsiye edilmektedir (Toledo 2007).



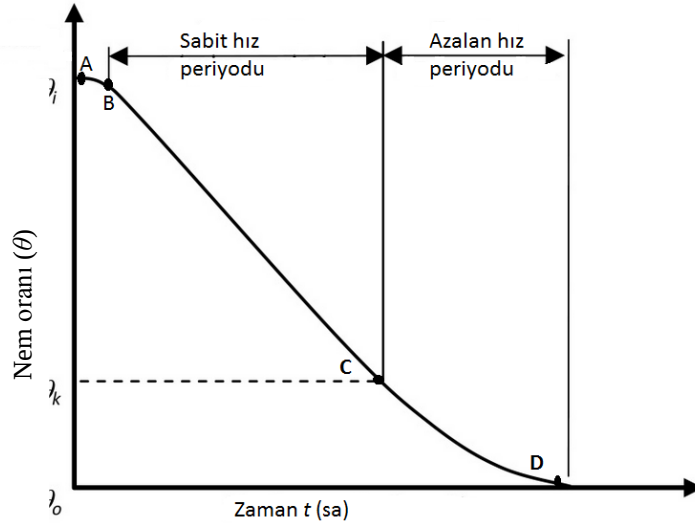
Şekil 2.1 Su aktivitesiyle gıdalardaki bozulma reaksiyonlarının ilişkisi (Toledo 2007)

1.Lipit oksidasyonu, 2. Esmerleşme reaksiyonları, 3. Sorpsiyon izotermi, 4. Enzimatik aktivite
5.Küf gelişimi, 6.Maya gelişimi, 7. Bakteriye gelişim

Kurutma ısı aktarımının üç temel mekanizması olan kondüksiyon (iletim), konveksiyon (taşıma) ve radyasyon (ışınım) yollarıyla gerçekleşmektedir. Kondüksiyon ile ısı aktarımı yalnızca katı moleküllerde gerçekleşir. Kondüksiyon yoluyla kurutmada kuruma için gerekli olan ısı, moleküllerin hareket enerjisinin birbirlerine aktarılmasıyla oluşur; yani, daha sıcak olan moleküller daha soğuk olan moleküllere doğru hareket ederek kendi enerjisini aktarır (Geankoplis 1972).

Kondüksiyonla kurutma yapılırken kurutulacak olan gıdadaki nemin buharlaşması için gerekli olan ısı, gıdanın sıcak bir yüzeye temas etmesiyle aktarılır. Konveksiyonla ısı aktarımı, kondüksiyonla ısı aktarımının aksine yalnızca sıvı ve gaz moleküllerinde gerçekleşir ve dolaylı olarak ısı aktarımı söz konusudur. Konveksiyon kurutmada, kuruma için gerekli olan ısı, moleküllerin kütsel hareketleriyle iletilir. Kütsel hareketi sağlayan moleküller sıvı veya gaz haldeki moleküllerdir (Earle 1983). Isınan moleküllerin yükselmesi, daha soğuk olan moleküllerin ise alçalması prensibiyle sirküler bir harekete dayanır. Konveksiyonla kurutmada kurutulacak olan maddenin etrafından sıcak hava geçirilir (Kutlu vd. 2015). Bir diğerkurutma şekli olan radyasyonla kurutmada, ısı materyaller birbirlerine değmeden aktarılır ve ısı aktarımı için herhangi bir fiziksel ortam gerekmemektedir. Bu yöntemde ısı elektromanyetik dalgalarla aktarılmaktadır. Güneşin dünyayı ısıtması radyasyon yoluyla ısı aktarımına örnek olarak verilebilir (Geankoplis 1972).

Kuruma genellikle birkaç aşamadan oluşmaktadır. Her bir aşama farklı dehidrasyon oranlarıyla nitelendirilmektedir (Toledo 2007). Şekil 2.2’de sabit kurutma koşulları için tipik bir kurutma-hız eğrisi gösterilmektedir (Ip ve Wan 2012).



Şekil 2.2 Sabit kurutma koşulları için tipik kurutma-hız eğrisi (Ip ve Wan 2012)

Sabit kurutma koşulları için temel kuruma evresinin ön ısıtma periyodu, sabit hız periyodu ve azalan hız periyodu olmak üzere üç temel aşaması vardır. Ön ısıtma periyodunda (A-B), ısı enerjisinin çoğu gıdanın yüzeyinde bulunan suda absorbe olmuştur. Bunun sebebi havanın çok kötü bir iletken olmasıdır. B noktasındaki yüzey sıcaklığı ortam sıcaklığıyla dengeye ulaşmaktadır. Bu periyotta nem transfer oranı, yani kuruma oranı yüksek değildir (Geankoplis 1972, Ip ve Wan 2012).

Sabit hız periyodunda (B-C), B noktasından itibaren yeterli enerji absorplandığında yüzeydeki su hızlı bir nem transfer oranıyla buhar fazına geçmeye başlayacaktır. Bu aşamada kütle azalış oranı hava sıcaklığına, hava akım hızına ve atmosferik basınca bağlı olarak sabit kalacaktır ve bu aşamaya “sabit hız periyodu” denilmektedir. Grafikte B-C noktaları arasında kurutma hızı, nem azalışı, doğrusaldır (Geankoplis 1972, Ip ve Wan 2012).

Azalan hız periyodunda (C-D) ise, gıdanın yüzeyinde oluşan ilk kuru nokta olan kritik noktaya ulaşıldığında yüzeydeki nem uzaklaşmaya başlamakta ve yüzey katı-sıvı formunda bulunmaktadır. Bu noktada gıdanın içerisinden yüzeyine doğru bir difüzyon söz konusu olmaktadır. Bu aşamaya azalan hız periyodu denilmektedir. Burada difüzyon ikinci periyotta oluşan evaporasyona göre çok daha yavaş bir mekanizmayla gerçekleşir. Azalan hız periyodunda kuruma hızı da azalmaktadır. Nem transfer oranı son nem içeriğine (θ_0) ulaşılana kadar doğrusal olmayan şekilde azalmaktadır ve D noktasında kuruma durmaktadır (Geankoplis 1972, Ip ve Wan 2012).

Günümüzde halen en yaygın kullanılan et muhafaza yöntemi olan kurutma işlemi geleneksel olarak ve endüstride çeşitli şekillerde uygulanmaktadır. Bunun yanında üniversitelerde, araştırma enstitülerinde ve gıda AR-GE birimlerinde farklı kurutma teknolojileri üzerinde çalışılan önemli bir konudur.

2.2 Gıda Kurutma Yöntemleri

2.2.1 Güneşte kurutma

Bilinen en eski gıda muhafaza yöntemlerinin başında güneşte kurutma yöntemi gelmektedir. Güneşte kurutma et parçalarının açık havada güneş ışınlarına maruz bırakılarak bekletilmesi işlemidir (Ayanwale vd. 2007). Güneşte kurutma işlemi et gibi heterojen gıdalar söz konusu olduğunda birkaç haftaya kadar uzayabilmekte (Chenoll vd. 2007) ve uygun seviyede bir dehidrasyonun gerçekleştirilememesi durumunda bozulma gerçekleşebilmektedir (Zhou ve Zhao 2007). Günümüzde geleneksel olarak güneşte kurutma yöntemi hala uygulanmakta olup (Şekil 2.3), standardize edilmiş bir üretim şekli olmamakla birlikte bölgeden bölgeye üretim işlemi değişmektedir (Ishihara vd. 2013). Güneşte kurutma işleminden önce etler genellikle dilimlenerek tuzlanır veya salamurada bekletilir. Geleneksel olarak güneşte kurutularak sığır karkasının çeşitli bölgelerinden elde edilerek kuru kürlleme ile üretilen ülkemize özgü geleneksel ürün pastırmadır (Kaban 2009).

Güneşte kurutulan geleneksel et ürünlerinden en yaygın bilinen bir diğeri ise Tunus civarında tüketilen “Kaddid”dir. Chabbouh vd. (2013) kuzu etinin dilimleme ve salamuraya yatırılması ardından salamura etin baharatlarla muamelesi ile elde edilen “Kaddid”in kurutma karakteristiklerini ve kalite parametrelerini incelemiştir. Kurutma amacıyla direkt güneş ışınlarına maruz bırakılarak etler 16-29°C sıcaklık aralığında; baharat kullanılan etler için 3 gün, baharatla muamele edilmeyen etler için ise 5 gün boyunca kurutulmuştur. Bir diğeri geleneksel güneşte kurutularak üretilen ürün ise “Charqui” veya “Jerkey” Arjantin civarında yaklaşık 1 hafta güneş altında tutularak üretilen geleneksel bir ürün olmakla birlikte (Duran vd. 2015), günümüzde A.B.D.’de de üretilen bir üründür. Taze etin yanında bazı et ürünleri de güneş ışığına maruz bırakılarak kurutulmaktadır. Bu et ürünlerinden biri de geleneksel bir sosis olan ve güneş altında 5 günde kurutularak üretilen Baliye özgü “Urutan”dır (Antara vd. 2002).



Şekil 2.3 Güneşte kurutulan etler

Güneşte kurutma, et gibi heterojen yapıya sahip bir gıda söz konusu olduğunda bir kaç hafta gibi uzun proses süreleri gerektiren bir tekniktir (Chenoll vd. 2007). Uzun zaman alan bir yöntem olması yanında nem içeriğinin kontrolü de oldukça zordur. Ayrıca yöntemin doğal koşullara bağlı olması sebebiyle kurumada arzu edilen nem seviyelerine ulaşamaması sebebiyle kolaylıkla bozulma gerçekleşebilmektedir (Zhou ve Zhao 2007). Bunun yanında etler toz, yağmur, böcek gibi etkenlere maruz kalabilmekte (Ayanwale vd. 2007), havadan kaynaklanan kuru ortama dirençli olan aerobik mikroorganizmalarla, özellikle maya ve sporlu bakterilerle kontamine olabilmektedir (Rahman vd. 2005).

Rahman vd. (2005) tarafından *M. longissimus dorsi* kasının kurutulmasında farklı tekniklerin etin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine olan etkisinin araştırıldığı çalışmada, güneşte kurutma işlemi ile metal askılara asılan etler Mayıs ayında 30-42 °C sıcaklık aralığında kurutulmuştur. Güneşte kurutulan etlerin nem içeriğinin (% 22) sıcak havada (% 9), vakumda (% 10) ve liyofilizatörde (% 5) kurutulan etlere kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Güneşte kurutulan etlerde toplam aerobik mezofilik bakteri ve *Staphylococcus* spp. sayıları diğer gruplara göre yaklaşık 6 logaritmik birim daha yüksek bulunmuştur.

2.2.2 Ozmotik dehidrasyon

Ozmotik dehidrasyon gıdanın tuz veya şeker solüsyonuna (ozmotik solüsyon) daldırılması ile gıda ve gıdanın içinde bulunduğu ortam arasındaki nem farklılığı sonucu gerçekleşen dehidrasyon olayıdır (Chiralt ve Fito 2003). Her iki taraftaki su içeriği eşit olana kadar gıdadaki su ozmotik solüsyona doğru hareket eder (Shi ve Le Maguer 2002). Solüsyonun yüksek ozmotik basıncı, suyun gıda matriksinden solüsyona doğru olan kütle transferini sağlayan itici gücü oluşturur (Rastogi vd. 2002b). Ozmotik dehidrasyon için en yaygın kullanılan maddeler tuz ve şekerdir. Ancak, şekerin yüksek molekül ağırlığı gıdanın içerisine olan geçişini engellediğinden suyun dehidrasyonu için tuz kadar etkili olmamaktadır (Chenlo vd. 2002).

Günümüzde ozmotik dehidrasyon hem geleneksel olarak hem de endüstride en yaygın kullanılan gıda koruma yöntemlerinden biridir. İşletmelerdeki ozmotik dehidrasyon sistemleri temel olarak gıdaların yerleştirildiği bir tank ve ozmotik solüsyonun aktarıldığı bir pompadan ibarettir (Vega-Mercado vd. 2001).

Ozmotik dehidrasyon tek başına kullanıldığında etkili bir kurutma sağlamamaktadır. Bu sebeple bu işlem genellikle bir ön kurutma olarak veya diğer kurutma teknikleri (sıcak havada, liyofilizasyon, vakum kurutma vb.) için yardımcı bir işlem olarak uygulanmaktadır (Shi ve Le Maguer 2002). Chabbouh vd. (2011) ozmotik dehidrasyon ve sıcak havada kurutmanın birlikte etkisinin sığır etinin bazı kimyasal özelliklerine etkisini incelemişler, bunun yanında Peleg ve Jason modellerini kullanarak kurutma boyunca nem değişim eğrisinden her iki modelin deneysel verilere uygunluğunu belirlemişlerdir. Carcel vd. (2007) *Longissimus dorsi* kasında ultrasonik ses dalgalarının salamura işlemine etkisini araştırmışlar ve belirli dalga şiddetinin üzerinde ultrasonik ses dalgalarının salamura işlemini hızlandırdığını tespit etmişlerdir.

Ozmotik dehidrasyon işleminde transfer mekanizmalarının ortaya konması, uzun raf ömrüne sahip gıdaların üretiminde etkili kurutma işlemleri için yeni stratejiler geliştirmeyi sağladığından oldukça önemlidir. Ozmotik dehidrasyonda iki temel transfer

mekanizması vardır. Bunlar, suyun tuz solüsyonuna doğru akışı ve tuzun gıda maddesi içerisine doğru hareketidir ki bu zıt yönlü iki hareketi tanımlamak için “zıt-akış” (counter-current flow) terimi kullanılır (Shi ve Le Maguer 2002, Nicetin vd. 2015). Etin ozmotik dehidrasyon işlemi sırasındaki kütle transfer mekanizması tuz, aktin ve miyosin arasındaki etkileşimden dolayı karmaşıktır (Nicetin vd. 2015). Suyun gıdaya difüzyon oranı temelde materyalin şekline ve solüsyonun konsantrasyonuna bağlıdır (Rastogi vd. 2002a). Bu parametrelerin nem difüzyonuna olan etkisi matematiksel modelleme çalışmalarının temelini oluşturmaktadır.

Ozmotik dehidrasyon prosesinin matematiksel modellenmesi Fick’in 2. difüzyon kanununa dayanır ve et içerisindeki kütle transfer direnci gibi bazı parametrelerin yok sayılması ile hesaplanır. Fakat et gibi heterojenik yapıya sahip olan gıdalar söz konusu olduğunda, materyalin kalınlığı gibi bazı diğer transfer direnç faktörleri yok sayılmamalıdır. Çünkü bu parametreler kütle transferini tanımlayan birçok değişkeni içeren modellerin oluşturulması için oldukça önemlidir (Agustinelli vd. 2014).

Lemus-Mondaca vd. (2015) istridyenin ozmotik dehidrasyonu sırasında farklı sıcaklık derecelerinin (25, 45 ve 65°C) ve çözelti konsantrasyonlarının (%15, 20 ve 25 NaCl) difüzyon katsayısına etkisini belirlemişlerdir. Ozmotik dehidrasyon 15-240 dakika zaman aralığında uygulanmış ve denge nem içeriğine ulaşılması için gerekli olan sürenin ozmotik solüsyon konsantrasyonu ve sıcaklık ile birlikte azaldığını gözlemlemişlerdir. Filipovic vd. (2014) domuz etinin şeker solüsyonundaki ozmotik dehidrasyonunu belirlemek için deneysel bir model geliştirmiş ve ikinci derece polinomial modelin domuz etinin difüzyon karakteristiklerini tahmin eden en uygun model olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, çalışmada ozmotik muamelenin 50 °C’de 5 saat uygulanması ile en yüksek dehidrasyon oranına ulaşıldığı bildirilmiştir.

2.2.3 Dondurarak kurutma

Dondurarak kurutma (liyoofilizasyon) yöntemi düşük sıcaklıklarda donmuş halde bulunan suyun vakumlu ortamda gıdadan uzaklaşması esasına dayanır. Bu yöntemde

kurutma üç temel aşamada gerçekleşir; ön dondurma, birincil kurutma veya süblimasyon ve istenen nem düzeyine kadar ikincil kurutma (Babic vd. 2009). Ortamdaki vakum suyun hava atmosferindeki sıcaklığa göre çok daha düşük sıcaklıklarda buharlaşmasını sağlar, bu sayede gıda yüksek ısıya maruz kalmadan kurumuş olur (Rahman vd. 2005). Dondurarak kurutma gıdaların kurutulmasında 19. yüzyılın sonlarından itibaren uygulanan bir yöntemdir (Babic vd. 2009). Düşük sıcaklıklarda, düşük oksijenli ortamda kurutma sağlandığından (Rahman vd. 2005) ürün kalitesini en iyi şekilde koruyan kurutma tekniği olarak belirtilmiştir (Dev ve Raghavan 2012). Ayrıca, besin öğelerinin kaybını önleyerek, tat ve aroma bileşiklerinde kayba yol açmadan (Cumhur vd. 2016) ürünün fiziksel, kimyasal, biyolojik ve duyuşsal kalitesini koruyan, diğer kurutma teknikleriyle kıyaslandığında gıdanın taze haline en yakın şekilde kurumasını sağlayan bir tekniktir (Babic vd. 2009). Şekil 2.4’de endüstriyel tipte bir liyofilizatör yer almaktadır.



Şekil 2.4 Endüstriyel tip bir liyofilizatör

Günümüz tüketicilerinin daha az işlem görmüş, katkısız ve doğal gıdalara olan yönelimi giderek artmaktadır. Minimum işlem görmüş, katkısız ve iyi besinsel kalite gösteren gıdalara olan yönelimin artması, gıda endüstrisi açısından dondurarak kurutma tekniğinin önemini artırmıştır. Etlerin kurutulması amacıyla araştırmaların üzerinde yoğunlaştığı bir yöntem olan dondurarak kurutma oldukça etkili bir tekniktir. Etlerde

istenmeyen büzülmelerin önüne geçerek daha iyi rehidrasyon özelliğine sahip poroz yapıda bir ürün elde edilmesini sağlar. Dondurarak kurutulan etler özellikle zor koşullarda uzun süre yaşamak zorunda olan astronotlar, kamp ılar ve askerler tarafından temel protein kaynağı olarak güvenilir bir şekilde kullanılmaktadır (Tong vd. 2011).

Dondurarak kurutma yönteminin diğer tekniklere kıyasla etlerin fiziksel, kimyasal ve raf ömrü kalitesi üzerine etkisini ve bazı modelleme çalışmalarıyla transfer mekanizmasını konu alan birçok çalışma yapılmıştır. Bunun yanında, diğer bazı araştırmalar ise dondurarak kurutma tekniği kullanılarak yeni ürün geliştirmeye odaklanmıştır.

Jayasena vd. (2015) farklı kaynaklardan elde ettikleri ve dondurarak kuruttukları tavuklardan tavuk  orbası üretmişler ve ürünün besinsel ve duysal kalitesini belirlemişlerdir. Hur vd. (2016) ise mekanik ayrılmış tavuk eti hidrolizatını dondurarak kurutarak balık ezmesi için bir ingrediye olarak kullanmışlardır. Tong vd. (2011) ipekb ceğini dondurarak kurutmuş ve besinsel değerini belirleyerek zor yaşam koşullarında yaşamak zorunda olan kişiler için iyi bir protein kaynağı olarak değerlendirilebilecek bir ürün elde etmişlerdir. Ramya vd. (2015) Hindistan'da tüketilen bir tahıl olan *T. durum semolina* için sağlıklı bir ikame olarak dondurarak kurutulmuş karides ile zenginleştirilmiş ve kabul edilebilir duysal ve tekstürel özelliklere sahip bir makarna geliştirmişlerdir.

Cantalejo vd. (2016) tavuk göğüs etine ozon varlığında uygulanan dondurarak kurutma işleminin oda sıcaklığında depolanan ürün raf ömrü üzerine etkisini incelemişler, dondurarak kurutma ve ozonlama kombinasyonunun tavuk etlerinde iki kat daha uzun raf ömrü sağladığını bildirmişlerdir. Yalcin ve Seker (2016) düşük ve yüksek oranda tuzlamanın dondurarak kurutulmuş tavuk etlerindeki mikrobiyolojik ve fiziksel kalite üzerine etkisini belirledikleri çalışmada, dondurarak kurutmanın düşük tuz oranıyla tuzlanan tavuk etlerinde güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermişlerdir. Messina vd. (2016) dondurarak kurutma işlemi sıcaklık ve süresinin instant yemeklerde kullanılmak amacıyla kurutulan sığır *Semimembranous* ve *Gluteus medius* kaslarında

fiziksel kaliteye etkisini gözlemledikleri çalışmada, artan sıcaklık ve kurutma süresi ile birlikte rehidrasyon özellikleri, fizikokimyasal ve tekstürel parametrelerin iyileştiğini göstermişlerdir.

Rahman vd. (2002) ton balığının dondurarak, vakum ve sıcak hava akımıyla kurutulması ile viskozite ve porozitedeki değişimi inceledikleri bir diğer çalışmada, kurutulmuş ton balığının görünür viskozitesinin dondurarak kurutulmuş örneklerde en düşük değerde olduğunu, dondurarak kurutma ile daha yüksek hacim sağlandığını saptamışlardır. Ayrıca, dondurarak kurutulan balıklar daha yüksek porozite göstermiştir, bu da rehidrasyon kapasitesi açısından önemli bir faktördür. Rahman vd. (2005) farklı kurutma yöntemlerinin (dondurarak, sıcak havada, güneşte, vakum, modifiye atmosferde) keçi etinin bazı kalite özelliklerine etkisini belirlemişlerdir. Çalışmada dondurarak kurutma -20°C’de 3 gün uygulanmıştır. Tüm kurutma işlemleri sonrası nem içeriği dondurarak kurutulmuş olan örneklerde en düşük gözlemlenirken, rehidrasyon oranı en yüksek %74 ile bu grupta gözlemlenmiştir. Babic vd. (2009) tarafından yürütülen bir diğer çalışmada tavuk göğüs etinin bazı kalite özelliklerine dondurarak kurutma proses parametrelerinin etkisi belirlenmiştir. Proses koşulları örneğin kalınlığına göre ayarlandığında, tat ve görünüş açısından taze haline en yakın şekilde yüksek kalitede liyofilize etlerin üretiminin mümkün olduğu gösterilmiştir.

Her ne kadar dondurarak kurutma yöntemi etlerin arzu edilen fiziksel, kimyasal, duyuşal özelliklerini korumasını sağlasa da maliyeti oldukça yüksek bir kurutma tekniğidir (Babic vd. 2009, Ochoa-Martínez vd. 2012). Proses parametrelerini belirleyebilmek için et kalınlığı, nem içeriği vb. kurutma değişkenlerine göre bazı sistem optimizasyonlarının yapılması ile maksimum etkinlikte ve minimum zaman ve maliyet kaybı ile kurutma yapılmalıdır (Boss vd. 2004, Luo ve Zhou 2008). Luo ve Zhou (2008) pişmiş et dilimlerini kurutmak için matematiksel modelleme ile doğrusal olmayan regresyon analizi kullanarak optimum proses koşullarını belirlemiş ve kurutma süresi ve enerji tüketimini minimize etmişlerdir. Bu çalışmada, yüzey yanıt yöntemi kullanarak optimum proses koşulları belirlenmiş, etkili bir kurutma sağlanmış ve 4mm ürün kalınlığının minimum kurutma süresi ve maksimum enerji etkinliği sağladığı bildirilmiştir. Sagara (2001) ısı iletkenlik ve geçirgenliğin dondurularak kurutulan sığır

etinin kuruyan katmandaki basınca olan bağımlılığını tahmin etmek için matematiksel model geliştirmiştir. Ancak, kurutma süresini azaltmaya yönelik tüm bu matematiksel optimizasyon çalışmalarına rağmen endüstriyel seviyedeki bir kurutma maliyetinin sıcak havada kurutma prosesine göre yaklaşık 5-10 kat daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum dondurarak kurutma uygulamasının endüstriyel üretimini kısıtlayan en temel sebebi olarak gösterilmektedir (Wray ve Ramaswamy 2015).

2.2.4 Sıcak hava akımı ile kurutma

Kuru etler dilimlenmiş veya kübik formda doğranmış olarak hazır çorba ve instant makarna formülasyonlarına veya kedi köpek mamaları gibi gıdaların üretiminde formülasyona ingrediye olarak dahil edilebilmektedir (Nathakaranakule vd. 2007, Başlar vd. 2014, Hii vd. 2014). Kuru etler endüstride en yaygın şekilde konveksiyonel olarak sıcak hava akımı kullanılarak üretilmektedir. Bunun için etler etrafından hava geçmesine izin verecek şekilde ızgaralı metal tepsilere yerleştirilerek 75-80 °C’de 3-18 saat kurutulur (Rahman vd. 2005). Bu yöntem tepsili kurutucuda kurutma, kabin veya kompartman kurutma (Şekil 2.5) olarak da adlandırılır (Geankoplis 1972).



Şekil 2.5 Tipik bir tepsili kurutucu

Thiagarajan (2008) sıcak hava akımıyla domuz “jerky”sini 80 °C’de kurutmuş ve farklı bağıl nem ve hava akım hızı koşullarında kuruma karakteristiklerini ortaya koymuştur. Kuruma sıcaklığı % 15 ve % 40 bağıl nem koşullarında sırasıyla 3 ve 7 saat kadar sürmüştür. Chabbouh vd. (2011) geleneksel güneşte kurutulan bir et ürünü olan

“Kaddid” için yeni bir kurutma yöntemi geliştirmek amacıyla ozmotik dehidrasyon ve sıcak havada kurutma yöntemlerini kontrollü koşullarda kombine ederek matematiksel modeller yardımıyla tuzlama ve kütle transfer koşullarını belirlemişlerdir. Ozmotik dehidrasyon işleminden sonra 30, 40 ve 50 °C sıcaklıklarda farklı salamura konsantrasyonları için konveksiyonel kurutma uygulanmış ve daha düşük salamura konsantrasyonları ile muamele edilen etlerin yüksek sıcaklıkta daha yüksek kuruma oranı sağladığı gözlemlenmiştir. Deng vd. (2014) mürekkep balığının farklı kurutma yöntemleri ile nem dağılımı ve rehidrasyon karakteristiklerinin değişimini inceledikleri çalışmada, sıcak hava ile 60 °C’de 1.5 m/s hava akım hızı ile ve % 20 bağıl nem ortamında 10 saat süre ile kurutarak 10g/100g kuru bazda nem oranına ulaşıldığını bildirmişlerdir. Liyofilize örneklere göre sıcak havada kurutulan örnekler daha yüksek uçucu aromatik bileşiklere sahip olmuş, ancak, en yüksek protein degradasyonu konveksiyonel yöntemle kurutulan örneklerde gözlenmiştir. Hii vd. (2014) pişmiş ve çiğ tavuk göğüs etlerini 60, 70 ve 80 °C sıcaklıklardaki hava akımıyla kurutmuşlar ve çiğ kurutulan etlerin rehidrasyon kapasitesinin pişmiş kurutulan etlere göre daha yüksek, ayrıca sertlik değerinin daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Farkas ve Singh (1991) dilimlenmiş, pişmiş tavuk göğüs etinin 74 °C’de 3 saat uygulanan konveksiyonel kurutma ve dondurarak kurutma sonrası fiziksel özelliklerini inceledikleri çalışmada, konveksiyonel kurutmada aşırı büzölmenin, dolayısıyla yığın yoğunluğunun (bulk density) daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, konveksiyonel kurutulan örneklerin porozitesi liyofilize örneklere göre daha düşük bulunmuştur.

Konveksiyonel yöntem, ısı aktarımının temas yoluyla olmasından dolayı örneğin tüm parçalarına ısının eşit dağılmaması ve uygulanan yüksek ısıl işleminden dolayı fiziksel, kimyasal ve besinsel kalitede önemli kayıplara neden olması gibi bazı olumsuzluklara sahiptir (Barbosa-Cánovas vd. 1999). Yüksek sıcaklığın aniden uygulanması nedeniyle etlerin yüzeyinde hızlı bir kuruma gerçekteşmesi ile ürün dış yüzeyinde kuru kenar kabuklaşma olayı görülebilmektedir. Bunların yanında, yüksek sıcaklık uygulaması renk değişimleri, tat-aroma maddelerinde kayıp ve en önemlisi de Maillard reaksiyonlarına sebep olabilmektedir. Sıcak havada kurutma tekniğinde gerekli sıcak havanın sağlanması için yüksek enerji sarfıyatı söz konusudur (Lim vd. 2012).

Kurutma işlemi endüstride en çok enerji sarf edilen işlem olarak kabul edilmesi nedeniyle et kurutma teknolojisi için yeni yöntemlerin geliştirilmesi gereklidir. Endüstriyel sıcak havada kurutma tekniği ürünün fiziksel ve kimyasal özelliklerinde kalite kayıplarına sebep olduğundan bu tekniğe alternatif olabilecek ürünün fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerinde minimum değişimi sağlayabilecek alternatif enerji sarfiyatını azaltabilecek yeni kurutma yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Nathakaranakule vd. 2007).

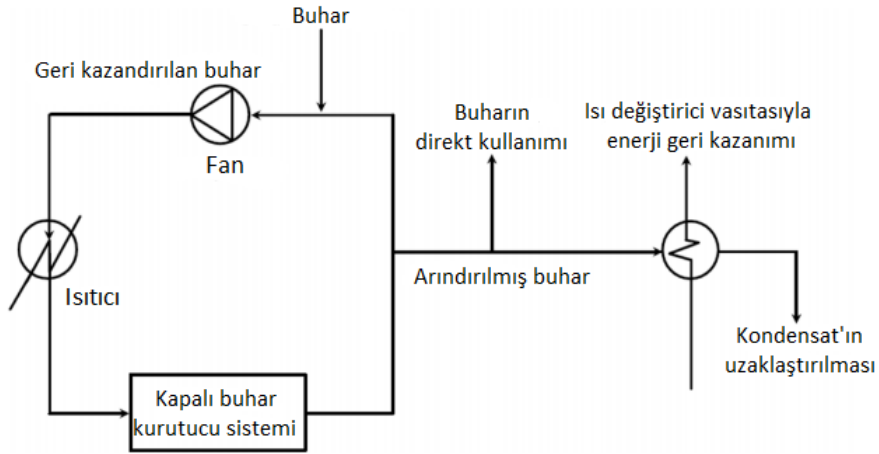
2.2.5 Kızgın buharla kurutma

Kızgın buharla kurutma yöntemi nem uzaklaşmasını hava yerine yüksek sıcaklıktaki buhar vasıtasıyla sağlamaktadır. Yöntemde, buhar sıcaklığı belirli bir basınçta suyun kaynama sıcaklığının üzerine çıkarılır (Moses vd. 2014). Kızgın buharla kurutma yöntemi ile hava yerine yüksek sıcaklıktaki buhar vasıtasıyla ürüne ısı transferi yapılarak üründen kaynama noktasındaki nemin buharlaşması sağlanır (Nathakaranakule vd. 2007). Kızgın buharla kurutma işlemi, su buharının belirli bir sıcaklık ve basınçta doymuş hale getirilip daha yüksek sıcaklıklara ısıtılması ile sağlanır (Pronyk vd. 2004). Burada uygulanan basınç, işlemin temel parametresini oluşturmakta ve buharın daha yüksek sıcaklıklara ulaşmasını sağlamaktadır (Şekil 2.6). Sıcak buhar soğuk gıda ile karşılaştığında oluşabilecek yoğunlaşmayı önlemek için buhar sıcaklığı yoğunlaşma sıcaklığının üzerinde tutulmalı ve kuruma oranına göre sıcaklık tüm işlem boyunca optimize edilmelidir. Burada buhar hem kurutma için ısı kaynağı olmakta hem de buharlaşan suyun uzaklaştırılmasını sağlamaktadır (van Deventer ve Heijmans 2001).

Çevre dostu ve uygun maliyetli bir yöntem olmasının yanında kızgın buharla kurutmada etkin ve hızlı bir kuruma sağlanmakta ve konveksiyonel yöntemle göre daha iyi kalitede ürün elde edilmektedir (Romdhana vd. 2015, Speckhahn vd. 2010). Tüm işlem boyunca kızgın buhar sıcaklığı yoğunlaşma sıcaklığının üzerinde olmalıdır. Başlangıçta soğuk olan ürün ile temas eden kızgın buharın ürün üzerinde yoğunlaşmaması için sürekli sıcaklığın yükseltilmesi ve kuruma oranına bağlı olarak işlem boyunca sıcaklığın optimize edilmesi gerekmektedir. Burada kızgın buhar, hem ısı kaynağı olmakta hem de

ortamda üründen ayrılan suyun uzaklaşmasını sağlamaktadır (van Deventer ve Heijmans 2001). Sıcak hava akımıyla kurutma yöntemine göre daha etkili, hızlı bir kuruma ve kaliteli ürün üretimi sağlamaktadır. Bunun yanında, sıcak hava akımıyla kurutma yöntemine göre enerji tasarrufu da sağlamaktadır (Romdhana vd. 2015, Speckhahn vd. 2010).

Sa-Adchom vd. (2011b) dilimlenmiş domuz etlerini kızgın buharla kurutmanın nem difüzyon katsayısına (D_{eff}) etkisini belirlemek için yarı deneysel model kullanmışlar ve nem değişimi ve merkez sıcaklık noktasını kurutma prosesi boyunca hesaplamışlardır. Geliştirilen model, tuz ve baharat kullanımının bahsedilen “model tahminlerine” etkisini 28-140 °C sıcaklık aralığında açıklamıştır. Uengkimbuan vd. (2006) kızgın buharla kurutulmuş domuz etlerinin difüzyon katsayısı, mikroyapı (microstructure) ve rehidrasyon kapasitesini belirledikleri çalışmada, kurutmanın ilk aşamalarındaki nem düşüşünün konveksiyonel kurutmaya kıyasla daha hızlı olduğunu tespit etmişlerdir. Kızgın buharla kurutulan etlerin sahip olduğu düşük yüzey porozitesi nedeniyle rehidrasyon kapasitesinin daha düşük olduğu bulunmuştur. Kızgın buharla kurutma işleminde etlerin, sıcaklığı 150 °C’lere kadar çıkan buhar ile muamele edilmesi söz konusudur. Kurutma sıcaklığı yükseldikçe kuruma oranının ve etkili difüzyon katsayısının da (D_{eff}) arttığı gözlenmiştir. Ancak, yüksek sıcaklıktan dolayı oluşan Maillard reaksiyonları renk parametrelerine olumsuz yönde etki etmiştir. Uygulanan kızgın buhar sıcaklığı yükseldikçe rehidrasyon kapasitesinin de azaldığı görülmüştür (Sa-Adchom vd. 2011a, Uengkimbuan vd. 2006).



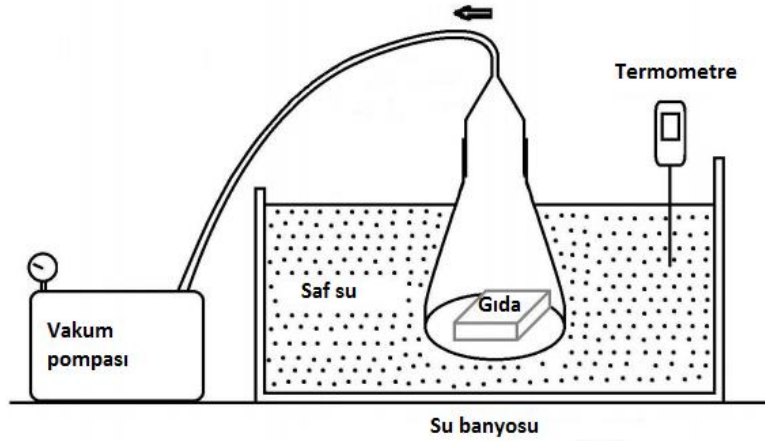
Şekil 2.6 Basit bir kızgın buharlı kurutucunun şematik gösterimi (Dev ve Raghavan 2012)

2.2.6 Ultrasonik ses dalgalarıyla kurutma

Ultrasonik kurutma olarak da adlandırılan bu kurutma tekniği genellikle kurutma işlemini hızlandırmak için asıl kurutma öncesi bir ön kurutma olarak uygulanır (Başlar vd. 2014). Ultrasonik ses dalgaları insan kulağının işitebileceği ses dalgalarından çok daha ötesindeki ses dalgalarıdır. Elektrik enerjisi ultrasonik titreşim problemleri aracılığıyla 20kHz-10MHz aralığındaki ultrasonik ses dalgalarına dönüşmektedir (Pakbin vd. 2014). Ultrasonik dalgalar tıpkı bir süngerin sıkıştırılıp bırakılması gibi üründe seri halde sıkışma ve genişlemelere sebep olmaktadır (Ghafoor vd. 2014). Ultrasonik ses dalgaları gıdanın içerisinde mikroskobik boşluklar oluşturarak nemin çıkışını kolaylaştırmaktadır. Bu mikroskobik boşluklar ultrasonik dalgaların yol açtığı deformasyon sebebiyle oluşmaktadır (Fernandes ve Rodrigues 2007). Ultrasonik ses dalgaları mekanik etkiyle ısı transferini ve kütle transfer katsayısını, dolayısıyla gıdanın içerisinden yüzeyine doğru olan nem transferini artırır, böylece kuruma hızlanır (Başlar vd. 2014). Bu teknik, geleneksel sıcak havada kurutma yöntemine göre daha düşük sıcaklıkta daha kısa sürede kuruma sağlamaktadır (Mason vd. 2005). Ultrasonik kurutmada kurutulacak olan materyal su banyosuna yerleştirilir ve suya ultrasonik ses dalgaları verilir (He vd. 2014). Şekil 2.7’de vakumla desteklenmiş basit bir ultrasonik kurutucunun şematik gösterimi verilmiştir. Başlar vd. (2015) somon balığı filetoalarını ultrasonik ses dalgaları ve vakum kurutma uygulayarak kuruttuklarında, nem oranının 75 °C’de 5.5 saat sürede

%10'a düştüğünü, tepsili kurutucuda aynı sıcaklıkta aynı nem değeri ne ulaşmanın yaklaşık 17 saat sürdüğünü bildirmişlerdir. Başlar vd. (2014) benzer bir çalışmayı tavuk göğüs etlerinde de yapmışlardır ve 75 °C'de ultrasonik vakum kurutma uygulanarak 5 saat içerisinde nem değeri nin %10'a düştüğünü, tepsili kurutucuda bu sürenin 13 saat olduğunu belirtmişlerdir.

Ultrasonik kurutma ile kombine edilmiş kurutma yöntemlerinin, et gibi katı-sıvı fazdaki gıdalar söz konusu olduğunda uygulanması oldukça zordur. Etin yoğunluğu, sert yapısı ve yüzey gerilimi gibi faktörler sebebiyle ultrasonik dalgalar katı fraksiyonlar tarafından absorplanmakta, böylece ses dalgası etkisinin iç kısımlara ulaşması ve nem çıkışı nı sağlayan mikroskobik boşlukların oluşumu engellenmektedir (Mulet vd. 2003).

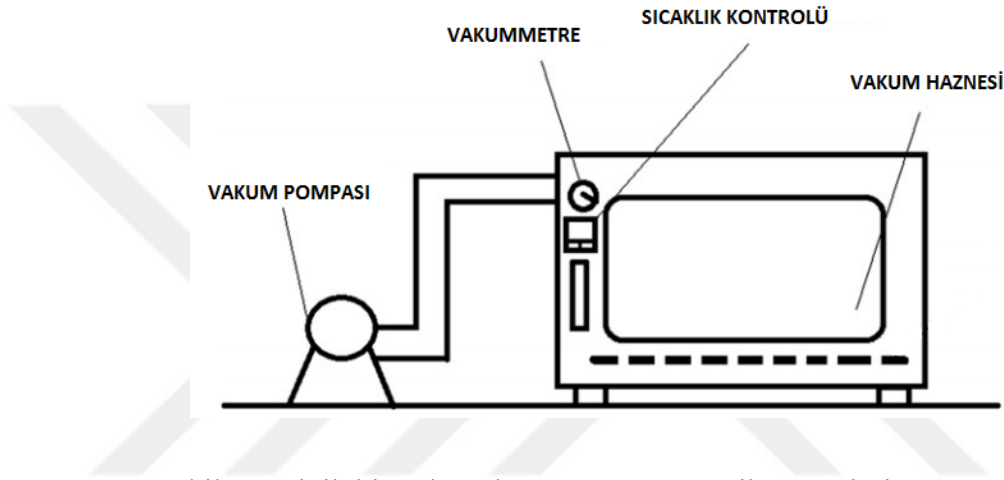


Şekil 2.7 Basit bir ultrasonik-vakum kurutma sistemi (Başlar vd. 2014)

2.2.7 Vakum kurutma

Vakum kurutmada ortam basıncı açık hava basıncının altına düşürölerek suyun daha düşük sıcaklıkta buharlaşması sağlanmaktadır (Baslar vd. 2015). Şekil 2.8'de tipik bir vakum kurutucunun şematik gösterimi yer almaktadır. Vakum altında kurutma vakum kurutucuların kurutma kabini içerisindeki ve dışarısındaki basınç farkına karşı dirençli olabilmesindeki zorluk nedeniyle atmosferik kurutmaya göre daha pahalı bir yöntemdir. Ancak, vakum kurutmanın ürüne sağladığı önemli bazı avantajları bu yöntemi cazip

kılmaktadır. Bunlardan en önemlisi düşük sıcaklıkta kurumayla birlikte vakum ile kurutma oranında artış sağlanabilmesidir. Bunun yanında, vakum altında oksijenin bulunmaması oksijene duyarlı materyallerin kurutulması söz konusu olduğunda önemli bir avantaj sağlamaktadır. (Reis 2014). Ancak, vakum kurutmada kurumanın son aşamalarındayken düşük sıcaklıklarda hızlı bir kütle transferi gerçekleşmektedir (Argyropoulos vd. 2011).



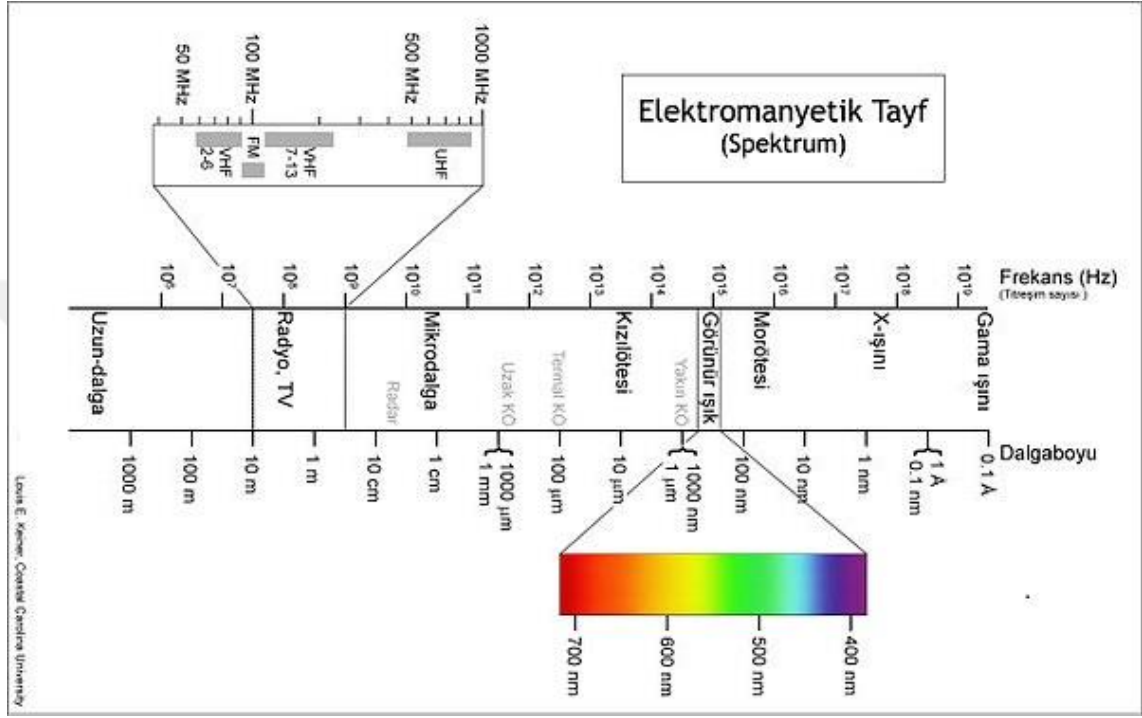
Şekil 2.8 Tipik bir vakum kurutucunun şematik gösterimi (Reis 2014)

Vakum kurutma işlemi gıdaların kurutulması için tek başına etkili olmazken diğer bazı kurutma tekniklerinin düşük basınç altında uygulanması için bu teknikle kombine olarak kullanılmaktadır (Reis 2014). Vakum tekniği gıdaların kurutulması için çoğunlukla ultrasonik kurutma, dondurarak kurutma ve mikrodalga kurutma teknikleriyle kombine edilerek uygulanmaktadır (Wang ve Shi 1997, Scaman ve Durance 2005, Alhamid vd. 2012, Başlar vd. 2014, Baslar vd. 2015).

2.2.8 Dielektik kurutma yöntemleri

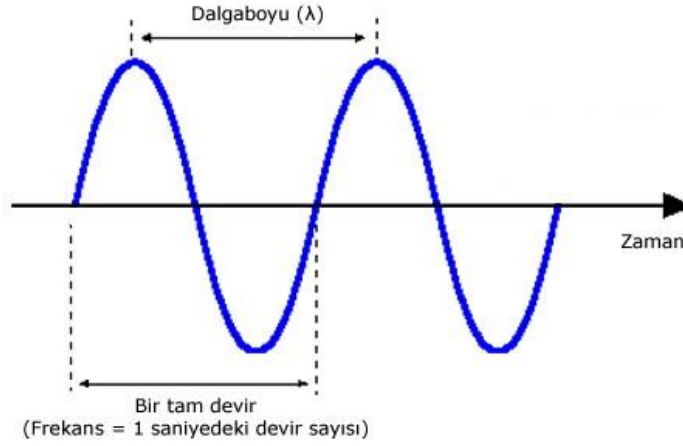
Dielektrik kurutmada kurumayı sağlayan enerji kaynağı elektromanyetik dalgalardır. Tüm elektromanyetik dalgalar örneğin; güneş, yıldızlar, makineler, canlılar, ampül, ateş vb. çeşitli kaynaklardan üretilen yüklü partiküllerin titreşiminden kaynaklanır. Güneş ışığı gibi enerji kaynakları çevreye ısıma yaparak elektromanyetik spektrumu oluşturur.

İnsan gözü bu kaynaklardan gelen elektromanyetik ışımaların bazılarını ayırt edebilmektedir. İnsan gözünün ayırt edebildiği ışımalar görünür bölge ışımlarıdır. Şekil 2.9’da çeşitli enerji formlarının elektromanyetik spektrumdaki yerleri, frekansları ve dalga boylarıyla belirtilmiştir (Schiffmann 2010).



Şekil 2.9 Elektromanyetik spektrum: frekanslarına ve dalga boylarına göre tanımlı farklı ışım türleri (<https://tr.m.wikipedia.org> 2017c)

Frekans, elektromanyetik dalganın bir saniyedeki devir sayısıdır ve Hertz (Hz) olarak ifade edilir. Örneğin 1 saniyede iki devir yapan dalganın frekansı 2 Hz.’dir. Elektromanyetik dalgalar tıpkı okyanus dalgaları gibi iniş ve çıkışlara sahiptir. İki tepe noktası arasındaki mesafeye dalga boyu denir (Şekil 2.10). En küçük dalga boyları bir atomun boyutu kadarken, hala üzerinde çalışılan en büyük dalga boyunun gezegenimizin büyüklüğü kadar olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 2.10 Dalga boyu frekans ilişkisi (<https://tr.m.wikipedia.org> 2017d)

Işık, elektromanyetik dalga, ısıma gibi terimlerin hepsi elektromanyetik enerjiyi tanımlar. Radyo dalgaları ve mikrodalgalar genellikle frekans (Hertz) olarak tanımlanırken, infrared ve görünür ışınlar dalga boyu (metre), x ray ve gama ışınları ise enerji (elektron volt) olarak ifade edilmektedir. Bilimsel ifadelerde rakamların çok küçük veya büyük olması durumunda oluşacak zorluğun önüne geçmek için enerji türlerinin bu şekilde ifadesi kabul görmüştür (<http://missionscience.nasa.gov> 2015b).

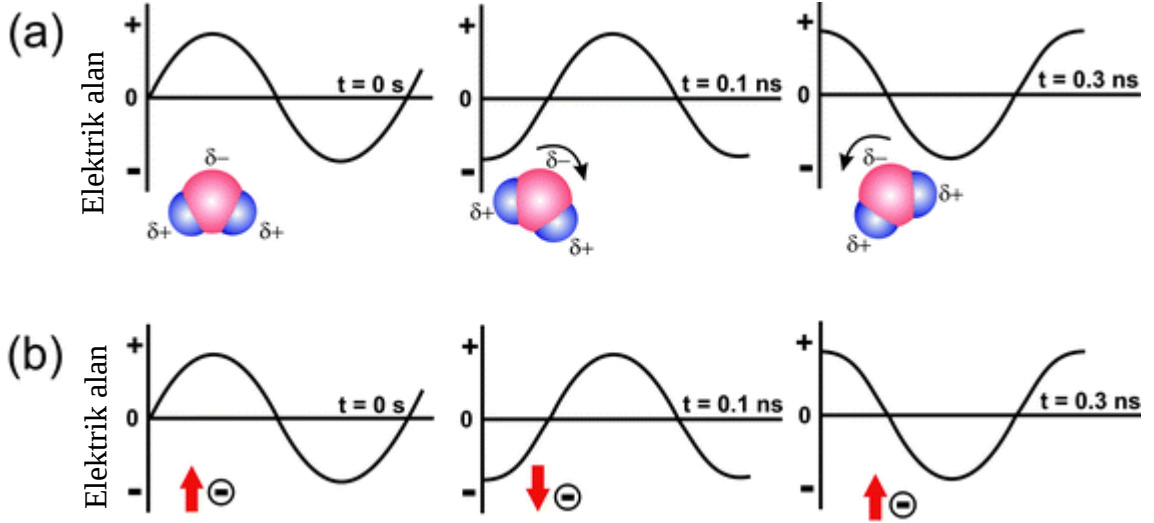
Gıda maddesinin elektromanyetik alana maruz kaldığındaki ısınma yeteneği materyalin dielektrik özelliklerine bağlıdır (Taher ve Farid 2001). Bir materyalin dielektrik yöntemlerle kurumasını sağlayan temel faktör elektromanyetik dalgalara maruz kaldığında yapısında bulunan yüklü parçacıkların titreşmesi sonucu ısınması ve yapısındaki suyun uzaklaşmasıdır. Dielektrik yöntemde konveksiyonel yöntemden farklı olarak elektromanyetik dalgaların gıdanın içerisinde bulunan su, tuz gibi polar özellikteki maddeleri hareket ettirmesi dolayısıyla gıdanın içerisinde bir ısınma gerçekleşmesi söz konusudur. Bu nedenle dielektrik ısıtma konveksiyonel yöntemin aksine direkt materyalin içerisinde hacimsel ısınmaya sebep olur (Piyasena vd. 2003). Isınmanın gıdanın yüzeyinden iç kısımlarına aktarılarak gerçekleştiği konveksiyonel yöntemin aksine dielektrik yöntemlerde ısı gıdanın içerisinde olduğundan daha hızlı ve etkili bir ısınma gerçekleşir (Zayas ve Naewbanij 1986, Giri ve Prasad 2007, Kirmaci ve Singh 2012).

Bir materyalin elektromanyetik enerjiyi ısı enerjisine dönüştürme kabiliyeti onun dielektrik özelliğiyle ilgilidir. Aslında bir materyalin dielektrik özelliğini tanımlayan iki temel terim vardır. Bunlardan “dielektrik sabiti (ϵ')” materyalin elektromanyetik enerjiyi ne kadar depolayabildiğini, “dielektrik kayıp faktörü (ϵ'')” ise elektromanyetik enerjinin ısı enerjisine dönüştürme yeteneğini ifade etmektedir (Chandrasekaran vd. 2013);

$$\epsilon^* = \epsilon' - j \epsilon'' \quad (2.1)$$

Eşitlik 2.1’de, ϵ^* , kompleks dielektrik sabitidir ve materyalin elektromanyetik enerjiyi toplama ve yayma yeteneğini ifade ederken (Wray ve Ramaswamy 2015), j ise $\sqrt{-1}$ ’dir. Kayıp faktörü (ϵ'') yüksek olan gıdalar mikrodalga ile daha kolay ısınmaktadır (Konak vd. 2009). Materyalin elektrik enerjisi üretebilme yeteneğinin bir göstergesi olan tanımlayıcı bir diğer dielektrik parametresi de kayıp tanjantı ($\tan\sigma$)’dır ve kayıp faktörünün dielektrik sabitine oranı (ϵ''/ϵ') ile hesaplanır (Jha vd. 2011).

Dielektrik kurutmada elektromanyetik enerji materyalde iyonik polarizasyon ve dipol rotasyon olmak üzere iki tür etkiye sebep olarak ısınma ve dolayısıyla kuruma sağlar (Şekil 2.11). İyonik polarizasyonda materyaldeki iyonik bileşenlerin elektromanyetik enerjiye maruz kaldıklarında serbest iletken yüklerin harekete geçmesi, ikincisinde su gibi polar moleküllerin gerçekleştirdikleri salınım hareketi sonucunda ısınmaları söz konusudur (Picouet vd. 2007). Böylece dielektrik yöntem ile materyalin içerisinde bir ısınma sağlanmaktadır (Oberndorfer vd. 2000). Bu bağlamda, gıdanın elektromanyetik enerjiyi absorplaması ve ısıya dönüştürmesi olarak tanımlanan dielektrik özellikleri nem miktarı ve tuz içeriğine bağlı olarak değişmektedir (Picouet vd. 2007). Örneğin yağlar polaritesi düşük ve iyonik olmayan maddeler olduğundan yapılan çalışmalar gıdaların yapısındaki yağ oranı arttıkça dielektrik sabitinin ve kayıp faktörünün düştüğünü göstermiştir (Gunasekaran vd. 2005, Picouet vd. 2007).



Şekil 2.11 Dielektrik ısınma mekanizması

a. dipolar rotasyon, b. iyonik polarizasyon

Dielektrik ısınmada önemli olan bir diğer kavram penetrasyon derinliğidir. Penetrasyon derinliği gıdanın yüzeyinden itibaren mikrodalga gücünün yaklaşık %37 oranında düştüğü mesafe olarak tanımlanır (Şakıyan Demirkol 2007).

Gıdaların dielektrik özelliklerine kimyasal bileşim, sıcaklık, materyalin yoğunluğu, uygulanan frekans ve depolama süresi etkilidir. Gıdaların kimyasal bileşimi dielektrik özellikleri üzerinde etkili olan belki de en önemli faktördür. Çoğu gıdanın büyük bir bölümünü su oluşturmaktadır. Nem miktarı düştükçe gıdanın daha az mikrodalga enerjisi absorpladığı ve ısı enerjisine dönüştürdüğü bilinmektedir. Bu bakımdan nem miktarı arttıkça dielektrik sabiti ve kayıp faktörünün arttığı söylenebilir. Suyun yanında tuz ve diğer mineral maddeler dielektrik özellikleri etkilerken, bunların yapıdaki diğer bileşikler tarafından hareketlerinin kısıtlanması da dielektrik özellikleri değiştirmektedir. Dielektrik olarak inert olduğu varsayılan organik bileşikler, su ve iyonik bileşiklerle kıyaslandığında elektromanyetik enerjiye karşı transparan davranış gösterir.

Uygulanan frekans ise gıdanın dielektrik özelliklerine etki etmektedir; çünkü, moleküller elektromanyetik alanda dipol momentlerine bağlı olarak farklı dalga boylarına daha az veya daha şiddetli olmak suretiyle reaksiyon gösterirler (Wray ve

Ramaswamy 2015). Örneğin; düşük frekanslarda (<200 MHz) elektromanyetik etki iyonik kondüksiyonla daha fazla açığa çıkmakta ve yüksek oranda polar moleköl içeren su ve alkol gibi maddelerde ise dipol rotasyon frekans karakteristiklerini ve dielektrik özelliği etkileyen temel faktörü oluşturmaktadır (Sosa-Morales vd. 2010).

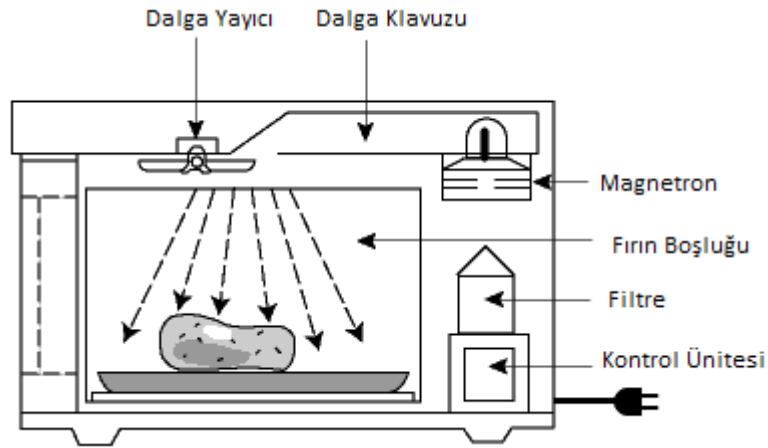
Yoğunluk da dielektrik özellikleri etkileyen önemli bir faktördür, gıdanın yoğunluğu arttıkça ϵ' ve ϵ'' değerleri artmaktadır. Bu durum, yoğun olan gıdanın içerisinde daha az hava boşluğu kalacağından elektromanyetik enerjiyi daha iyi absorbe etmesinden kaynaklanmaktadır (Piyasena vd. 2003, Marra vd. 2009, Sosa-Morales vd. 2010). Dielektrik ısıtmada önemli olan bir diğer kavram penetrasyon derinliğidir. Penetrasyon derinliği gıdanın yüzeyinden itibaren mikrodalga gücünün yaklaşık %37 oranında düştüğü mesafe olarak tanımlanır (Şakıyan Demirkol 2007).

Dielektrik ısıtma mikrodalgalar ve radyo frekans dalgalarıyla sağlanır. Radyo frekans dalgaları elektromanyetik spektrumda 3MHz-300MHz frekans aralığında yer alırken, mikrodalgalar 300 MHz-300GHz aralığındaki alanı kaplamaktadır. Elektromanyetik dalgaların bu şekilde farklı spektrumda yer almaları ısı uygulamalarda farklı penetrasyon derinliklerine sebep olmaları nedeniyle önemlidir (Oberndorfer vd. 2000). Frekans arttıkça penetrasyon derinliği azalmaktadır. Frekansları mikrodalgalara göre daha düşük olan radyo frekans tekniğinde penetrasyon derinliği mikrodalgaya göre daha yüksektir. Bu nedenle, radyo frekans ısıtma tekniği daha kalın boyutlu gıdalar için uygunken, mikrodalga tekniğinin daha ince boyutlu gıdalarda kullanımı uygun olmaktadır.

Uygulama süresi ve sıcaklığı konveksiyonel yöntemle göre daha düşük olabilen radyo frekans (RF) ve mikrodalga dielektrik kurutma yöntemleri et ve et ürünlerinin işlenmesi için alternatif bir yol olarak önerilmektedir (Maskan 2001b, Laycock vd. 2003).

2.2.8.1 Mikrodalga Kurutma

Mikrodalgalar dalga boyu birkaç milimetreden 1 m'ye kadar değişebilen, materyalin içerisinden geçerek yüklü iyonlar ve polar molekülleri etkileyen elektromanyetik dalgalar (Basak ve Rao 2011, Musto vd. 2014). Mikrodalgalar elektromanyetik spektrumunda televizyon ve cep telefonu frekanslarına yakın pozisyonda yer alırlar. Yüksek fraksiyonlardaki mikrodalga spektrumları radar ve telekomünikasyon uygulamalarıyla sınırlı kalmaktadır. Tüm mutfak tipi mikrodalgalar ve çoğu endüstriyel tipte mikrodalgalar 2.45 GHz (dalga boyu 12.25 cm'ye karşılık gelir) frekansta çalışır. Bu frekansın seçilmesinde mikrodalgaların cep telefonları, kablosuz ağlar ve telekomünikasyon frekanslarıyla karışmaması dikkate alınmıştır. Ev tipi ve endüstride kullanılan mikrodalgalarda elektromanyetik dalgaların kaynağı bir magnetron vardır (Şekil 2.12). Mutfaklarda kullanılan mikrodalgalar için 12.25 cm dalga boyu sağlayan magnetronların ucuz oluşu, gıdalarda penetrasyon derinliği için birkaç cm'nin yeterli olması da 2.45 GHz frekansta karar kılınmasında etkili olmuştur (Bilecka ve Niederberger 2010).



Şekil 2.12 Ev tipi bir mikrodalga fırının şematik gösterimi (<http://ffden2.phys.uaf.edu> 2017b)

Hızlı bir ısınmanın yanında mikrodalga tekniği enerji tasarrufu, iyi bir proses kontrolü ve besinsel kaliteyi yüksek oranda koruması gibi avantajlara da sahiptir. Mikrodalga kurutma tekniğinde hacimsel bir ısınma gerçekleşeceği için yüzey kuruması engellemekte, bunun yanı sıra, iç basınç dış basınç farkından dolayı içerdeki nemin

dışarıya doğru pompalanması dolayısıyla dehidrasyon oranının artması söz konusu olmaktadır (Şakıyan Demirkol 2007). Ayrıca, aroma bileşenleri konveksiyonel kurutmaya göre daha iyi korunmakta, daha iyi renk, rehidrasyon kapasitesi ve yüksek porozite göstermektedir (Maskan 2001b).

Gıda endüstrisinde mikrodalga tekniği genellikle etlerde tavlama, çözündürme, tütsülenmiş et veya köftelerin ön ısıtılmasında kullanılmaktadır. Matashige ve Akahoshi (2002) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, tavuk etleri mikrodalga ile kurutulmuş ve ürünün rehidrasyon kapasitesi belirlenmiştir. Bu koşullarda kurutulan etlerin yemeklerde kullanılması durumunda rehidrasyon açısından olumlu sonuçlar alındığı bildirilmiştir. Mikrodalga tekniğinin en etkili olduğu nem değeri %20 civarındadır (Maskan 2001b). Ayrıca, mikrodalga kurutmanın azalan hız periyodunda uygulanmasının çok daha etkili olduğu belirtilmiştir (Chandrasekaran vd. 2013). Bu nedenle nem içeriği yüksek olan taze etlerde nem içeriği belirli bir değere düştükten sonra (azalan hız periyodunda) kurutma yapılmalıdır.

Mikrodalga kurutma tekniği genellikle tek başına kullanılmayıp diğer kurutma teknikleriyle kombine edilerek kullanılmaktadır. Çünkü yüksek nem içeriğine sahip olan gıdalarda kurutmanın ilk aşamasında mikrodalga kullanılması nem içeriğinden dolayı hızlı bir ısınmaya ve yanmaya sebep olabilmektedir. Bu nedenle, en yaygın kullanılan kombinasyon olan sıcak havada kurutma tekniği ile birlikte kullanılırken, kurutmanın son aşamalarında mikrodalga devreye girmektedir.

Bir diğer kombinasyon ise mikrodalgayla desteklenmiş vakum kurutmadır. Bunların dışında dondurarak kurutma ve akışkan yataklı kurutucu teknikleri de mikrodalga ile desteklenerek kullanılmıştır (Feng vd. 2012). Çizelge 2.1’de mikrodalga destekli farklı kurutma teknikleri belirtilmiştir. Bu kurutma teknikleri arasında en çok uygulama alanı bulan teknik şüphesiz vakumla birlikte uygulanan mikrodalga kurutma tekniğidir.

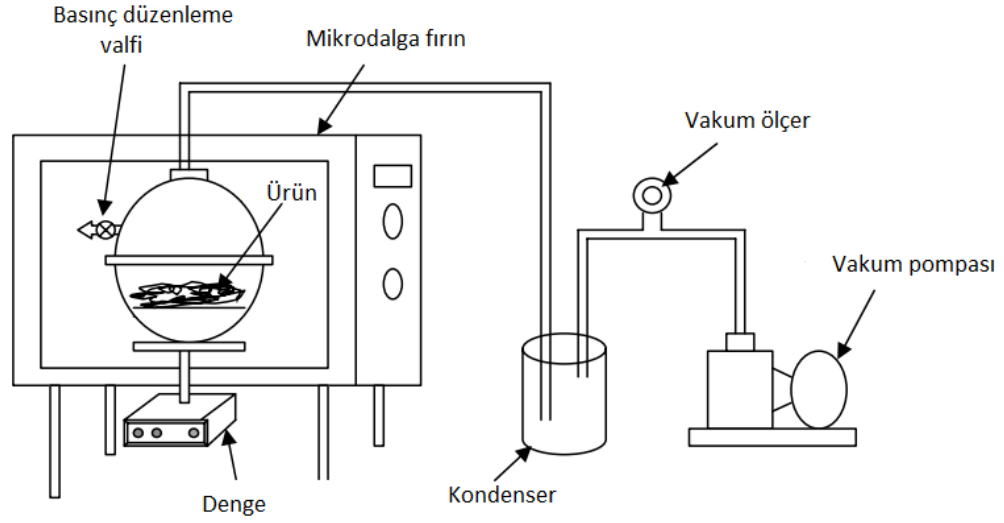
Çizelge 2.1 Mikrodalgayla destekli kurutma teknikleri

Teknik	Kaynak
MK* + Vakum kurutma	(Giri ve Prasad 2007, Saengrayap vd. 2015)
MK + Dondurarak kurutma	(Ren vd. 2015, Wang ve Shi 1999)
MK + Sıcak havada kurutma	(Yu vd. 2015)
MK + Akışkan yataklı kurutucu	(Khoshtaghaza vd. 2015, Souraki vd. 2009)

* Mikrodalga kurutma

3.2.8.2 Mikrodalga-Vakum Kurutma

Mikrodalga vakum kurutma tekniği hızlı ve etkili bir dehidrasyon metodu olmasının yanında geleneksel kurutulan gıdalara kıyasla ürün kalitesini de iyileştirmektedir. Elektromanyetik mikrodalga enerjisi gıdanın içerisinde penetre olarak titreşimlere sebep olarak ısı enerjisine dönüşür ve hızlı bir ısıtma mekanizması oluşur. Vakum ise suyun kaynama noktasını düşürerek düşük sıcaklıkta suyun buharlaşmasını sağlayarak kuruma oranını hızlandırmaktadır (Scaman ve Durance 2005). Mikrodalgada ürün içerisinde hızlı bir ısınma gerçekleştirip yüksek bir buhar basıncı oluşturmakta ve kuru olan yüzey bu durumda bariyer gibi görev yaparak ürünün şişmesine sebep olabilmektedir. Vakum ile düşük sıcaklıklarda hızlı bir kütle transferi sağlandığından kurumanın son aşamasında nemin hızla uzaklaşması sağlanmaktadır. Yüksek sıcaklığa duyarlı gıdalar söz konusu olduğunda vakumla birlikte mikrodalga uygulaması kurutulan gıdanın yüksek kalitede olmasını sağlayacaktır (Argyropoulos vd. 2011). Mikrodalga-vakum kurutma sistemi (Şekil 2.13) hem mikrodalga hem de vakumlu kurutmanın sağladığı avantajlara sahiptir. Vakumla birlikte gelen düşük sıcaklık ve hızlı ısı transferinin mikrodalgayla gelen hızlı enerji transferiyle birleşmesi sonucunda düşük sıcaklıkta hızlı bir kurutma sağlanmakta ve enerji verimliliği ve ürün kalitesi de artmaktadır (Giri ve Prasad 2007).



Şekil 2.13 Mikrodalga-Vakum sisteminin şematik gösterimi (Giri ve Prasad 2007)

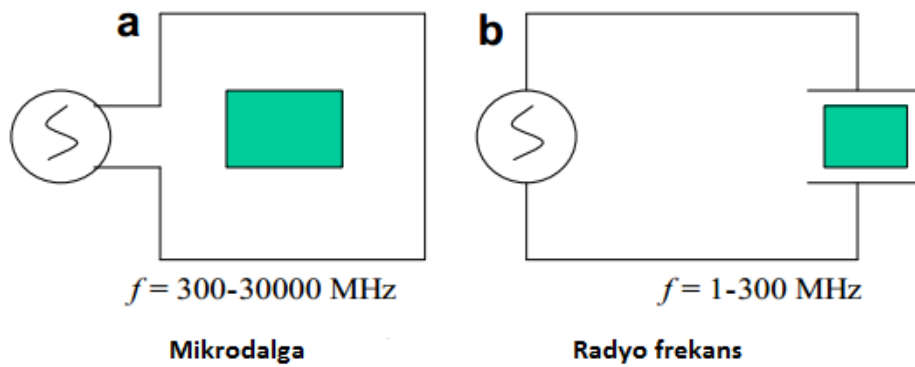
Mikrodalga tekniği ile endüstriyel bir kurutma yöntemi geliştirilmesindeki temel problemlerden birisi elektromanyetik enerji ile taze etin nasıl bir etkileşime gireceği konusundaki bilgi eksikliğidir (Taher ve Farid 2001). Bu zamana kadar yapılan çalışmalarda genellikle mikrodalga ile muamele sonucu etlerin renk, tekstür, pişirme kaybı, besin içeriği vb. kalite özellikleri üzerindeki değişimi incelenmiştir. Buna rağmen mikrodalga ile muamele edilen etten ekstrakte edilen DNA'daki değişim üzerinde pek durulmamıştır. Tür tayin testlerinde önemli bir tanımlayıcı analiz olan polimer zincir reaksiyonu (PCR) ile DNA tanımlanması özellikle taşıyışın belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır (Musto vd. 2014). Etlerde türlere ait tanımlamalarda DNA temelli analizler mitokondriyel DNA (mtDNA) ve nükleer DNA'daki (nDNA) hedef gen dizilerinin yüksek spesifiklikteki PCR amplikasyonlarıyla yapılmaktadır. mtDNA kullanımının nDNA'ya göre tartışmasız birçok avantajının bulunduğu bilinmektedir. Bu avantajlardan biri mtDNA'dan yapılan amplifikasyonlarda hedef gen dizilerinin hücre başına yüksek kopyalanabilme oranıdır. Bu nedenle işlenmiş gıdalarda bu genom içerisinde bir amplifikasyon nDNA'ya göre daha kesin sonuçlar verir. Buna rağmen mtDNA farklı dokularda farklı oranlarda bulunduğundan yabancı türlerin miktar analizinde yeterli olmamaktadır (Musto vd. 2014).

Etlere uygulanan pişirme yönteminin PCR temelli tanımlama yöntemlerini önemli şekilde etkileyebileceği dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda, Musto (2011)'de yaptığı

çalışmada farklı pişirme tekniklerinin (kavurma, haşlama ve mikrodalga) et DNA kalitesine etkisini belirlemiş ve mikrodalga uygulanmış etlerden elde edilen DNA'nın kısmen degrade olduğu ancak çiğ ve diğer tekniklerle pişirilen etlerdeki DNA bantlarının bütünlüğünü koruduğu gözlenmiştir. Musto vd. (2014) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, farklı mikrodalga sıcaklıkları ve süresi uygulanan etlerdeki DNA bütünlüğü kontrol edilmiş ve mikrodalgada pişirme süresi arttıkça DNA bütünlüğünün çiğ ete göre azaldığı belirlenmiştir.

3.2.8.3 Radyo Frekans (RF) kurutma

RF tekniği iki paralel zıt yüklü elektrot arasında gıdanın elektromanyetik alana maruz bırakılması esasına dayanır (Brunton vd. 2005). Mikrodalga tekniğinde elektromanyetik dalgalar, içerisinde ürünün bulunduğu bir hazneye aktarılırken, RF enerjisi bir çift zıt yüklü elektrot vasıtasıyla (Şekil 2.14) ürüne aktarılmaktadır (Marra vd. 2009). RF tekniğinde kullanılan elektrotlar negatiften pozitif doğru saniyede birkaç milyon olacak şekilde yüklenerek elektrotlar arasında bulunan gıdadaki polar moleküllerin elektromanyetik alanın etkisiyle sürekli yer değiştirmesi sonucunda sürtünmesi ve böylece gıdanın ısınması sağlanır (Byrne vd. 2010).



Şekil 2.14 a. Mikrodalga, b. Radyo frekans fırınlarının şematik gösterimi (Marra vd. 2009)

RF tekniğinde kullanılan frekanslar, radyo dalgalarıyla karışmaması için 13.56, 27.12 ve 40.68 MHz olarak belirlenmişken, mikrodalga da kullanılan frekanslar endüstriyel ve

ev tipi fırınlar için sırasıyla 915 ve 2450 MHz olarak kabul edilmiştir (Kirmaci ve Singh 2012). RF ısıtmanın yüksek dalga boyu sebebiyle iyi bir penetrasyon derinliği sağlar. Bu yüzden, mikrodalga tekniğine göre daha büyük boyutlardaki gıdalara uygulamayı mümkün kılar. Ayrıca, RF uygulaması sırasında elektromanyetik güç mikrodalgaya göre ürün içerisinde daha derinlere ulaşarak yüzeyin aşırı ısınmasını engeller ve daha homojen bir ısınma sağlanır (Marra vd. 2009). Mikrodalgada temel ısınma mekanizması dipol rotasyon sonucu oluşan sürtünmeyken, RF tekniğinde iyonik kondüksiyon etkisi daha baskındır (Çakmak ve Tavman 2011, Lyng vd. 2007).

RF tekniği fırın ürünlerinin fırınlanma sonrası son kurutulması ile gıdanın içerisinde kalan nemin ürün sıcaklığı arttırılmadan kolayca uzaklaştırılabilmesine olanak tanır (Palazoglu vd. 2012). Ayrıca gıdaların pastörizasyonu, sterilizasyonu ve sebzelerin haşlanması için gıda endüstrisinde kullanılabilen bir tekniktir (Çakmak ve Tavman 2011). Genellikle etlerin çözündürülmesi, et emülsiyonlarının pişirilmesi, meyve suyu işletmelerinde hızlı pişirme amacıyla, özellikle de yüksek penetrasyon derinlikleri nedeniyle sıvı gıdaların hızlı pastörizasyonunda etkili olan bir yöntemdir (Marra vd. 2009).

RF tekniği etlerin çözündürülmesinde ve emülsifiye et ürünlerinin pişirilmesinde kullanılmış ve konveksiyonel yöntemle göre damlama kaybının daha az olduğu, pişirme sonucu ise et kalitesinin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir (McKenna vd. 2006, Farag vd. 2009, Marra vd. 2009). RF tekniğinde gıdanın yüksek nem içeriğinden dolayı ısının ani artışı ve kıvılcımlanma gibi risklerden dolayı gıdalar için kullanımı kısıtlanmaktadır (Kirmaci ve Singh 2012).

2.3 Kurutma Eğrilerinin Matematiksel Modellenmesi

Kurutma esnasında oluşan kritik noktaların bilinmesi ve geliştirilecek olan yeni teknikler için işlem karakterizasyonunun sağlanması büyük önem taşır (Araszkievicz vd. 2007, Traffano-Schiffo vd. 2014). Kurutma, kütle ve enerji transferinin söz konusu olduğu en sık uygulanan temel işlemlerden birisi olduğundan transfer mekanizmalarının

bilinmesi uygulanan işlemin tanımlanması açısından önemlidir (Clemente vd. 2011). Kurutma prosesini tanımlayan matematiksel modeller mühendislik tasarımı ve optimizasyonu açısından oldukça yararlıdır.

Modelleme kısaca gerçek dünya problemlerini basitleştirerek çözmeye yarayan bir yöntemdir. Modelleme yapmak sistemin hangi etkiye karşı hangi tepkiyi vereceğini bilmek, dolayısıyla sistemi iyi tanımakla mümkündür. En basit şekliyle matematiksel model bir veya birden fazla değişken arasındaki ilişkiyi gösteren matematiksel eşitlikler olarak tanımlanır. Matematiksel modeller gerçek fiziksel olayların matematiksel bir örneğidir, gerçek sistemi matematiksel eşitlikler ve değişkenlerle tanımlar (Berry ve Houston 1995, Sablani vd. 2006, Carrejo ve Marshall 2007). Günümüzde matematiksel modelleme analiz sayısını azaltarak zaman ve ekonomik kazanç sağlaması, işlemi optimize etmesi, ‘eğer böyle olursa’ şeklindeki varsayımlarla tahmin oluşturması, prosesin düzenlenmiş otomasyonunu ve kontrolünü sağlaması gibi pek çok avantaja sahiptir. Model oluşturulduktan sonra modelin etkinliğini test etmek için istatistiksel test yöntemleri kullanılmaktadır (Devres ve Pala 1993, Sablani vd. 2006, Carrejo ve Marshall 2007).

Isı, kütle ve akışkan taşınımının gıda gibi gözenekli yapılardaki eş zamanlı etkileri birçok mühendislik alanı için önemli bir konu olmuştur (Stangle ve Aksay 1990). Akışkan akışı, ısı taşınımı veya diğer ilgili olayların simülasyonu için bu fiziki olayları matematiksel terimlerle tanımlamak gereklidir (Murthy 2002). Matematikteki ilerlemeler ve bilgisayar programları karmaşık olan ısı, kütle ve akışkan hareketlerini çözmeyi kolaylaştırmıştır (Wolti-Chanes vd. 2005).

Gıda işlemede çeşitli taşınım olayları ürünün işlenmesi ve ürün kalitesi açısından önemli rol oynar. Örneğin; difüzyon veya kütle taşınım mekanizması kurutma, destilasyon, absorpsiyon ve kristalizasyon sırasında görülür. Isı taşınımı ise kurutma, pişirme, evaporasyon gibi işlemler sırasında görülmektedir (Geankoplis 1972). Et işleme prosesinde kurutma, dondurarak kurutma, tuzlama, kütleme, tutsüleme, kavurma ve ambalaj materyaline su buharı, gaz ve bileşenlerin taşınımı gibi olaylarda kütle

taşınımından söz etmek mümkündür. Sıcaklık, zaman, basınç gibi bağımsız değişkenlerin; bahsedilen teknolojik işlemlerde rol olan bileşenlerin ete nüfuz etme hızı, miktarı gibi bağımlı değişkenlere olan etkisi difüzyon kinetiği içerisinde incelenir (Goli vd. 2011, Cepeda vd. 2013, Amiryousefi vd. 2014, Dimakopoulou-Papazoglou ve Katsanidis 2016). Kütle taşınım eşitliklerinden probleme en uygun olan eşitlik seçilerek spesifik problem için bazı varsayımlar yapılarak matematiksel çözümleme ile model oluşturulur (Devres ve Pala 1993).

Et teknolojisinde ısı işlemler; kurutma, soğutma, dondurma, pişirme, ürünün fonksiyonel özelliğini modifiye etme gibi amaçlar için modelleme uygulanır. Isı taşınımı bu gibi teknolojik işlemler de önemli bir rol oynamaktadır. Bu yüzden ısı taşınım mekanizmasını anlamak bu gibi teknolojik işlemler sonucunda oluşan et yapısındaki değişiklikleri kontrol etmeyi ve hataları azaltmayı sağlar. Et, ısı ile birlikte kimyasal yapısı değişen, porozitesi yüksek ve heterojen bir yapıya sahip olması nedeniyle ısı işlem karşısındaki davranışlarını modellemenin zor olduğu bir gıdadır. Genellikle ete uygulanan kurutma, soğutma, pişirme, kızartma gibi işlemler sırasında ısı ve kütle taşınımı eş zamanlı olarak yer alır (Banga vd. 2001, Delgado ve Sun 2001, Isleroglu ve Kaymak-Ertekin 2016).

Kurutma teknolojisi söz konusu olduğunda üzerinde durulan en yaygın konu sistemin matematiksel modellenmesi olmuştur. Modelleme temelde sistemi mümkün olan en doğru şekilde tanımlamak için bir takım eşitliklerin tasarlanmasıdır (Kara ve Doymaz 2015). Kurutma prosesini tanımlamak için geliştirilen birçok matematiksel modelden en yaygın kullanılanları “ince tabaka kurutma modelleri”dir. Bu modeller teorik, yarı teorik ve deneysel olarak sınıflandırılmaktadır (McMinn 2006). Modeli oluşturmak için kullanılan matematiksel eşitliklerin sadece kütle ve ısı transfer olayları gibi teorik bilgilere ve difüzyon kanunlarına dayandığı bu modeller teorik modeller olarak isimlendirilir (Devres ve Pala 1993). Teorik modeller gıdadan nem transferine karşı koyan sadece gıdanın içerisindeki dirençleri göz önüne alırken, yarı teorik ve deneysel modeller gıda ile hava arasındaki nem transferini etkileyen dış etkileri hesaba katmaktadır (Ozdemir ve Devres 1999). Gıda sistemlerinin modellenmesinde genellikle

yarı teorik ve deneysel modeller kullanılmaktadır, bunun nedeni teorik modellerin pratik olmayışıdır (Kutlu vd. 2015).

Gıdaların kurutulmasında en çok kullanılan teorik model Fick'in 2. kanunudur. Diğer teorik modeller Fick yasasından türetilmiştir. Deneysel modeller yalnızca deneysel verilerden elde edilen sonuçların istatistiksel analizi ile elde edilen modellerdir (Devres ve Pala 1993). Deneysel modeller nem içeriğiyle kurutma zamanının direkt ilişkisinden türetilmiş olup, diğer fiziksel anlamı olmayan parametrelerin ihmal edilmesiyle oluşturulan modellerdir. Yarı teorik modeller hem deneysel hem de teorik verilerin değerlendirildiği genellikle Fick'in 2. kanununun bir seri çözümünden türetilerek oluşturulmuş modellerdir. Bu modeller teorik ince tabaka modellerine göre daha kısa zaman gerektirir, daha kolay uygulanır, daha az varsayımlar söz konusudur ve gıdanın geometrisi, kütle difüzyonu ve iletkenliğiyle ilgili tahminlere gerek duyulmaz (McMinn 2006).

Başlar vd. (2014), tavuk ve sığır etlerini ultrasonik-vakum kurutma yöntemi kullanarak kuruttuğu çalışmada farklı sıcaklıklardaki kurutma zamanına göre değişen ayrılabilir nem oranını farklı ince tabaka kurutma modelleriyle belirlemişlerdir. Genel olarak uygulanan kurutma tekniği açısından, sığır ve tavuk etleri için en uygun modellerin sırasıyla Logaritmik, Modifiye Page, iki terimli ve iki terimli exponensiyel modelleri olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bu çalışmada kurutma sıcaklığı yükseldikçe etkili difüzyon katsayısının da arttığı belirlenmiştir. Yapılan bir başka çalışmada, tatlı su balığı olan tilapia filetolarının sıcak hava akımıyla kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi için 9 farklı ince tabaka kurutma modelinin uyumluluğu test edilmiş ve R^2 , χ^2 ve RMSE değerlerine göre en uygun modelin Page modeli olduğu belirlenmiştir (Guan vd. 2013). Aynı çalışmada, etkili nem difüzyon katsayısının kurutma sıcaklığı ve hava akım hızıyla birlikte arttığı tespit edilmiştir. Zhang vd. (2012) farklı güçler uygulanarak mikrodalgada kurutulan tilapia filetolarının kurutma karakteristiklerini belirlemiştir. Bu çalışmada Midilli modelinin en uyumlu model olduğu, difüzyon katsayısının da uygulanan güç arttıkça arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

2.4 Gıdaların Mikrodalga Uygulamasının Sağlık Üzerine Etkisi

Amerika’da halkın %95’i evlerinde mikrodalga fırın bulundurmakta ve mikrodalga fırınlar gıdaları pişirmek, çözündürmek ve kızartmak amacıyla kullanılmaktadır. Buna rağmen dünya genelinde ve özellikle de ülkemizde gıdaların mikrodalga ile muamele edilmesi konusunda bazı ön yargılar ve güvensizlikler mevcuttur. Dünya Sağlık Örgütü mikrodalgaın belirtilen talimatlara uygun şekilde kullanıldığı takdirde tamamen güvenilir olduğunu belirtmiştir (<http://www.who.int> 2015c). Mikrodalga fırınlar söz konusu olduğunda halkın aklındaki en büyük endişe gıda güvenirliliği konusudur. Mikrodalgalar yüksek kalınlıktaki gıdaların içerlerine penetre olamadığından mikrodalga ile pişirme sırasında kalın gıdalar için iyi bir sıcaklık dağılımı sağlanamamaktadır. Bu durum, iç kısımların yeterli ısınmaması dolayısıyla mikrobiyel risk oluşturmaktadır. Bu nedenle pişirme işlemi bittikten sonra birkaç dakika mikrodalgada gıdalar bekletilmelidir (<http://www.who.int> 2015c).

Mikrodalga ile muamele edilen gıdaların konveksiyonel yöntemlerle kıyaslandığında aynı besinsel içeriğe sahip olduğu belirtilmektedir (<http://www.who.int> 2015c). Bohm vd. (2006) farklı türlerdeki çilekleri hem konveksiyonel yöntemle hem de vakum-mikrodalga kurutma tekniğiyle kurutmuş ve çileklerin askorbik asit ve fenolik madde miktarlarıyla antioksidan kapasitelerinin her iki kurutma tekniğinde de aynı oranda azaldığını bulmuşlardır.

Kavurma, ızgara, kızartma ve mikrodalgada olmak üzere 4 farklı pişirme tekniğiyle pişirilen bifteklerin uçucu aroma bileşiklerinin ve oksidasyon ürünlerinin miktarlarının belirlendiği bir diğer çalışmada, mikrodalga pişirilmiş veya kavrulmuş grupların aynı düzeylerde okside olduğu belirlenmiştir. Uçucu aroma bileşiklerinin ise genel olarak kızartılmış ve ızgarada pişirilmiş gruplarda kavrulmuş ve mikrodalga uygulanmış gruplara göre daha fazla kayba uğradığı söylenebilir (Domínguez vd. 2014). Benzer bir çalışmada kavurma, ızgara, kızartma ve mikrodalgada pişirme tekniklerinin tay etinin besinsel içeriğine olan etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada, toplam elzem ve elzem olmayan amino asit miktarlarının pişirme yönteminden etkilenmediği ifade edilmiştir (Domínguez vd. 2015). Douiri-Bedoui vd. (2011) mikrodalga pişirme yöntemini

optimize ettikleri çalışmada kabakların kızartma yöntemine göre mikrodalga ile pişirildiğinde daha az C vitamini ve toplam fenolik madde kaybına uğradığını belirtmişlerdir. Soyer vd. (1999) mikrodalga, haşlama ve fırında pişirme tekniklerinin tavuk but ve göğüs eti kalite özelliklerine etkisini inceledikleri çalışmada mikrodalga ile pişirmenin tiyobarbiturik asit (TBA) değeri açısından herhangi bir farklılığa sebep olmadığını göstermişlerdir.

Bir diğer kavram yanılgısı ise mikrodalga ile muamele edilen gıdaların “radyoaktif” olarak algılanmasıdır. Hiçbir şekilde mikrodalga enerjisi/elektromanyetik dalgalar fırın kapatıldıktan sonra çevrede, fırının içerisinde veya gıdada varlığını sürdürmez (<http://missionscience.nasa.gov> 2015b). Elektromanyetik spektrumda radyoaktif ışımlar olan x-ray ışınları ile mikrodalga ışınları birbirinden oldukça uzak spektrumlarda yer almaktadır. Toplumda mikrodalga ile ilgili şüphe uyandıran en önemli konu ise kanserojenik bileşiklerin oluşumuna yol açtığı şeklindeki inançtır. Barutcu vd. (2009)’un kaplamalı tavuklarda kaplama materyalinde oluşan akrilamid miktarının geleneksel derin yağda kızartma ve mikrodalgada kızartma yöntemlerindeki değişimini incelediği çalışmada mikrodalgada kızartılan tavuk kaplamalarındaki akrilamid miktarının derin yağda kızartmaya göre daha düşük olduğunu bulmuştur ($p<0.05$). İnsanlarda mutajen/kanserojen etkiye sahip olan heterosiklik aromatik aminler (HAA) özellikle protein içeriği yüksek olan et, balık vb. gıdaların uygun olmayan yöntemlerle pişirilmesi sonucu oluşmaktadır. Gıdaların mikrodalga fırında pişirilmesi HAA oluşumunu azalttığı için tavsiye edilen bir pişirme yöntemidir (Sugimura vd. 2004). HAA oluşumunu azaltmak için uygulanan yöntemlerden birinin de pişirme veya kızartma işlemleri öncesi gıdaların mikrodalga ile ön muamele yapılması olduğu belirtilmiştir (Weisburger 2002). Gıdalarda pişirme veya kurutma sırasında oluşan polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), akrilamid ve HAA’lar gibi birçok kanserojenik bileşiğin miktarını azaltmak için mikrodalga yönteminin kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur (Felton vd. 1994, Farhadian vd. 2011, Laguerre vd. 2011, Jinap vd. 2013, Haskaraca vd. 2014).

Sonuç olarak çoğunlukla gıdaların sterilizasyonu, pastörizasyonu, pişirilmesi, çözündürülmesi ve kurutulması amacıyla kullanılan mikrodalga tekniği konveksiyonel

yönteme göre daha kısa sürede istenen sıcaklığı sağladığından gıdaların daha az ısınmasını dolayısıyla da daha iyi besinsel kalite göstermesini sağlamaktadır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmada hammadde olarak sığır *Semimembranosus* kası kullanılmıştır. Ankara'daki yerel bir marketten temin edilen etler kurutma işleminden önce 3x2x2cm ebatlarında dilimlenerek hazırlanmıştır. Eşit boyutlarda düzgün bir şekilde etlerin kesilmesi için

Şekil 3.'deki kesme düzeneği kullanılmıştır.



Şekil 3.1 Et kesme düzeneği

3.2 Yöntem

3.2.1 Kurutma yöntemleri

Çalışmada materyal olarak kullanılan sığır eti 3x2x2cm ebatlarında kesildikten sonra rastgele 9 farklı gruba ayrılmıştır. İlk üç grup; 1) tepsili kurutucu (TK), 2) mikrodalga kurutma (MK), 3) tepsili kurutucu + mikrodalga kurutma (TK+MK) yöntemleriyle kurutmaya tabi tutulmuştur. Diğer 6 grupta % 100NaCl ve % 50NaCl+% 50KCl ile tuzlama yapılarak ön kurutma uygulanan etler sırasıyla TK, MK ve TK+MK kurutmaya tabi tutulmuştur. Çizelge 3.1'de uygulanan kurutma yöntemlerine göre deneme planı verilmiştir. Kurutma yöntemleri aşağıda detaylı açıklanmıştır.

Çizelge 3.1 Sığır etlerine uygulanan farklı kurutma teknikleri

Gruplar	NaCl	KCl	Tepsili	Mikrodalga
TK	-	-	+	-
MK	-	-	-	+
TK+MK	-	-	+	+
NaCl+TK	+	-	+	-
NaCl+MK	+	-	-	+
NaCl+TK+MK	+	-	+	+
NaCl/KCl+TK	+	+	+	-
NaCl/KCl+MK	+	+	-	+
NaCl/KCl+TK+MK	+	+	+	+

Tepsili kurutucu ile kurutma: Örnekler laboratuvar tipi bir tepsili kurutucuyla (Şekil 3.) metal bir platform üzerinde kurutma tüneli içerisindeki sıcak hava akımı ile kurutulmuş ve en uygun sıcaklık ve bağıl nem düzeyleri ön denemelerle belirlenmiştir. Buna göre etler 80 °C’de 0.5m/s hava akım hızı ile denge nem içeriğine kadar kurutulmuştur.



Şekil 3.2 Laboratuvar tipi tepsili kurutucu

Mikrodalga Kurutma: Mikrodalga kurutma için maksimum 1200Watt güçte 2.4 GHz frekansta çalışan mikrodalga ile 350 W’da çalışılmıştır.

Tuzlama: Etler kurutulmadan önce % 100NaCl veya %5 0NaCl+% 50KCl tuzlarıyla ağırlıkları oranında (1/1, w/w) karıştırılarak kuru tuzlamaya tabi tutulmuştur. Tuzlama sırasındaki ağırlık değişimleri izlenmiş ve 120 dakika sonrası nem düşüşünün önemli ölçüde yavaşlaması dikkate alınarak örneklerin bir kısmı TK ile kurutulmuş, bir kısmı MK ile kurutulmuş, diğer örnekler ise hem TK hem de MK ile kurutulmuştur.

Uygulanan kurutma yöntemleri ile etlerin kuruma süreleri, kurutma sıcaklıkları ve TK içerisindeki hava akım hızı değerleri çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Farklı kurutma yöntemleri uygulanan etlerin kurutma koşulları

Gruplar	Kurutma sıcaklığı	Kurutma süresi	Hava akım hızı
TK	80 °C	660 dk	0.5m/s
MK	95 °C	250 dk	-
TK+MK	95 °C	300 dk	0.5m/s
NaCl+TK	95 °C	700 dk	0.5m/s
NaCl+MK	95 °C	360 dk	-
NaCl+TK+MK	95 °C	360 dk	0.5m/s
NaCl/KCl+TK	95 °C	700 dk	0.5m/s
NaCl/KCl+MK	95 °C	360 dk	-
NaCl/KCl+TK+MK	95 °C	360 dk	0.5m/s

Hammadde olarak kullanılan etlerin başlangıçtaki kalitesini belirlemek ve kurutulan etlerin kalite parametrelerinin belirlenmesi amacıyla aşağıda belirtilen analizler gerçekleştirilmiştir.

3.2.2 Nem içeriği

Örneklerin nem miktarını belirlemek için, 105 °C’de en az iki saat tutularak sabit tartıma getirilmiş ve darası alınmış kuru madde kaplarına yaklaşık 5g örnek tartılmış ve

105 °C'deki etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutulup kuru madde kaplarının tartım farkından örnekteki % nem miktarı belirlenmiştir (Anonymous 1990).

3.2.3 Yağ içeriği

Örneklerin toplam yağ miktarı, sıcak ekstraksiyon yöntemi ile Soxhlet düzeneği kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla kuru madde analizinde kullanılan 5 gramlık et örnekleri darası alınmış yağ balonlarına konulup uygun bir çözgen hazırlanarak Soxhlet ünitesinde örnekte bulunan yağ ekstrakte edilmiştir (Anonymous 1990).

3.2.4 Protein içeriği

Örneklerdeki protein miktarı, Kjeldahl yöntemi ile saptanmıştır. Örneklerin önce % azot miktarı belirlenip daha sonra da 6.25 faktörü ile çarpılarak ham protein miktarı (%) hesaplanmıştır (Anonymous 1990).

3.2.5 Kül içeriği

Kül miktarının belirlenmesi için, sabit ağırlığa getirilen porselen kül kapsüllerine yaklaşık 3g örnek tartılarak kül fırınına konulmuştur. Sıcaklık kademeli olarak artırılarak 550 °C'ye getirilmiş ve kül kapsülündeki örnek rengi gri-beyaz olana kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Kül kapsüllerinin tartım farkından örnekteki % kül miktarı belirlenmiştir (Anonymous 1990) .

3.2.6 pH değeri

Hammaddeden 10 g tartılarak destile su ile 1/10 oranında karıştırılıp homojenizatör (Micra D-9, Almanya) ile 1 dk süresince homojenize edilmiş ve pH değerleri Orion marka A211 model pH metre ile belirlenmiştir. Ölçümlerden önce pH metre, pH 4 ve 7 tampon çözeltileriyle kalibre edilmiştir (Anonymous 1990).

3.2.7 Tuz Miktarı

Tuz miktarının belirlenmesinde titrimetrik Mohr yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla kül analizinde kullanılan 3 g'lık örnekler üzerinden analize devam edilmiştir. Kül 100 mL sıcak su ile yıkanarak külsüz filtre kağıdında filtre edilmiş, daha sonra filtre edilen örnekten 10 mL alınarak 100 mL'ye tamamlanmıştır. Üzerine 3-4 damla % 5'lik K_2CrO_4 eklenip ve 0.1 N $AgNO_3$ çözeltisi ile kiremit kırmızısı renge titre edilmiştir (Anonymous 1990).

3.2.8 Su aktivitesi değeri

Ölçüm aralığı 0.05-1.00 su aktivitesi (a_w) değerleri arasında olan otomatik su aktivitesi tayin cihazıyla (Aqualab 4TE) 24 °C'de kurumanın başlangıç aşamasındaki nem oranı yüksek etler için yüzeyden alınan örneklerden su aktivitesi ölçüm kaplarının tabanına yayılacak şekilde ölçüm yapılmıştır. Nem oranı düştükten sonra ise kuru etler toz haline getirilerek su aktivitesi ölçülmüştür. Su aktivite değerleri kurutmanın belirli aşamalarında zamana bağlı olarak ölçülmüştür.

3.2.9 Enstrümental renk değerleri ve renk kinetiği

Örneklerin renkleri kurutmadan önce ve kurutma esnasında belirli zaman aralıklarıyla ölçülmüştür. Renk tayini Minolta Kromametre ile CIE açıklık- koyuluk (L^*), kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) değerleri belirlenerek gerçekleştirilmiştir. Kırmızı renk için a^* pozitif değerler alırken, yeşil renk için negatif değerler almaktadır. Sarı renk için b^* pozitif değer alırken, mavi renkler için negatif değerler almaktadır. Bunun yanında, L^* gri skala üzerinde siyah ile beyaz arasında değerler almaktadır. Renk kinetiğini belirlemek için deneysel verilerin kullanılacağı birçok matematiksel model geliştirilmişken en yaygın kullanılan modeller olan sıfırıncı (Eşitlik 3.1) ve birinci dereceden (Eşitlik 3.2) renk kinetiği aşağıdaki gibidir (Maskan 2001a):

$$C = C_0 \pm kt, \quad (3.1)$$

$$C = C_0 \exp(\pm kt), \quad (3.2)$$

Burada (+) ve (–) işlemleri herhangi bir renk parametresinde iyileşme veya bozulma olduğu durumları ifade eder.

L^* , a^* , b^* değerlerinden türetilen diğer parametreler olan “toplam renk farklılığı (ΔE)”, “renk doygunluğu veya kroma (C^*)” ve “ton açısı (h)” gıdalardaki rengi karakterize etmek için kullanılan terimlerdir.

$$kroma(C^*) = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad (3.3)$$

$$ton\ açısı(h) = \tan^{-1}(b/a) \quad (3.4)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2} \quad (3.5)$$

3.2.10 Tekstür profil analizi

Kurutulan etlerin tekstürel karakteristiklerini belirlemek için tekstür profil analiz (TA Texture analyzer) cihazı kullanılmıştır. Kurutulan etlere % 50 kompresyonla iki kez sıkıştırma uygulanmıştır. Prob olarak silindirik paralel prob kullanılmış ve analiz ön test hızı 5mm/s ve 2mm/s test hızında ve iki baskılama arasında geçen süre 10s olacak şekilde 0.06N tetikleme kuvveti uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm esnasında dört tekrar yapılarak tekstürel parametreler; sertlik (hardness-N), bağlayıcılık (cohesiveness), çiğnenebilirlik (chewiness-Nmm), yapışkanlık, elastiklik (springiness-mm), esneklik belirlenmiştir. Ölçümler 3 tekerrürlü ve 6 paralelli olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.11 Rehidrasyon oranı

Rehidrasyon oranı (RO) Nathakaranakule vd. (2007) tarafından belirlenen yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. Bunun için kuru etler 90 °C sıcaklıktaki su içerisinde

tutulmuş ve 60 dk. sonra kütledeki değişim belirlenerek ilk ağırlığa göre % kütle artışı aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Rehidrasyon} = \frac{M_t - M_d}{M_d} \times 100 \quad (3.6)$$

Denklemden M_t herhangi bir t zamanında etin kütlesi (g), M_d kurutulan etin nihai kütlesidir (g).

3.2.12 Büzülme oranı

Büzülme oranı (BO) klasik hacimsel yer değiştirme metoduna göre sıvı olarak toluen kullanılarak hesaplanmıştır. İlk hacme göre % hacim azalması hesaplanarak büzülme oranı aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir (Nathakaranakule vd. 2007).

$$\% \text{ Büzülme Oranı} = \frac{V_1 - V_2}{V_1} \times 100 \quad (3.7)$$

Burada V_1 etin ilk hacmi (m^3), V_2 etin kuruduktan sonraki hacmidir (m^3).

3.2.13 Dielektrik özellikleri

Hammadde ve hem de kurutulmuş etin dielektrik özellikleri 2450 MHz frekanslarda network analyzer (E5061B, Agilent Tech., USA) cihazına bağlı olan prob kullanılarak ölçülmüştür.

3.2.14 Hem-demir içeriği

Hornsey (1956) tarafından önerilen yöntemle göre toplam hem pigment analizi yapılmıştır. Bunun için 10 g örnek 50 mL'lik santrifüj tüplerine koyulmuş ve üzerine 20

mL asit-aseton karışımı (40 mL aseton, 9 mL su ve 1 mL konsantre HCl) eklenmiştir. Karışım 30 s homojenize edilmiş ve daha sonra 20 mL daha asit-aseton karışımından eklenerek karıştırılmış ve karışım parafilm ile kapatılarak karanlıkta 1 saat bekletilmiştir. Ekstrakt 2200 rpm’de 10 dk santrifüj edilmiştir. Daha sonra süpernatant filtre edilmiş ve filtratın absorbansı 640 nm’de asit-aseton karışımı olan köre karşı okunmuştur. Absorbans 6800 ile çarpılıp örnek ağırlığına bölünerek toplam hem pigmenti μg hematin/g et olarak hesaplanmıştır. Hem-demir içeriği μg demir/g et cinsinden yukarıda hesaplanan toplam hem pigment miktarının 0.0882 faktörüyle çarpılmasıyla hesaplanmıştır (Clark vd. 1997).

3.2.15 Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı

Toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısının belirlenmesi için, hammadde ve farklı yöntemlerle kurutulan etlerden homojen olarak 10 gram örnek alınarak 90 ml steril fizyolojik tuzlu su (% 0.85 NaCl) ile yapılan seri seyreltmelerden Plate Count Agar’a (Merck) dökme plak yöntemiyle ekim yapılmıştır, ekim yapılan petri kutuları 28-30 °C’de 48 saat süre ile inkübe edilerek, inkübasyon süresinin sonunda oluşan koloniler sayılmıştır. Elde edilen sonuçlar $\log_{10}$ koloni oluşturma birimi (logkob)/g olarak ifade edilmiştir (Anonim 2005).

3.2.16 Laktik asit bakteri sayısı

Laktik asit bakteri (LAB) sayısının belirlenmesi amacıyla De Man Rogosa Sharpe Agar (Merck 1.10660) besiyerine çift tabaka dökme plak yöntemi ile tüm seyreltilerden ekim yapılmıştır. 28°C’de 48 saat inkübasyon sonunda besiyerinde krem renkli tüm koloniler laktik asit bakterisi olarak kabul edilmiştir. Elde edilen sayım sonuçları $\log_{10}$ kob/g olarak ifade edilmiştir (Anonim 2005).

3.2.17 Koliform grubu bakteri ve *Esherichia coli* sayımı

Koliform grubu bakterileri ve *Esheria coli* sayımı amacıyla En Muhtemel Sayım (EMS) yöntemi kullanılmıştır. 10 mL Fluorocult Lauryl Sulfate Broth (Fluorocult LST, Merck) sıvı besiyerine örneklerden 1 mL ekim yapılan tüpler 35–37 °C’ de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Bu süre sonunda besiyeri renginde bulanıklık görülen ve gaz oluşan tüpler koliform pozitif olarak değerlendirilmiştir. *E. coli* varlığının saptanması için ise koliform bulunduran tüplere UV ışık altında 366 nm de bakılarak floresan ışıma veren tüplere kovaks indol ayırıcından 1 mL damlatılıp yavaşça karıştırıldıktan sonra 1 dakika içinde besiyerinin yüzeyinde vişneçürüğü renkli halka oluşumu görülen pozitif tüpler belirlenmiştir. Sonuçlar, EMS çizelgesinden değerlendirilerek EMS/g olarak ifade edilmiştir (Anonymous 1996).

3.2.18 Sülfite indirgeyen anaerob sporlu bakteri sayımı

10 g örnek 90 mL FTS (fizyolojik tuzlu su) ile homojenize edilmiş ve ardından pastörize edilmiştir. Pastörizasyon için tüp içerisine aktarılan örnek, 80°C’de kaynar su banyosuna daldırılmıştır. Su banyosuna aynı çeper kalınlığındaki bir diğer dolu tüp koyulup içerisine termometre yerleştirilmiştir. Kontrol tüpündeki örnek 80 °C’ye ulaştığında her iki tüp su banyosundan çıkarılmıştır. Sıcaklık 79 °C’ye düştüğünde tüpler tekrar su banyosuna beraberce daldırılıp 5 dk. bekletilmiştir. Süre sonunda tüpler buzlu su banyosunda hızlıca soğutulmuştur. Homojenizattan hazırlanan uygun seyreltilerden Sülfite Iron Agar besiyerine dökme yöntemi ile ekim yapılmıştır. İşlemin ardından üzerine aynı besiyerinden 10 mL kadar ilave edilmiş ve 37 °C’de 24-48 saat anaerobik olarak inkübasyon yapılmıştır. Ayrıca bir başka Sülfite Iron Agar besiyerine ikinci kat ilave edilmeden aerobik olarak inkübasyona bırakılmıştır. Bu petri kutusunda tipik koloni görülmemesi gerekmektedir. İnkübasyon sonunda siyah ve çoğunlukla etrafı siyah zonlu koloniler sülfite indirgeyen anaerob bakteri (*C. perfringens*) olarak sayılmış ve bakteri sayısı standart şekilde hesaplanarak sonuçlar olarak ifade edilmiştir (Anonim 2005).

3.2.19 Toplam maya ve küf sayımı

Toplam maya-küf sayımı Yeast Extract Glucose Chloramphenicol Agar (Merck) besiyerinde yayma kültürel sayım yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Petrilerde mayalar için 25–28 °C’ de 72 saat, küfler için 25–28 °C’ de 120 saat süre ile inkübasyonun ardından gelişen koloniler sayılmıştır. Sonuçlar logkob/g olarak ifade edilmiştir (Anonymous 1996, Bell vd. 2005).

3.2.20 Koagülaz pozitif stafilokok

Koagülaz pozitif stafilokok sayımı için yayma kültürel sayım yöntemiyle ekim yapılmış Baird-Parker Agar Base (Merck) besiyerine yumurta sarısı-tellurit emülsiyonu ilave edilerek 37 °C’de 24 saat inkübasyon sonucunda gelişen siyah renkli, berrak zon oluşturan tipik koloniler sayılmıştır. Sonuçlar kob/g olarak ifade edilmiştir. Tipik ya da şüpheli kolonilere Bactident Coagulase kullanılarak koagülaz testi yapılmıştır (Anonim 2005).

3.2.21 DNA bütünlüğünün belirlenmesi

DNA bütünlüğü hem başlangıç materyalinde (hammaddede) hem de kurutulmuş nihai üründe belirlenmiştir. Öncelikle örneklerden DNA izolasyonu yapılmış daha sonra agoroz jel elektroforez tekniği ile ekstrakte edilen DNA görüntülenmiştir.

DNA izolasyonu: Et örneklerinden DNA izolasyonu amacıyla (Qiagen Blood & Tissue Kit, Cat no: 69504) doku analiz kiti kullanılmış olup, firmanın önerdiği şekilde protokol uygulanmıştır. DNA ekstraksiyonu için bistürü ile toz haline getirilen etlerden 25 mg tartılıp 1.5 mL’lik santrifüj tüpüne aktarılmıştır. Üzerine 180 µL ekstraksiyon buffer (Buffer ATL) ve 20 µL proteinaz K eklenerek 5-10 sn. vortekslenmiştir. Örnekler 56°C de 3 saat termal blokta inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon boyunca örnekler 20 dk. aralıklarla vorteks yardımıyla karıştırılmıştır. Süre sonunda örneklerle 200 µL buffer AL eklenmiş ve 5-10 sn. vortekslenildikten sonra 200 µL % 96’lık etil alkol eklenmiştir.

Tekrar vortekslendikten sonra örneklerin tamamı DNeasy spin kolonlara aktarılarak santrifüjlenmiştir (8000rpm, 1dk.). Ardından örneklerle 500 µL buffer AV1 eklenerek tekrar santrifüj edilmiştir (8000rpm, 1dk.). Santrifüj sonrası örneklerle 500 µL buffer AV2 eklenerek 14 000 rpm’de 3 dk. santrifüj edilmiştir. Yeni bir tüpe aktarılan kolonlar üzerine 200 µL buffer AE eklenerek oda sıcaklığında 1 dk. inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra 8000 rpm’de 1 dk. örnekler santrifüj edilmiştir. Toplam ekstrakte edilen DNA’nın degradasyon oranı agaroz jel elektroforez ile belirlenmiştir. Bunun için 0.01 gmL⁻¹ (w/v) agaroz jel ve işaretleme içinde ethidium bromide (0.5–1µgmL⁻¹) kullanılarak UV ışık altında dijital fotoğrafı çekilmiştir, marker olarak 1kb DNA sarmalı kullanılmıştır. DNA konsantrasyonu UV-görünür spektrofotometre ile (NanoDrop, ND 100) ve saflık indeksi olarak A₂₆₀/A₂₈₀ absorpsiyon oranı kullanılmıştır. Böylece izole edilen DNA’nın saflığı (A₂₆₀/A₂₈₀), kirlilik oranı (A₂₃₀/A₂₈₀) ve kantitatif olarak miktarı belirlenmiştir.

DNA bütünlüğünü belirlemek için Sığır *Semimembranosus* kasına özgü mitokondriyel DNA (mtDNA)’ya ait spesifik gen dizileri daha önce yapılan yayınlardan (Musto vd. 2014) seçilmiştir. Primerler büyük (amplikon uzunluğu 918 bp) ve küçük (amplikon uzunluğu 173bp) fragmentler verecek şekilde seçilmiştir. Her iki gen dizisi de Helixbio (Türkiye)’den temin edilmiştir. PCR reaksiyonu Tetrad 2 Thermal cyclers (BioRad, Türkiye) marka cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.3’de denemede kullanılan primer setleri görülmektedir.

Çizelge 3.3 PCR denemesinde kullanılan primerlere ait bilgiler

Primer ismi	T _m derecesi	Primer dizisi
CYTB F	64.0°C	5’- TCG ACC TTC CAG CCC CAT CGA A -3’
CYTB R	64.0°C	5’- ACA GGC ATT GGC TGA GCA GTC G -3’
CYTB FF	63.5°C	5’- CGA CCT TCC AGC CCC ATC GA -3’
CYTB RR	63.7°C	5’- AGC CGT AGT TCA CGT CTC GGC -3’

*T_m: Bağlanma sıcaklığı

* CYTB F ve CYTB R uzun amplikona ait primer seti CYTB FF ve CYTB RR kısa amplikona ait primer seti

Bu denemede $MgCl_2$ konsantrasyonları ve farklı T_m sıcaklıkları (bağlanma sıcaklığı) ile optimizasyon denemesi yapıldıktan sonra uygun koşullarda PCR kurulmuştur. Polimeraz zincir reaksiyonunda toplam 50 μL hacim ile çalışılmış olup, çizelge 3.4 'de çözültide bulunan bileşenlerin konsantrasyonları ve çizelge 3.5'de PCR analizi koşulları verilmiştir. Amplifikasyonda elde edilen gen bölgeleri elektroforez ile çözümlenmiştir. Bunun için agoroz jel 0.015 gmL^{-1} (w/v) ve işaretleme içinde ethidium bromide ($0.5\text{-}1 \text{ gmL}^{-1}$) kullanılmış ve UV ışık altında görüntülenerek dijital fotoğrafı çekilmiştir. Uygun boyutlardaki bantlar 100 bp DNA sarmalı ile karşılaştırılarak tanımlanmıştır (Musto vd. 2014).

Çizelge 3.4 PCR karışımında bulunan bileşenlerin konsantrasyonları

PCR karışım içeriği	Reaksiyon hacmi
Steril distile su	34.8 μl
5X PCR tamponu	5 μl
dNTP (2mM)	1 μl
İleri (Forward) primer (10 pmol)	1 μl
Geri (Reverse) primer (10 pmol)	1 μl
$MgCl_2$ (25mM)	4 μl
Taq DNA Polimeraz (5u/mL)	0,2 μl
DNA	3 μl
Toplam	50 μl

Çizelge 3.5 PCR analizi için koşullar

Primerler	PCR koşulları
CYTB F/CYTB R ile gerçekleştirilen deneme (918 bp)	94 °C'de 4 dakika 94 °C'de 30 saniye 63 °C'de 45 saniye 72 °C'de 90 saniye 72 °C'de 10 dakika
CYTB FF/CYTB RR ile gerçekleştirilen deneme (173 bp)	94 °C'de 4 dakika 94 °C'de 30 saniye 63 °C'de 45 saniye 72 °C'de 60 saniye 72 °C'de 10 dakika

3.2.22 Sodyum dodesil sülfat elektroforez (SDS-PAGE) ile protein profilinin belirlenmesi

SDS-PAGE protein profili karşılaştırma yapılabilmesi için hem başlangıç materyalinde (hammadede) hem de kurutulmuş nihai üründe belirlenmiştir. Kurutma işlemi boyunca proteinlerde meydana gelen değişimleri incelemek amacıyla sodyum dodesilsülfat poliakrilamid jel elektroforez (SDS-PAGE) tekniği uygulanmıştır. Bunun için öncelikle sarkoplazmik ve miyofibrilar proteinler ekstrakte edilmiştir. Sarkoplazmik proteinlerin ekstraksiyonu için 10-15g tartılan örnekler 40 mL K-fosfat buffer ile homojenize edilmiş ve 1200 g'de 4 °C'de 20 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonunda elde edilen filtrat süpernatant cam yünüden filtre edilikten sonra koyu renkli şişelere aktarılmıştır. Miyofibrilar proteinlerin ekstraksiyonuna pellet üzerinden devam edilmiştir. Pellet 40 mL 8M üre (%1 β merkaptoetanol içeren) ile homojenize edilmiştir. Homojenizat 1200 rcf'te 20 dk boyunca santrifüj edilmiş ve süpernatantı cam yünüden filtre edilmiştir. Ekstraksiyonu tamamlanan protein örneklerinin önce konsantrasyonu belirlenmiştir. Bu amaçla Bradford ayracı kullanılmış ve örneklerin absorbansı 595 nm'de okunmuştur. Protein konsantrasyonları, bovin serum albüminin standart olarak kullanılmasıyla belirlenmiştir. Her bir kuyucuğa 30 μ g protein aktarılacak şekilde 4x Laemmli sample buffer (Bio-Rad) ilave edilip ardından 95 °C'de 10 dakika su banyosunda kaynatılmıştır.

SDS-PAGE elektroforez işlemi için poliakrilamid jeller hazırlanmıştır (Laemmli 1970). Proteinlerin ayrıştırılmasında % 4'lük yükleme jeli ve % 12'lik ayırma jeli kullanılmıştır. % 12'lik ayırma jeli (Resolving) ve % 4'lük yığma jeli (Stacking) için biorad hazır jel solüsyonları kullanılmıştır. Jeller % 10 APS ve TEMED kullanılarak hazırlanmıştır.

İzole edilen protein karışımı hazırlanan jellere yüklenmiştir. Molekül ağırlık standartları olarak Biorad (Protein Standard II, bovine serum albümin) protein standardı kullanılmıştır. Örnekler, Protean II xi Cell Bio-Rad (USA) elektroforez tankında yürütme tamponu içinde (Tris-base, Glisin, SDS) yürütülerek ayrımları gerçekleştirilmiştir. Ayırma işleminin ardından, jeller Commassie Brilliant Blue R-250

(1g/L) içeren boyama çözeltisi içinde yaklaşık 30 dakika bekletilmiştir. Boyanın fazlası, jellerin rengi yeterince berrak olana kadar, Coomassie Brilliant Blue R-250 destaining solution ile yıkanmıştır. Protein bantlarının tanımlanması için protein standardı (Bio-Rad) kullanılmıştır.

3.2.23 Kurutma eğrilerinin matematiksel modellenmesi

Kurutma sırasında belirli aralıklarla ölçülen ağırlık kaybı (nem miktarındaki değişim) verileri için farklı ince tabaka kurutma modellerinin uyumu irdelenmiştir. Bu amaçla, gıda kurutma prosesinde yaygın olarak kullanılan farklı modellerdeki katsayılar doğrusal olmayan regresyon analizi yapılarak bulunmuştur. Regresyon analizleri SigmaPlot 11.0 (Systat Inc., USA) programı ile gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.6 Etlerin kurutulmasında en çok kullanılan ince tabaka modelleri

Model adı	Model eşitliği	Kaynak
Lewis model	$ANO = \exp(-kt)$	(Bruce 1985)
Page model	$ANO = \exp(-kt^n)$	(Guan vd. 2014)
Henderson ve Pabis modeli	$ANO = a \exp(-kt)$	(Henderson ve Pabis 1961)
Logaritmik model	$ANO = a \exp(-kt) + c$	(Togrul ve Pehlivan 2002)
İki terimli model	$ANO = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$	(Togrul ve Pehlivan 2002)
İki terimli exponensiyel	$ANO = a \exp(-kt) + (1-a) \exp(-k_a t)$	(Yaldiz vd. 2001)
Wang ve Singh	$ANO = 1 + at + bt^2$	(Guan vd. 2013)
Midilli ve Kucuk	$ANO = a \exp(-kt^n) + bt$	(Midilli vd. 2002)

Çizelge 3.6’da gösterilen farklı modeller için tanımlanan eşitliklerdeki “ANO” ayrılabilen nem oranını; a, b ve c ise model katsayılarını t ise süreyi ifade etmektedir (Kutlu vd. 2015).

$$ANO = \frac{M_i - M_e}{M_0 - M_e} \quad (3.8)$$

Eşitlik 3.8’de M_0 ; ürünün ilk nem içeriği, M_i ; ürünün herhangi bir andaki nem içeriği, M_e ; ürünün denge nem içeriğidir. Ürünün denge nem içeriği (M_e) kurutmanın son üç tartım arasında herhangi bir fark kalmayınca kadar devam ettirilmesiyle hesaplanır (Hii vd. 2014). Uzun kurutma süreleri söz konusu olduğunda M_e diğer parametreler yanında çok küçük kaldığından genellikle ihmal edilir ve ANO eşitlik 3.9’daki gibi hesaplanır (Kutlu vd. 2015).

$$ANO = \frac{M_i}{M_0} \quad (3.9)$$

Kurutma sırasında belirli aralıklarla ölçülecek olan ağırlık kaybı (nem miktarındaki değişim) verileri için farklı ince tabaka kurutma modellerinin uyumu irdelenmelidir. Biyolojik materyallerin kurutma karakteristiklerinin modellenmesinde korelasyon ve regresyon analizleri önemli birer araçtır (Erbay ve Icier 2010). Doğrusal (lineer) ve doğrusal olmayan (non-lineer) regresyon analizleri farklı değişkenler, özellikle de herhangi bir deneysel veriyle aralarındaki ilişki kanıtlanmamış olan değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek için kullanılan önemli araçlardır. Regresyon analizleriyle zaman, sıcaklık, hava akımı ve ürün boyutu gibi kurutmada önem taşıyan değişkenlerin sabitleri ve model katsayıları belirlenebilmektedir. Bu tarz değişkenlerin kurutma sabitleri ve katsayılarına etkisi, çoklu lineer regresyon analizleriyle belirlenmektedir (Akpınar 2006).

Deneysel verilere en uygun model belirlenirken RMSE (tahmini standart hata), χ^2 (ki-kare) ve R^2 (belirleme katsayısı) hesaplanmıştır. Tahmini standart hata modelden elde edilen tahmini ve deneysel veri arasındaki sapmayı ve ki-kare uyumun iyilik derecesini göstermektedir. Belirleme katsayısı, R^2 , kurutma kurvesini tanımlayan en iyi eşitliği belirlemek için kullanılan ana kriterlerden biridir (Kutlu vd. 2015, Tripathy 2015). İnce tabaka kurutma karakteristiklerini tanımlayan en uygun model için R^2 ’nin en yüksek

(1'e yakın), χ^2 ve RMSE'nin en düşük (0'a yakın) olduğu modeller seçilmelidir (Tripathy 2015).

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (ANO_{tahmini} - ANO_{deneysel})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.10)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (ANO_{deneysel} - ANO_{tahmini})^2}{N - n} \quad (3.11)$$

yukarıdaki eşitliklerdeki,

$ANO_{tahmini}$: tahmini ayrılabilir nem oranını,

$ANO_{deneysel}$: deneysel ayrılabilir nem oranını,

N: deneysel verilerin sayısını,

n: modeldeki katsayıların sayısını göstermektedir.

Difüzyon, kütlenin konsantrasyon farkından dolayı bir ortamdan başka bir ortama geçmesi işlemidir. Biyolojik sistemlerde katı ve sıvı ortamlardaki difüzyon kütle transferinin önemli bir mekanizmasıdır. Katı gıdaların kurutulması sırasında oluşan su buharı difüzyonu önemli bir kütle transfer mekanizmasını oluşturmaktadır (Srikiatden ve Roberts 2007). Fick'in ikinci difüzyon kanununa göre (Eşitlik 3.12) difüzyon katsayısı şekli belli olan gıdalar için aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$F = -D \frac{\partial C}{\partial x} \quad (3.12)$$

Bu eşitlikte F , her birim alanda gerçekleşen nem transfer oranını, C difüze olan maddenin konsantrasyonu, x boyutu, D ise difüzyon katsayısını vermektedir ve birimi m^2/s 'dir. Bu eşitlik boyutları belli ve homojen olan ve her yerinde gerçekleşen nem

transferinin aynı ve tek yönlü olduğu maddeler için geçerlidir (Crank 1975). Sistem belirli bir boyutta olmadığında farklı difüzyon karakteristikleri gösterebilmektedir. Crank (1975) sistemin düzgün bir şekle sahip olduğunu, materyalin ilk nem içeriğinin sabit olduğunu, nem difüzyonunun her tarafta aynı olduğu ve kurutma sırasında sıcaklık değişimi olmadığını, kütle transferine dışarıdan herhangi bir direncin ve büzülmenin önemsiz olduğunu varsayarak Eşitlik (3.12)'ye aşağıdaki gibi bir çözüm getirmiştir (Wang vd. 2011, Amiryousefi vd. 2012):

$$\frac{M-M_e}{M_0-M_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_{eff}}{4L^2} \cdot t\right) \quad (3.13)$$

Eşitlik 3.13'te “ L ” kurutulacak olan materyalin yarı kalınlığıdır. Uzun kurutma süreleri söz konusu olduğunda Eşitlik (3.13)'daki bazı terimler ihmal edilerek aşağıdaki eşitlik (3.14)'deki gibi ifade edilebilir.

$$\frac{M-M_e}{M_0-M_e} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(\frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2} \cdot t\right) \quad (3.14)$$

Eşitlik (3.14) logaritmik formda eşitlik 3.15'deki gibi de ifade edilebilir (Kutlu vd. 2015, Wang vd. 2011):

$$\ln ANO = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2} \cdot t \quad (3.15)$$

$\ln ANO$ değerlerinin zamana karşı değişimi grafiğe aktarıldığında elde edilen doğrunun eğimi difüzyon katsayısını verir (Wang vd. 2011).

3.2.24 İstatiksel analiz

Üç tekerrürlü gerçekleştirilen çalışmanın bulguları için SAS paket programı kullanılarak öncelikle varyans analizi yapılmış farklılık görüldüğü durumlarda Asgari Önemli Fark (Least Significant Difference-LSD) çoklu karşılaştırma testi kullanılarak farklılığın önemli olup olmadığı saptanmıştır ($p < 0.05$).



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Kimyasal Bileşim ve pH Değeri

Hammadde ve kuru etlerin kimyasal bileşimi Çizelge 4.'de verilmiştir. Hammaddenin nem, yağ, protein ve kül içeriği sırasıyla % 73.16, 1.62, 23.81 ve 1.43 olarak hesaplanmıştır. Kurutma sonrası nem % 2.88-4.88, yağ % 4.32-7.86, protein % 60.57-87.65, kül ise % 3.35-29.95 aralığında değişen değerlerde bulunmuştur. Fuller (2011) liyofilize tavukların nem değerini % 5, protein değerini ise % 89 olarak bulmuştur. Bu sonuçlar çalışmamızdaki tuzlanmadan kurutulan etlerden elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Tuzlama sonrası kurutulan etlerin nem değerleri TK+MK ve MK ile kurutulan etlere göre daha düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Tuzlama işlemi yapıdan nem uzaklaşmasını kolaylaştırmıştır. KCl'ün daha yüksek molekül ağırlığına sahip olması ozmotik basıncı düşürerek nem değerinin de yüksek olmasına sebep olmuştur. Kurutulan etlerin yağ içeriğindeki değişim incelendiğinde TK ve MK kurutma yöntemleri arasında önemli bir farklılık görülmemektedir ($p>0.05$). Bununla birlikte NaCl ile tuzlama sonrası TK uygulaması ile yağ içeriği yalnızca TK uygulanan etlere göre önemli şekilde düşüş göstermiştir ($p<0.05$).

Tuzlama ile artan tuz konsantrasyonunun yağ oranında bir miktar azalışa sebep olduğu görülmektedir. Bunun yanında NaCl/KCl ile tuzlama sonrası kurutulan etlerin yağ içeriğinde tuzlanmadan kurutulan etlere göre önemli bir değişim olmamıştır. Bu durum, yüksek molekül ağırlığına sahip KCl'ün kütle transfer mekanizmasının yavaş olması, dolayısıyla ete daha az nüfus etmesi nedeniyle oransal olarak yağ oranında önemli bir artışa sebep olmamasından kaynaklanabilir. Bu sonuçlardan farklı olarak Barat vd. (2011) tarafından NaCl/KCl ve NaCl ile hazırlanan salamura solüsyonlarına daldırılan domuz etlerinin tuz içeriği ve farklı tuzların kütle transfer mekanizmalarının incelendiği çalışmada, sadece NaCl solüsyonuna daldırılan etlerle karşılaştırıldığında, NaCl/KCl solüsyonuna daldırılan etlerde, daha yüksek tuz içeriği elde edilmiş ve KCl'ün kütle transferinin daha hızlı olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde Bampi vd. (2016) sığır etlerine NaCl ve NaCl/KCl tuz solüsyonlarıyla muamele ederek her iki tuz tipinin kütle

transfer kinetiği incelenmiş ve KCl solüsyonunun yapıya daha hızlı transfer olduğu bildirilmiştir. Her iki çalışmada da, bu çalışmadan farklı olarak kuru tuzlama yerine tuz solüsyonları kullanılması önemli bir farklılığa sebep olmaktadır. Moleküler ağırlığı yüksek olan K⁺ iyonlarının aynı birim yük için daha büyük boyuta sahip olması yük yoğunluğunu düşürmektedir. K⁺ iyonlarının solüsyon içerisinde düşük yük yoğunluğuna sahip olması daha hızlı bir kütle transferine sebep olmaktadır (Barat vd. 2011).

Çizelge 4.1 Hammadde ve kurutulmuş etlerin kimyasal bileşimi (%) ve pH değerleri*

Gruplar	Nem	Protein	Yağ	Kül	pH
Hammadde	73.16±0.16 ^a	23.81±0.29 ^d	1.62±0.29 ^c	1.43±0.08 ^b	5.78±0.02 ^a
TK	3.38±0.15 ^{bc} _{ed}	87.65±1.03 ^a	7.86±0.84 ^a	4.78±0.04 ^b	5.83±0.24 ^a
MK	3.94±0.2 ^{cb}	86.05±0.69 ^a	5.46±0.72 ^{ab}	3.35±0.12 ^b	5.72±0.01 ^a
TK+MK	4.02±0.09 ^{cb}	84.89±0.51 ^a	6.29±1.055 ^{ab}	5.19±1.24 ^b	5.74±0.005 ^a
NaCl+TK	2.88±0.17 ^e	67.09±0.41 ^b	4.32±0.15 ^{bc}	24.88±0.82 ^a	5.98±0.02 ^a
NaCl+MK	3.06±0.38 ^{ed}	68.74±5.23 ^b	5.94±1.20 ^{ab}	21.45±2.07 ^a	5.91±0.04 ^a
NaCl+TK+MK	3.82±0.52 ^{bc} _d	63.52±2.49 ^b	4.36±1.85 ^{bc}	21.52±0.60 ^a	5.81±0.14 ^a
NaCl/KCl+TK	2.99±0.16 ^e	66.86±0.77 ^b	6.74±0.22 ^{ab}	23.66±2.44 ^a	6.56±0.53 ^a
NaCl/KCl+MK	3.11±0.18 ^{ed}	65.46±3.09 ^b	6.39±0.78 ^{ab}	23.28±1.11 ^a	5.93±0.10 ^a
NaCl/KCl+TK+M K	3.15±0.18 ^{ed}	62.51±4.45 ^b	6.66±1.03 ^{ab}	27.75±2.48 ^a	6.46±0.58 ^a

* Ortalama ± standart hata

^{a-e}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Yalnızca TK ve MK uygulanan grupların kül miktarı yaklaşık % 4 iken, tuzlama sonrası kurutulan grupların kül miktarı ortalama % 24 olarak bulunmuştur (p<0.05). Fuller (2011)'in tavuk göğüs etlerini liyofilize ettiği çalışmada ise kuru etlerin kül içeriği % 4 civarında olduğu bildirilmiştir. Tuzlanmadan kurutulan etlerin protein içeriği % 84-87 aralığında olduğu bildirilmiştir. Tuzlanmadan kurutulan etlerin protein içeriklerinin ise % 62-68 aralığında olduğu saptanmıştır. Tuz ile birlikte kül miktarındaki oransal artış aynı gruplarda

protein miktarlarında oransal bir düşüşe ($p<0.05$) sebep olmuştur. Espita (2006) salamura tuzlanarak kurutulmuş “jerky” üretimi yaptığı çalışmada ürünün protein içeriğini % 64 olarak bulmuştur. Fakolade ve Omojola (2008) kürlenmiş kurutulmuş deve eti olan “kundi” için protein oranının % 58-66 aralığında olduğunu belirtmişlerdir.

Hammaddede 5.78 olarak belirlenen pH değeri, kurutulmuş etlerde 5.75-6.56 aralığında ölçülmüş, gruplar arasında önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir ($p>0.05$). Benzer sonuçlar Fuller (2011) tavuk göğüs etlerini dondurarak kuruttuğu çalışmada kurutulmuş etlerin pH değerini 5.8 civarında bulmuştur. Fakolade ve Omojola (2008) ise deve etinden elde ettiği “kundi”nin pH değerini 5.4 civarında bulmuştur. pH değerlerindeki farklılıklar materyalin ve üretim yöntemlerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Lim vd. (2012) ise tuzlanmış kurutulmuş et ürünü olan “jerky”nin pH değerinin 5.94-6.28 aralığında değiştiğini bildirmiş olup, bu çalışma ile benzer sonuçlardır.

4.2 Su Aktivitesi

Hammadde ve farklı yöntemlerle kurutulmuş etlerin su aktivitesi değerleri çizelge 4.2’de verilmiştir. Hammaddenin 0.99 olarak ölçülen a_w değeri, kurutma sonunda ortalama 0.24 bulunmuş ve gruplar arasında önemli bir farklılık göstermemiştir ($p>0.05$). TK ile kurutma sonucunda son ürünlerdeki su aktivitesi diğer gruplara kıyasla bir miktar daha yüksek bir değerde (0.27) olsa da diğer gruplardan istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($p>0.05$). Tuzlama su aktivitesi değerini düşürmek suretiyle etlerin korunması için diğer yöntemlerle kombine edilerek uygulanan en eski gıda muhafaza yöntemlerinden biridir (Martuscelli vd. 2015).

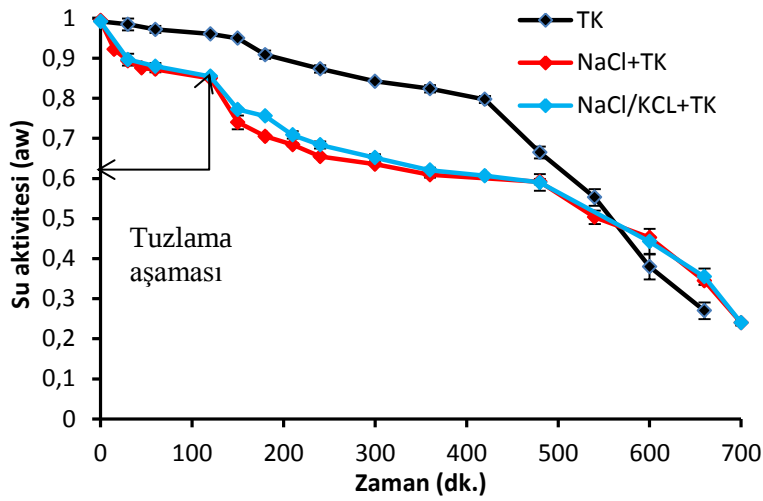
Çizelge 4.2 Hammadde ve kuru etlerin su aktivitesi değerleri*

Gruplar	aw
Hammadde	0.99±0.0007 ^a
TK	0.27±0.05 ^b
MK	0.26±0.02 ^b
TK+MK	0.24±0.03 ^b
NaCl+TK	0.24±0.03 ^b
NaCl+MK	0.24±0.02 ^b
NaCl+TK+MK	0.24±0.02 ^b
NaCl/KCl+TK	0.24±0.03 ^b
NaCl/KCl+MK	0.24±0.02 ^b
NaCl/KCl+TK+MK	0.26±0.01 ^b

* Ortalama ± standart hata

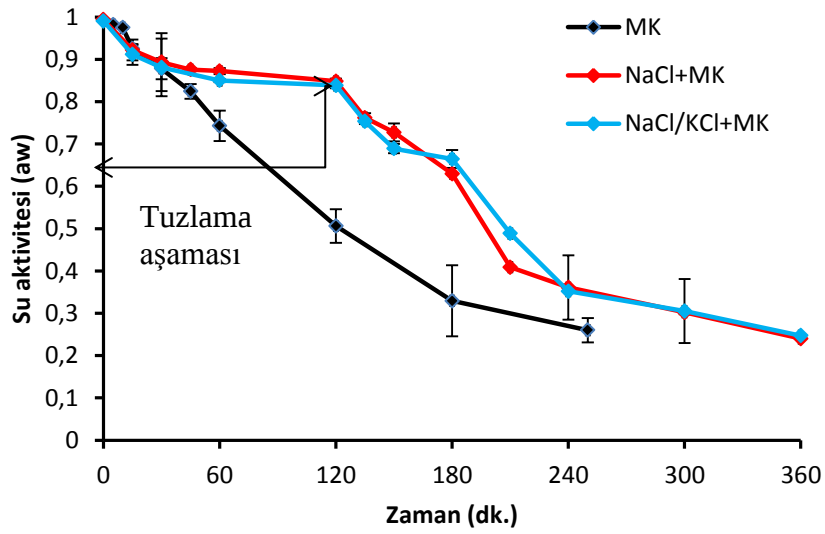
^{a-b}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Su aktivitesinin zamana bağlı değişimi gruplar bazında incelendiğinde (Şekil 4.-4.3) tuzlama işlemi ile TK uygulanan grupta su aktivitesinin düşüş hızının yavaş olduğu görülmektedir. Tuzlanmış gruplarda ise tuzlama aşaması boyunca gerek NaCl gerekse NaCl/KCl ile tuzlamanın ilk 30 dakikasında hızlı bir düşüş, daha sonra 120. dakikaya kadar düşüş hızında bir azalış gözlenmiştir. Bu durum, kurumayla beraber yüzeydeki tuz konsantrasyonunun artması ve et yüzeyi ile ortam arasındaki osmotik dengeye yaklaşılmış olmasıyla açıklanabilir. Nem oranındaki azalış ve tuz oranındaki artış grafiklerinde de (Şekil 4.4) görüldüğü üzere, ilk 30 dakikada tuz içeriği hızla artarken nem içeriği hızla düşmüş, tuzlamanın 90-120. dakikaları arasında ise tuz miktarı çok düşük oranda artmış, nem oranındaki düşüş ise azalmıştır. Tuzlama ardından uygulanan TK ile birlikte aw hızlı bir düşüş göstermiş ve 210. dakikadan itibaren düşüş oranı azalmıştır. Kurutmanın 600. dakikasında TK ile aw 0.79 iken sırasıyla NaCl+TK ve NaCl/KCl+TK uygulanan gruplarda 0.50 ve 0.59 değerlerine ulaşmıştır (Çizelge 4.).



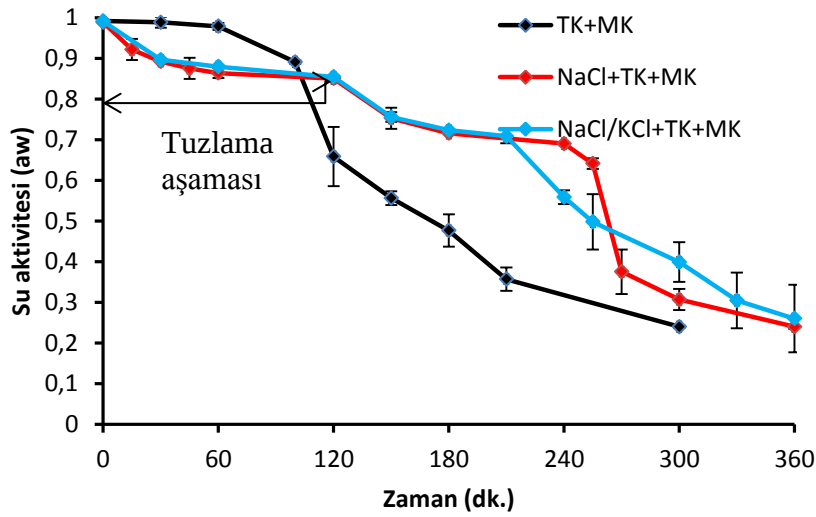
Şekil 4.1 TK, NaCl+TK, NaCl/KCl+TK ile kurutulan etlerin su aktivitelerinin kurutma boyunca zamana bağlı değişimi

*Hata çubukları±standart hata



Şekil 4.2 MK, NaCl+MK, NaCl/KCl+MK ile kurutulan etlerin su aktivitelerinin kurutma boyunca zamana bağlı değişimi

*Hata çubukları±standart hata



Şekil 4.3 TK+MK, NaCl+TK+MK, NaCl/KCl+TK+MK ile kurutulan etlerin su aktivitelerinin kurutma boyunca zamana bağlı değişimi

*Hata çubukları±standart hata

Çizelge 4.3 Tepsili kurutucu ile kurutulan etlerin zamana bağlı aw değişimi*

TK		NaCl+TK		NaCl/KCl+TK	
t	aw	t	aw	t	aw
0	0.99±0.001 ^a	0	0.99±0.002 ^a	0	0.99±0.002 ^a
30	0.98±0.01 ^{ab}	15	0.92±0.01 ^b	30	0.89±0.001 ^b
60	0.97±0.007 ^{ab}	30	0.89±0.008 ^c	60	0.87±0.003 ^{bc}
120	0.96±0.001 ^{ab}	45	0.87±0.002 ^{cd}	120	0.85±0.0009 ^c
150	0.95±0.007 ^b	60	0.87±0.001 ^{cd}	150	0.77±0.007 ^d
180	0.90±0.0005 ^{ab}	120	0.85±0.001 ^d	180	0.75±0.002 ^e
240	0.87±0.001 ^c	150	0.74±0.009 ^e	210	0.70±0.01 ^{ef}
300	0.84±0.006 ^{dc}	180	0.70±0.005 ^{ef}	240	0.68±0.002 ^f
360	0.82±0.006 ^d	210	0.68±0.001 ^{ef}	300	0.65±0.003 ^{fg}
420	0.79±0.01 ^e	240	0.65±0.02 ^{ef}	360	0.62±0.002 ^g
480	0.66±0.01 ^e	300	0.63±0.03 ^f	420	0.60±0.007 ^h
540	0.55±0.02 ^e	360	0.60±0.007 ^f	480	0.59±0.001 ^h
600	0.38±0.003 ^f	480	0.59±0.005 ^h	600	0.44±0.002 ^{hi}
660	0.27±0.008 ^g	540	0.50±0.01 ^h	660	0.35±0.03 ⁱ
		600	0.45±0.001 ⁱ	700	0.24±0.001 ^j
		660	0.34±0.03 ^j		
		700	0.24±0.002 ^k		

t: zaman (dk.); * Ortalama ± standart hata

^{a-k}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.4 Mikrodalga ile kurutulan etlerin zamana bağlı aw değişimi*

MK		NaCl+MK		NaCl/KCl+MK	
t	aw	t	aw	t	aw
0	0.99±0.001 ^a	0	0.99±0.002 ^a	0	0.99±0.0009 ^a
5	0.98±0.0004 ^a	15	0.92±0.001 ^b	15	0.91±0.02 ^b
10	0.92±0.002 ^{ab}	30	0.89±0.01 ^{bc}	30	0.88±0.06 ^{cb}
15	0.87±0.003 ^b	45	0.87±0.008 ^{bc}	60	0.85±0.006 ^{cd}
30	0.82±0.005 ^c	60	0.87±0.02 ^{bc}	120	0.83±0.006 ^d
45	0.74±0.01 ^d	120	0.84±0.001 ^c	135	0.75±0.01 ^e
60	0.50±0.03 ^e	135	0.76±0.02 ^d	150	0.68±0.02 ^f
120	0.47±0.01 ^{ef}	150	0.72±0.01 ^d	180	0.66±0.001 ^f
180	0.35±0.003 ^f	180	0.62±0.02 ^e	210	0.48±0.0009 ^g
240	0.32±0.01 ^f	210	0.40±0.09 ^f	240	0.35±0.07 ^h
300	0.24±0.01 ^g	240	0.36±0.02 ^{fg}	300	0.30±0.003 ⁱ
		300	0.30±0.008 ^g	360	0.24±0.01 ^j
		360	0.24±0.05 ^h		

t: zaman (dk.); * Ortalama ± standart hata

^{a-j}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

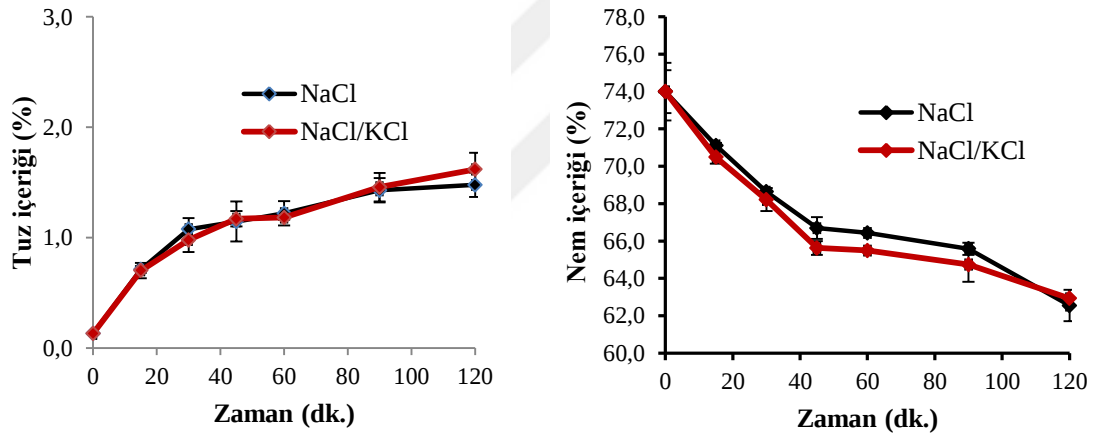
Çizelge 4.5 Tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutulan etlerin zamana bağlı aw değişimi*

TK+MK		NaCl+TK+MK		NaCl/KCl+TK+MK	
t	aw	t	aw	t	aw
0	0.99±0.001 ^a	0	0.98±0.004 ^a	0	0.99±0.002 ^a
30	0.98±0.01 ^a	15	0.92±0.01 ^b	30	0.89±0.001 ^b
60	0.97±0.007 ^a	30	0.89±0.0008 ^{bc}	60	0.87±0.003 ^{bc}
100	0.89±0.003 ^b	45	0.87±0.003 ^{dc}	120	0.85±0.0009 ^c
120	0.89±0.05 ^b	60	0.86±0.02 ^{dc}	150	0.75±0.01 ^d
150	0.65±0.01 ^c	120	0.85±0.008 ^d	180	0.72±0.02 ^d
180	0.55±0.02 ^d	150	0.75±0.01 ^e	210	0.70±0.06 ^d
210	0.47±0.01 ^e	180	0.71±0.001 ^{ef}	240	0.55±0.04 ^e
240	0.35±0.006 ^f	240	0.69±0.001 ^{ef}	255	0.49±0.06 ^f
300	0.24±0.04 ^g	255	0.64±0.009 ^f	300	0.39±0.08 ^g
		270	0.37±0.03 ^g	330	0.30±0.03 ^h
		300	0.30±0.01 ^h	360	0.26±0.01 ⁱ
		360	0.24±0.004 ⁱ		

t: zaman (dk.); * Ortalama ± standart hata

^{a-i}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

MK ile kurutma işlemi boyunca aw'deki düşüş oranı tuzlama sonrası MK uygulanan gruplara göre daha yüksektir. Ancak tuzlamanın ilk 30 dakikasında aw hızlı bir düşüş gösterirken (yalnızca MK uygulanan gruba göre), bu dakikadan itibaren MK'deki düşüş oranı daha yüksek olmuştur. Bu durum tuzlamanın ilk 30 dakikasında artan hızlı tuz konsantrasyonundan kaynaklanmaktadır (Şekil 4.). Tuzlamanın 120. dakikasında aw her iki tuz tipi için yaklaşık 0.83 iken 120 dakika MK uygulaması ile 0.74'e kadar düşmüştür (Çizelge 4.). Tuzlama sonrası MK uygulaması ile aw değerindeki düşüş oranı artmış, ancak, yalnızca MK uygulanan grup için aw kurutma boyunca daha hızlı bir düşüş göstermiştir. Bunun nedeninin suyun tuz tarafından bağlanarak elektromanyetik enerji ile etkileşiminin azalması ve bu sebeple nem seviyesinin ve aw'nin düşük oranda azalması olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.4 Tuzlama işlemi boyunca etlerdeki nem ve tuz içeriklerindeki değişim

*Hata çubukları±standart hata

Tuzlanmış etlere TK ve MK kombinasyonu ile kurutma uygulanması durumunda aw'deki düşüş oranının değişimi incelendiğinde, başlangıçta uygulanan TK işlemi ile aw'nin yavaş bir şekilde düşüş gösterdiği, MK uygulaması ile birlikte ise hızla düştüğü görülmektedir (Şekil 4., Çizelge 4.). Tuzlanmış etlere MK uygulaması sonucunda bu düşüş hızı yavaşlamıştır. Bunun sebebi yukarıda açıklandığı gibi tuz ile bağlanan suyun elektromanyetik enerjiye daha az tepki vermesinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

4.3 Enstrümental Renk Değerleri ve Renk Kinetiği

4.3.1 Açıklık-koyuluk (L*), kırmızılık (a*) ve sarılık (b*) değerleri

Hammaddenin ve kurutulmuş etlerin açıklık-koyuluk (L*), kırmızılık (a*), ve sarılık (b*) değerleri çizelge 4.6’ da verilmiştir. Başlangıçta taze etin L*, a* ve b* değerleri sırasıyla 43.56, 23.96 ve 12.51 olarak ölçülmüştür. TK ve MK uygulamalarının taze ete kıyasla L* değerinde düşüşe neden olduğu ($p<0.05$), tuzlama sonrası kurutulan gruplarda ise L* değerinde hammaddeye göre önemli bir değişimin olmadığı gözlenmiştir ($p>0.05$). Bunun yanında, başlangıçta 23.9 olan a* değeri kurutma işleminden sonra tüm gruplarda düşüş (5.39-14.42 aralığında) göstermiştir ($p<0.05$). Bununla birlikte, başlangıçta 12.6 olan b* değeri üzerine TK ve MK uygulamalarının önemli bir etkisi olmazken ($p>0.05$), tuzlama sonrası kurutulan gruplarda b* değeri 19.9-24.68 aralığına yükselmiştir ($p<0.05$). MK ve TK yöntemlerinde L*, a* ve b* değerleri sürekli olarak düşüş göstermiştir (Şekil 4.5-4.7). Benzer sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarda da belirtilmiş ve farklı etlerin L* değerinin nem oranının düşmesi ile birlikte azaldığı bildirilmiştir (Bak vd. 2013, Guizani vd. 2008, Sanabria vd. 2004, Seong vd. 2015). Bu durumun temel sebebi olarak L* değerinin kas yüzeyindeki nem tabakası ile pozitif yönde değiştiği bildirilmiştir (Hunt 1980). Bunun yanında a* değeri de kurutma süresince düşüş göstermiştir. Bak vd. (2013) farklı seviyelerde kurutma uygulanan jambonların renk stabilitesini incelediği çalışmada, nem içeriğindeki azalma ile a* değerindeki düşüşün neredeyse doğrusal olduğunu ifade etmiştir. Bunun yanında, a* değerindeki düşüşün sebeplerinden birinin de metmyoglobin oluşumu olabileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde, Sanabria vd. (2004) *semimebranosus* kasından elde edilen jambonun kurutulması sırasında oluşan a* değerindeki düşüşü metmyoglobin oluşumu ile ilişkilendirmiştir. Aynı çalışmada, tuzlama ile birlikte b* değerinin de arttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Çalışmamızda benzer şekilde tuzlama sonrası kurutma ile birlikte b* değerleri artış göstermiştir.

Çizelge 4.6 Başlangıçta ve kurutmadan sonra etlerin L*, a* ve b* renk değerleri*

Grup	L*	a*	b*
Hammadde	43.56±1.62 ^a	23.96±1.32 ^a	12.61±0.96 ^{bc}
TK	16.78±2.95 ^c	5.39±2.17 ^c	4.3±2.95 ^c
MK	21.74±1.88 ^c	7.72±0.31 ^{bc}	7.46±1.84 ^c
TK+MK	21.35±1.73 ^c	7.73±1.54 ^{bc}	6.92±1.58 ^c
NaCl+TK	45.34±1.95 ^a	8.16±0.96 ^{bc}	19.90±1.83 ^a
NaCl+MK	36.48±4.51 ^{ab}	11.12±4.69 ^b	21.67±3.28 ^a
NaCl+TK+MK	35.85±4.55 ^{ab}	12.49±2.06 ^b	19.82±1.83 ^a
NaCl/KCl+TK	41.14±4.28 ^{ab}	14.42±2.80 ^b	22.28±1.00 ^a
NaCl/KCl+MK	46.36±4.51 ^a	13.47±2.43 ^b	24.68±2.75 ^a
NaCl/KCl+TK+MK	39.14±4.67 ^{ab}	12.24±1.76 ^b	21.31±1.38 ^a

* Ortalama ± standart hata

^{a-c}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Tuzlanmış gruplar incelendiğinde (Şekil 4.-Şekil 4.) L*, a* ve b* değerlerinin tuzlama işlemi süresince düştüğü, daha sonra uygulanan MK ve TK işlemleri ile birlikte genel olarak arttığı görülmektedir. Bu durum, et yüzeyinde fazla miktarda yer alan tuzun etin daha açık-parlak ve sarı bir hal almasına sebep olmasından kaynaklanmaktadır. Tuzlanmış et ürünlerinde tuzlama işleminin renk değişimi üzerinde önemli bir etkisinin olduğu ve tuzun ete difüzyonu ile birlikte renk koordinatlarının değiştiği bildirilmiştir (Pérez-Álvarez ve Fernández-López 2008). Kırmızılık (a*) değerlerindeki değişim tuzlanmamış gruplar ile kıyaslandığında tuzlama ile birlikte a* değerinin son üründe daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu da kırmızılığın tuzlama ile bir miktar korunduğunu göstermektedir. Genel olarak tuzlama ile birlikte et renginde sarılık artmış ve diğer renk parametrelerindeki değişim daha az olmuştur. Guizani vd. (2008) köpekbalığı etini kuru tuzlama sonrası hem güneşte hem de tepsili kurutucuda kurutmanın enstrümental renk değerlerine etkisini incelediği çalışmada tuzlama işlemi boyunca “hem” proteinlerin, özellikle miyoglobinin NaCl ile çözünerek yapıdan uzaklaşması sebebiyle a* değerinde düşüş olduğu ve renkte bozulma oluştuğunu belirtmişlerdir. Renk değerleri özellikle proteinlerdeki yapısal değişimlerden etkilenerek bu değişimlerin ışığı yayma özelliğini zayıflattığı ifade edilmiştir (Renerre ve Labas

1987). Çalışmamızda kullanılan kırmızı etin “hem” pigment içeriği balık etine kıyasla daha yüksek olduğundan renkteki bozulma tuzlama işlemi ile oldukça belirgin olmuştur. Kızgın buharla kurutma esnasında yüksek sıcaklığa uzun süre maruz kalan tavuk etlerinin şeker ve kas proteinleri arasındaki reaksiyonu arttırmak suretiyle daha kahverengi bir renge sebep olduğu böylece L^* ve b^* değerlerinde düşüş olduğunu bildirilmiştir (Nathakaranakule vd. 2007).

Çalışmadan elde edilen bulgular ışığında renk değerlerindeki (L^* , a^* ve b^*) değişimlerin başlıca nem içeriğindeki düşüş, ısı işlem ve tuzlama ile ilişkili olduğu söylenebilir. Renk değerlerindeki değişimler bu üç parametre ile ilişkili olarak artış veya azalış göstermiştir. En çok etkili olan faktör ise tüm gruplar için şüphesiz ki uygulanan ısı işlem olmuştur. Sıcaklığın etkisiyle renk değerleri önce düşüş göstermiş daha sonraki aşamalarda ise miyoglobinin sabit renk formuna dönüşmesinden dolayı aynı düzeylerde kalmıştır.

4.3.2 Renk değişim kinetiği

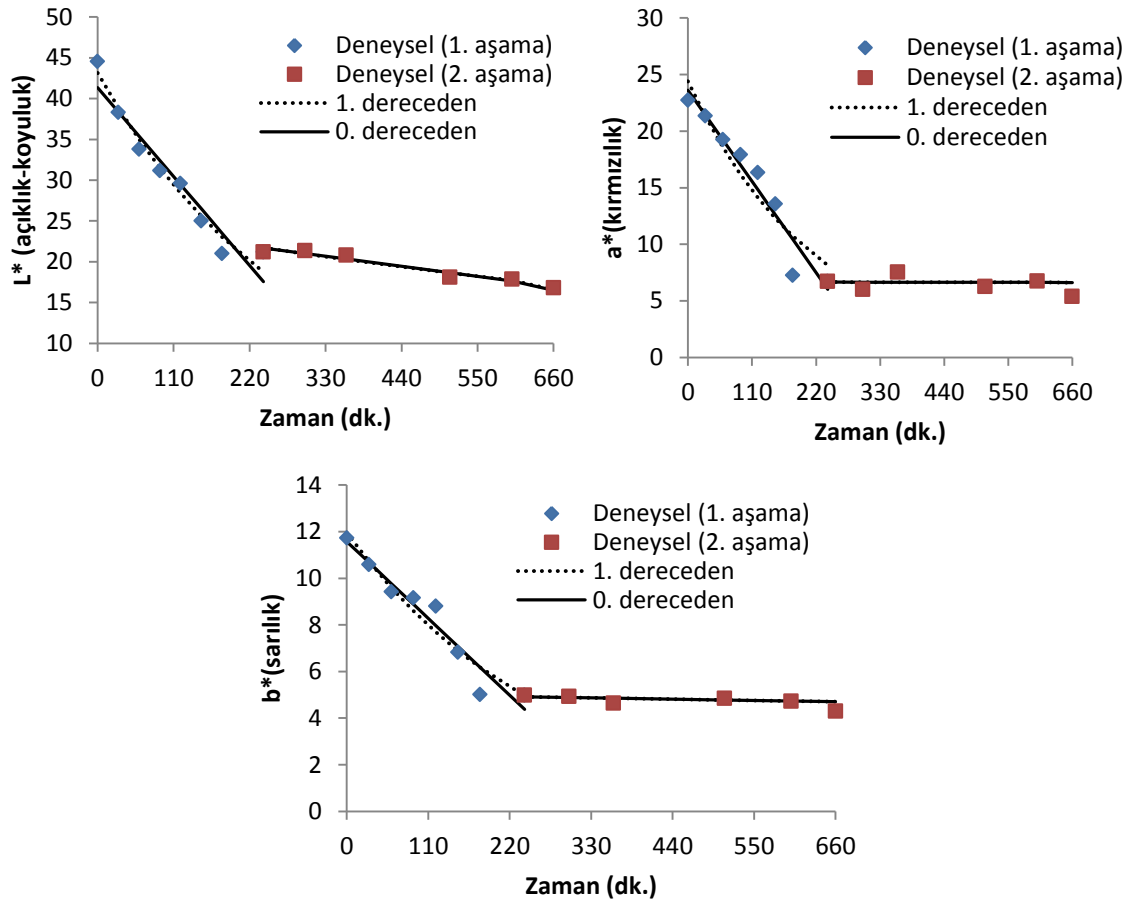
Farklı kurutma teknikleri uygulanan etlerin kurutma işlemi boyunca açıklık-koyuluk (L^*), kırmızılık (a^*) ve sarılık (b^*) değerlerindeki değişim şekil 4.5-4.13’de verilmiştir. Renk değerlerindeki değişimin dalgalanmalar gösterdiği, bu durumun özellikle kuru tuzlanmış örneklerde belirgin bir şekilde gözlemlendiği görülmektedir. Tuzlama işlemi ile birlikte başlangıçta L^* , a^* ve b^* değerlerinde düşüş, daha sonra uygulanan mikrodalga ve tepsili kurutucuda kurutma işlemleri ile birlikte a^* ve b^* değerlerinde artış gözlenmiştir. TK ve MK yöntemleri ile kurutma işlemi esnasındaki renk parametrelerindeki değişim iki aşamada incelenmiştir. İlk aşama ısıнын etkisiyle renk değerlerindeki düşüşün hızlı olduğu ve renk değerlerindeki bozulmanın yavaşladığı ana kadar süren zaman olarak değerlendirilmiştir. İkinci aşamada ise artık renk pigmentleri sabit renk formlarına dönüşmüş, ısı etkisiyle oluşan değişim yerini sabit renk pigmentlerine bırakmıştır. L^* , a^* ve b^* renk parametreleri tepsili kurutucu yöntemi ile ilk 180 dk., mikrodalga ile ise ilk 40 dk. hızlı bir düşüş gösterirken, daha sonraki aşamalarda değişim düşük oranda gözlenmiştir. Kurutmanın ilk aşamasında görülen L^* değerindeki azalış, ısıya karşı duyarlı bileşenlerin yapısında meydana gelen

değişimlerin ürün renginin koyulaşmasına sebep olmasından kaynaklanmaktadır. Kurutmanın ilerleyen aşamalarında bu bileşiklerin artık sabit renk formlarına dönüşmelerinden dolayı değişim oranında azalma meydana gelmiştir. Benzer sonuçlar Ercoşkun ve Özkal (2011) tarafından fermente sucuk örneklerinin kurutulması sırasında elde edilen renk kinetiği ile de bildirilmiştir. Kurutma aşamasında L^* ve b^* değeri sürekli düşerken, a^* değeri önce yükselmiş sonra da düşüş göstermiştir. Poligne vd. (2002) tarafından domuz etinin tuzlama, kurutma, pişirme ve tutsüleme işlemleri sırasındaki renk değişimini incelendiği çalışmada da benzer sonuçlar bildirilmiş, genel olarak tuzlama işlemi ile birlikte L^* , a^* ve b^* değerlerinin düşüş gösterdiği, tuzlama sonrasında uygulanan pişirmeyle ise L^* ve a^* değerlerinin yükseldiği görülmüştür.

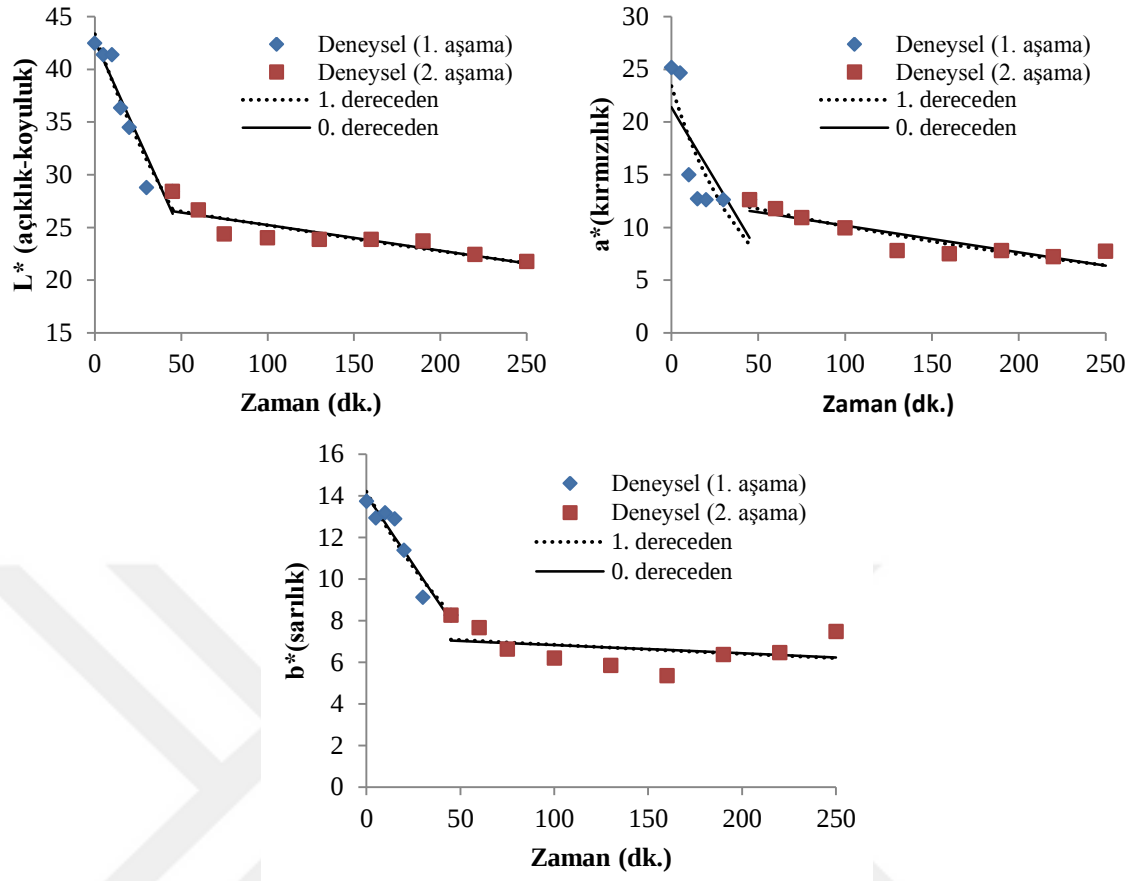
Kurutma işlemleri sonucu taze et renk pigmenti olan miyoglobinin ısı işlem ile birlikte denatüre miyoglobine dönüşmesi nedeniyle rengin kalıcı kahverengine dönüşmesi suretiyle koyuluk artmış ve kırmızılık azalmıştır. Kurutmanın ikinci aşamalarında ise artık kalıcı kahverengi oluşumu söz konusu olduğu için renk parametrelerindeki değişim oranı azalmıştır. Açıklık-koyuluk değeri olan L^* değerindeki azalış kurutma ile birlikte örneklerin daha koyu bir hal aldığını göstermektedir. L^* değerinin MK uygulanmış etlerde kurutma sonrası saptanan en düşük değer olan 25'e ulaşması için geçen süre MK ile yaklaşık 70 dk iken (Şekil 4.26) bu süre TK ile 150 dk olmuştur (Şekil 4.5). Mikrodalga ile kuruma süresindeki kısalmadan kaynaklı olarak L^* değerindeki düşüş yaklaşık 2 kat daha hızlı olmaktadır. Benzer sonuçlar a^* ve b^* değerlerindeki azalma ile de görülmektedir (Şekil 4.5-4.7). Bu durum mikrodalga ile sıcaklığın ani olarak artışı sonucunda renkte hızlı bir bozulmaya sebep olmasından kaynaklanmaktadır.

Renk değerlerindeki değişim sonucunda elde edilen L^* , a^* ve b^* deneysel verilerin kinetik modellere uyumluluğu incelenmiştir. Birinci dereceden ve sıfırıncı dereceden reaksiyon kinetik eşitliklerine lineer olmayan regresyon analizi uygulanmıştır. Renk kinetiği model parametreleri incelendiğinde (Çizelge 4.7-4.9) L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişim TK ve MK için 1. dereceden reaksiyon kinetiği ile daha iyi tanımlanmakta ve R^2 değeri 0. dereceden reaksiyon kinetiği ile 0.54-0.69 aralığında değerler alırken, 1. dereceden reaksiyon kinetiği ile 0.63-0.86 aralığında değerler

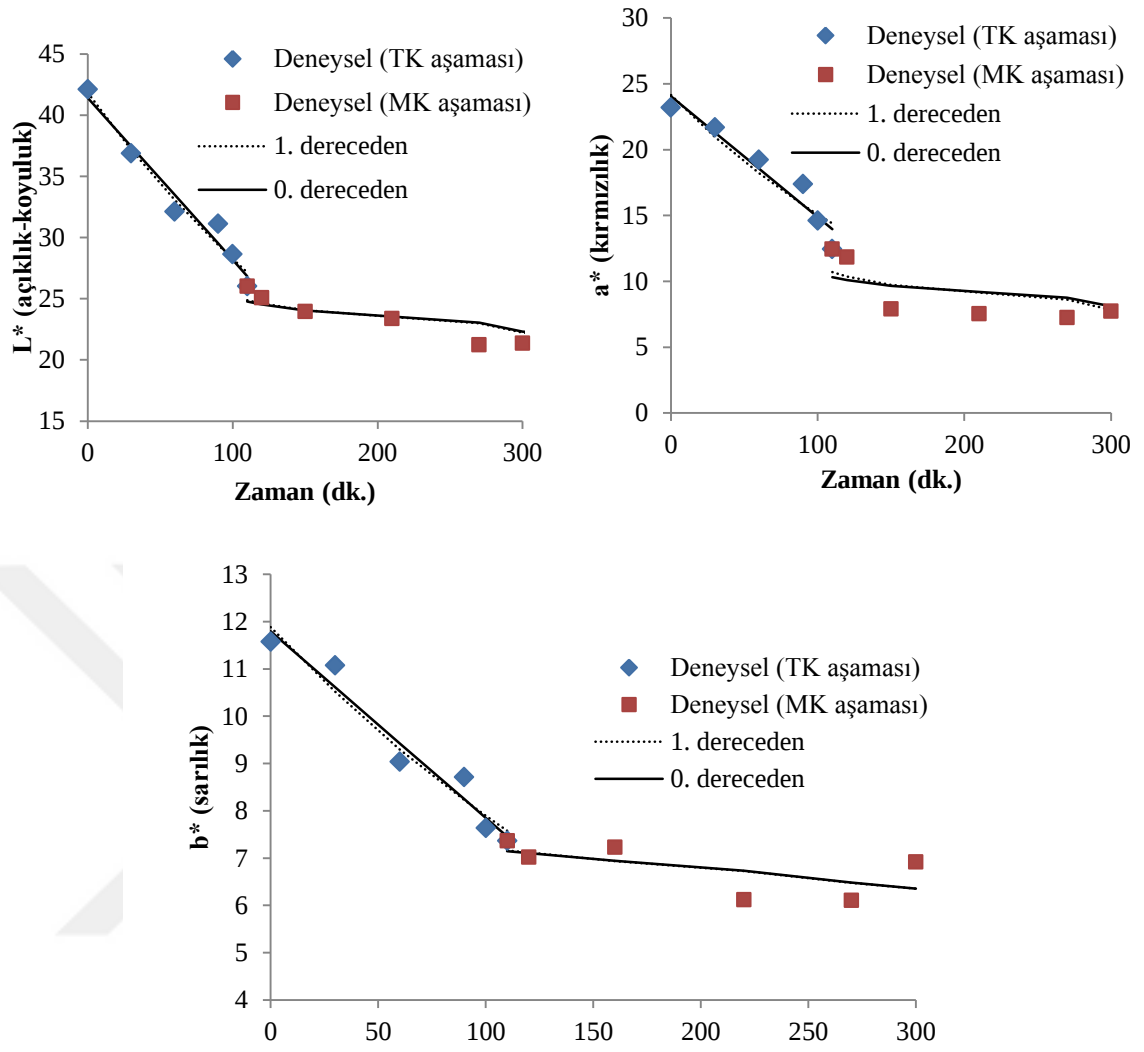
almıştır. Buna rağmen renk kinetiğinin her iki model ile iyi tanımlanamadığı görülmektedir. TK ve MK kombinasyonunun renk kinetik sonuçlarına göre L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişimin TK aşaması için her iki model ile iyi tanımlandığı görülmüştür (R^2 : 0.89-0.96). MK aşamasında ise her iki model renk değişimini tanımlamakta yetersiz kalmıştır. Tuzlama aşaması boyunca a^* ve b^* renk parametrelerindeki değişim 1. dereceden reaksiyon kinetiği ile yüksek doğrulukta tanımlanmıştır (R^2 değerleri sırasıyla 0.99 ve 0.94). Genel olarak tuzlama boyunca L^* değerindeki değişim dalgalanmalar gösterdiğinden modeller ile tanımlanamamaktadır. Tuzlama sonrası uygulanan MK ve TK işlemleri ile 0. dereceden reaksiyon kinetiği kullanılarak sonuçlar tahmin edilebilecekken, 1. dereceden reaksiyon kinetiği sistemi tanımlamakta yetersiz kalmıştır ($R^2 < 0$).



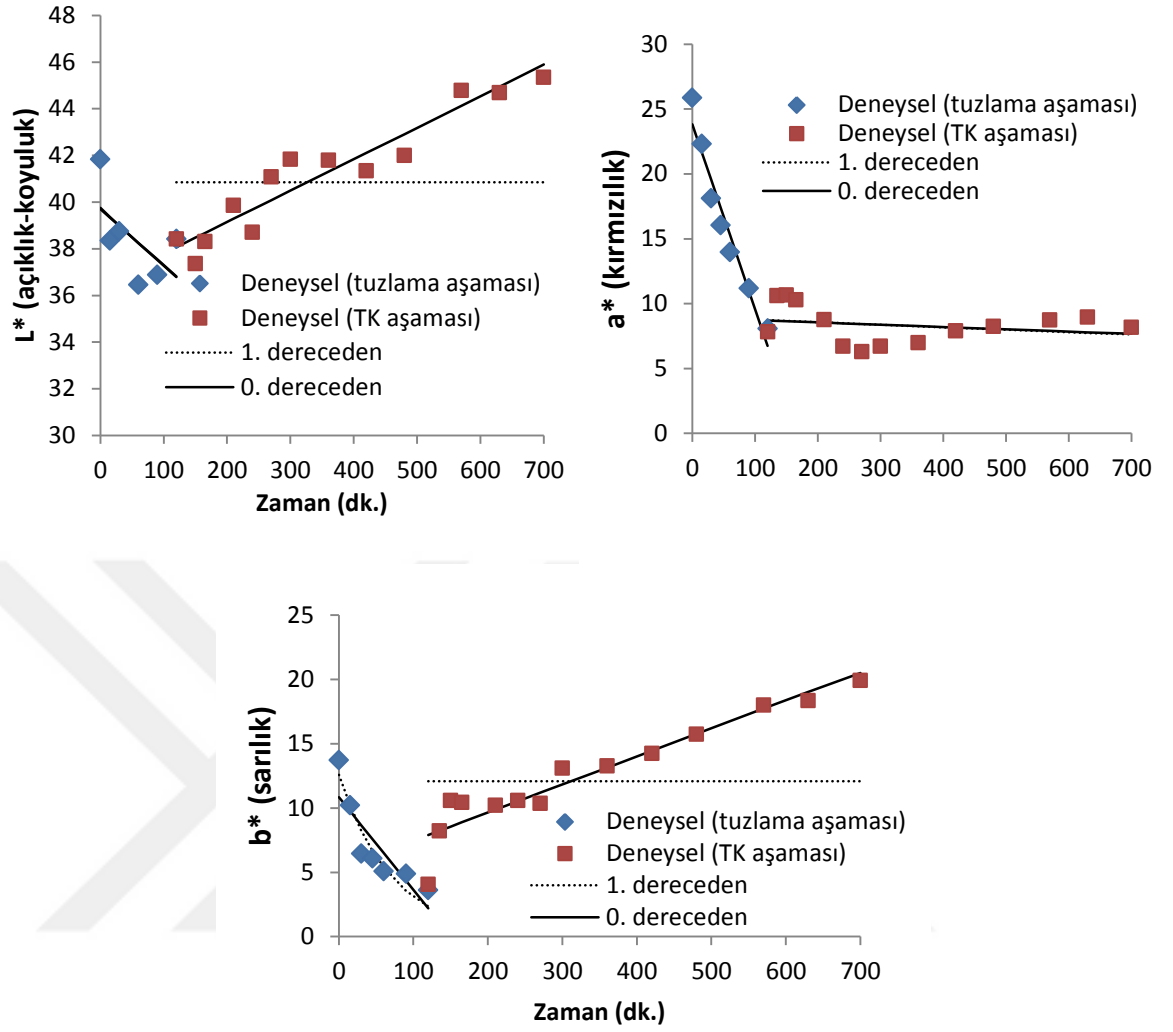
Şekil 4.5 Tepsili kurutucuda kurutulan etlerin L^* , a^* ve b^* renk değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi



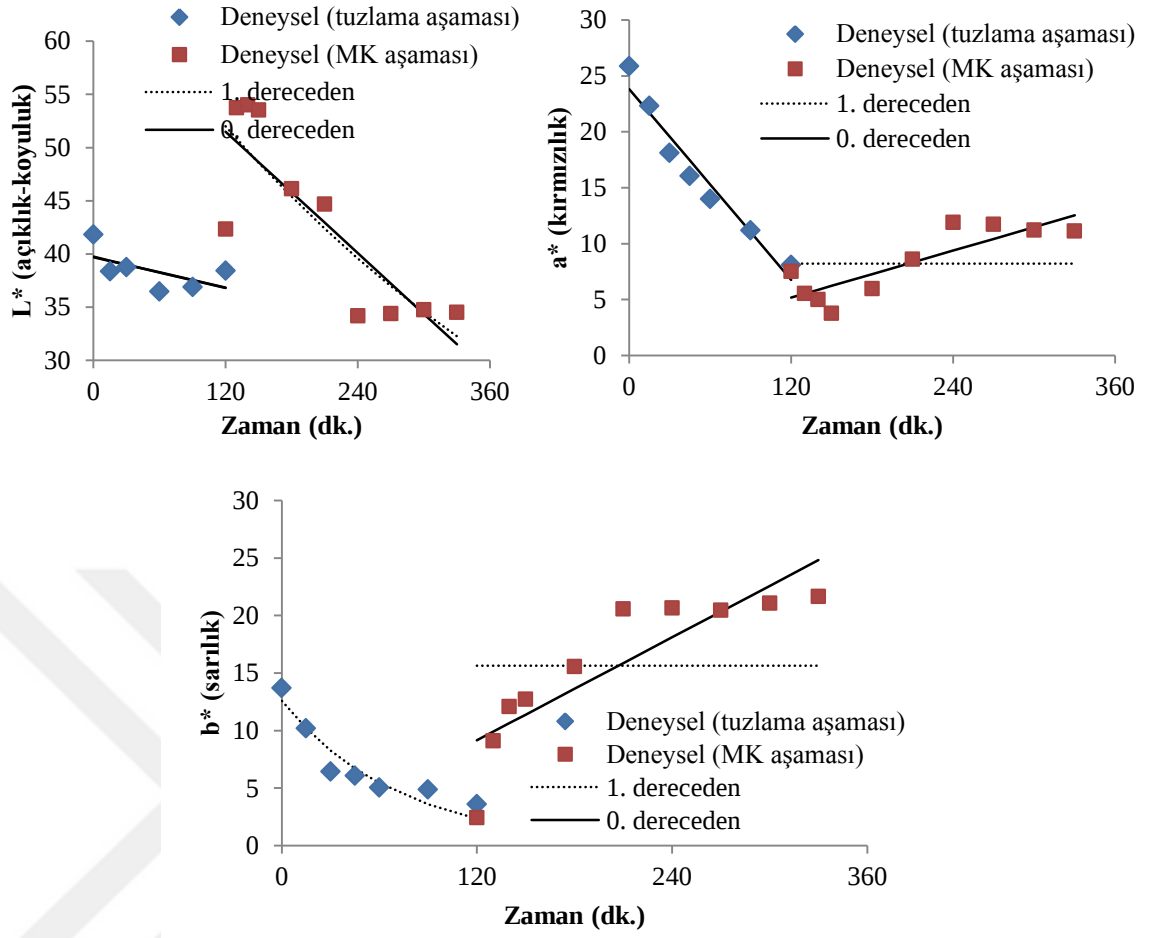
Şekil 4.6 Mikrodalga ile kurutulan etlerin L*, a* ve b* renk değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi



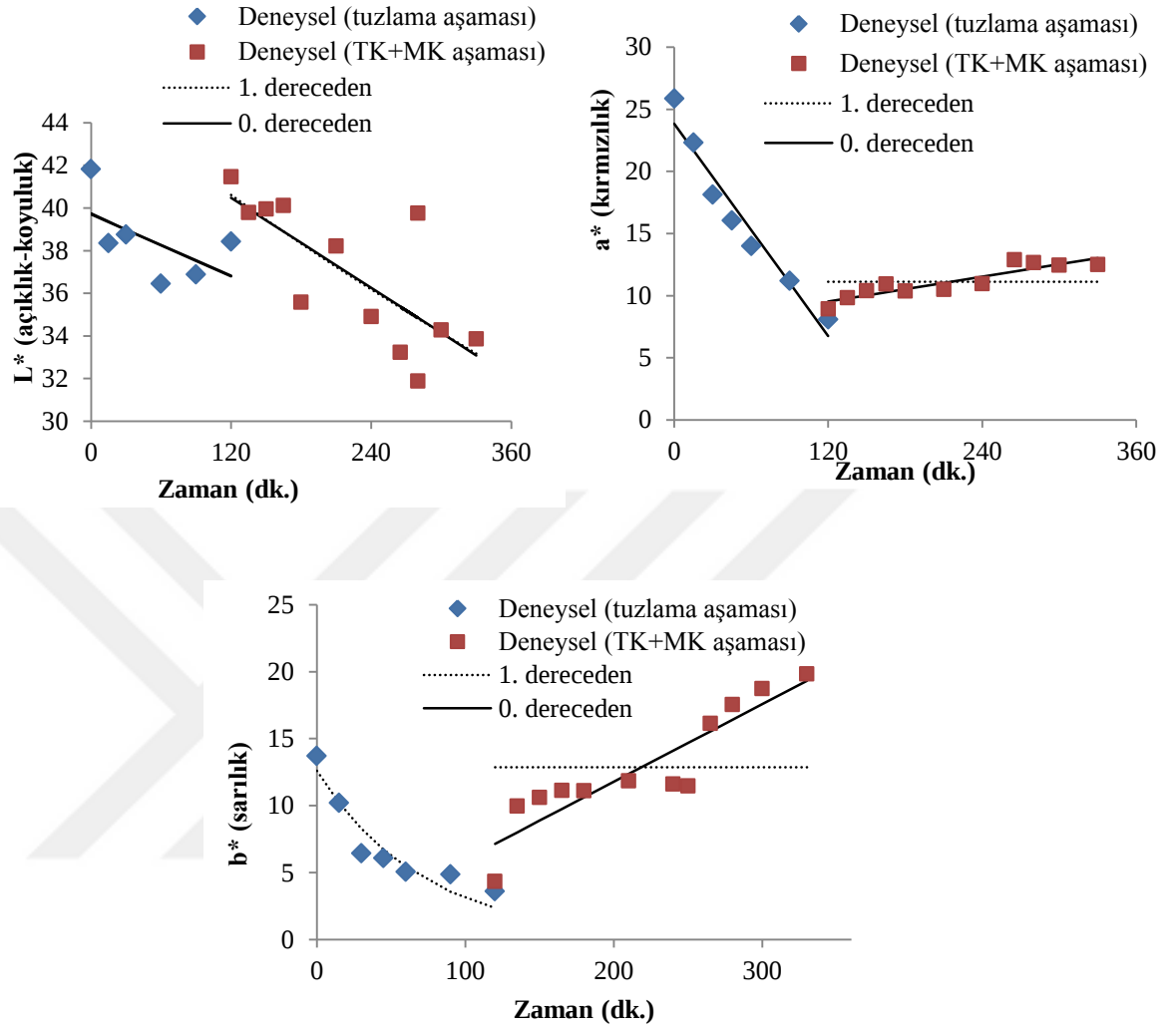
Şekil 4.7 Tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutulan etlerin L*, a* ve b* renk değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi



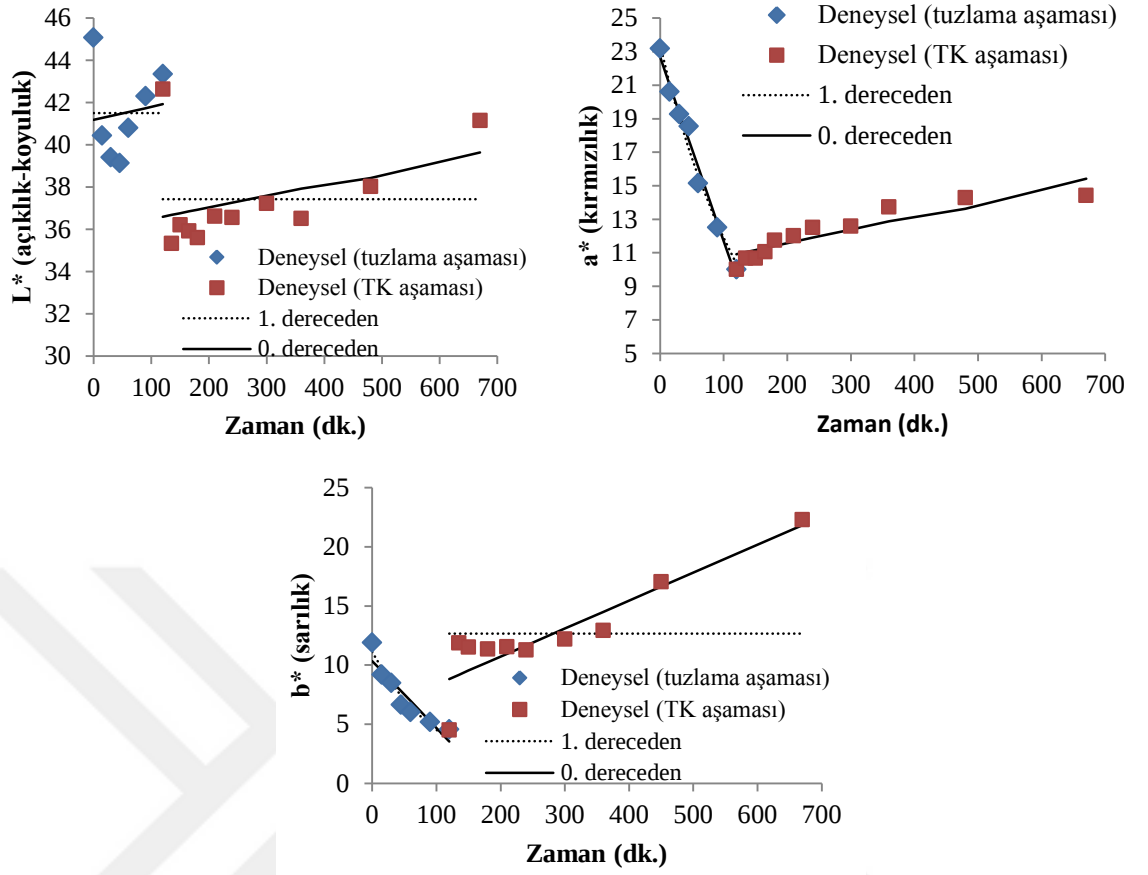
Şekil 4.8 NaCl ile tuzlama sonrası tepsili kurutucu ile kurutulan etlerin L^* , a^* ve b^* renk değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi



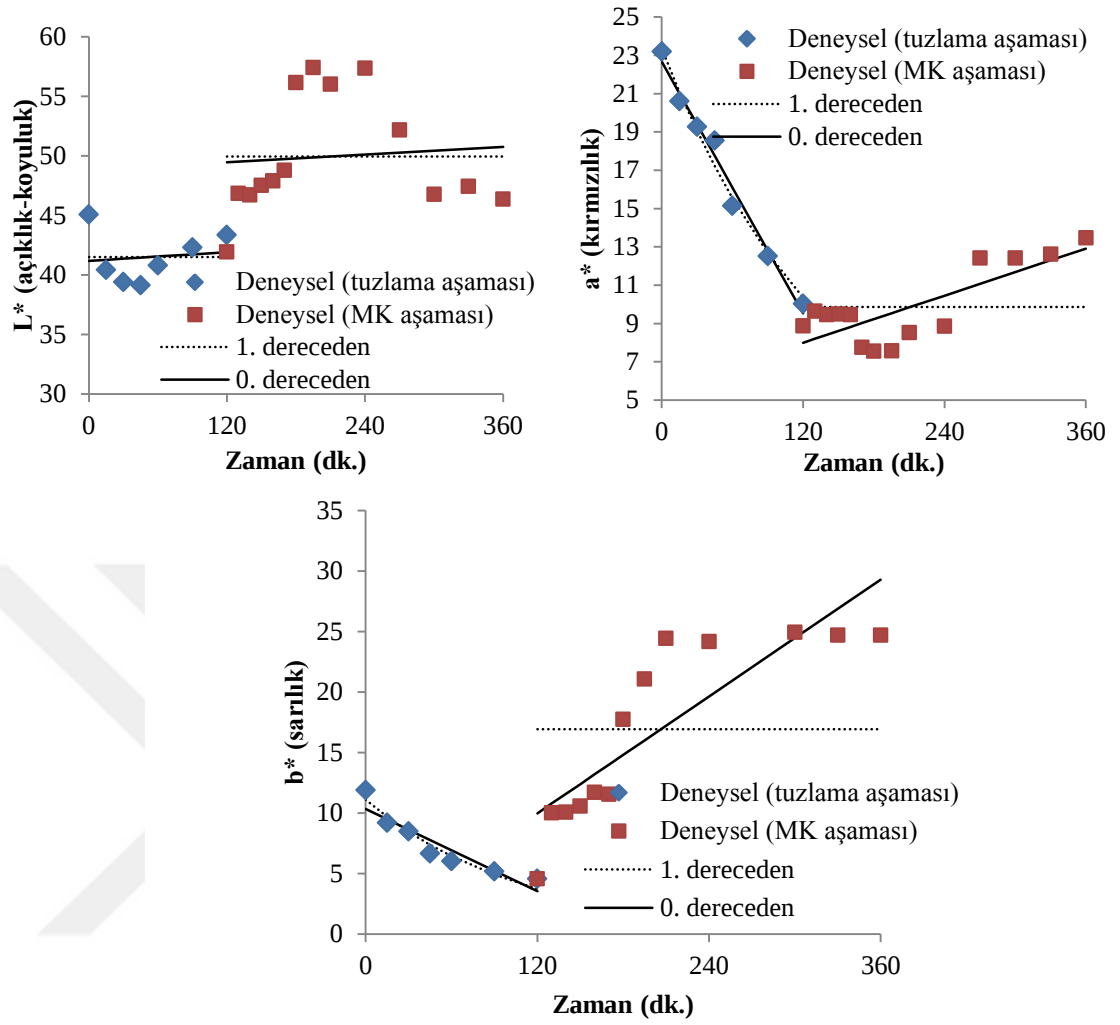
Şekil 4.9 NaCl ile tuzlama sonrası mikrodalga ile kurutulan etlerin L*, a* ve b* renk değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi



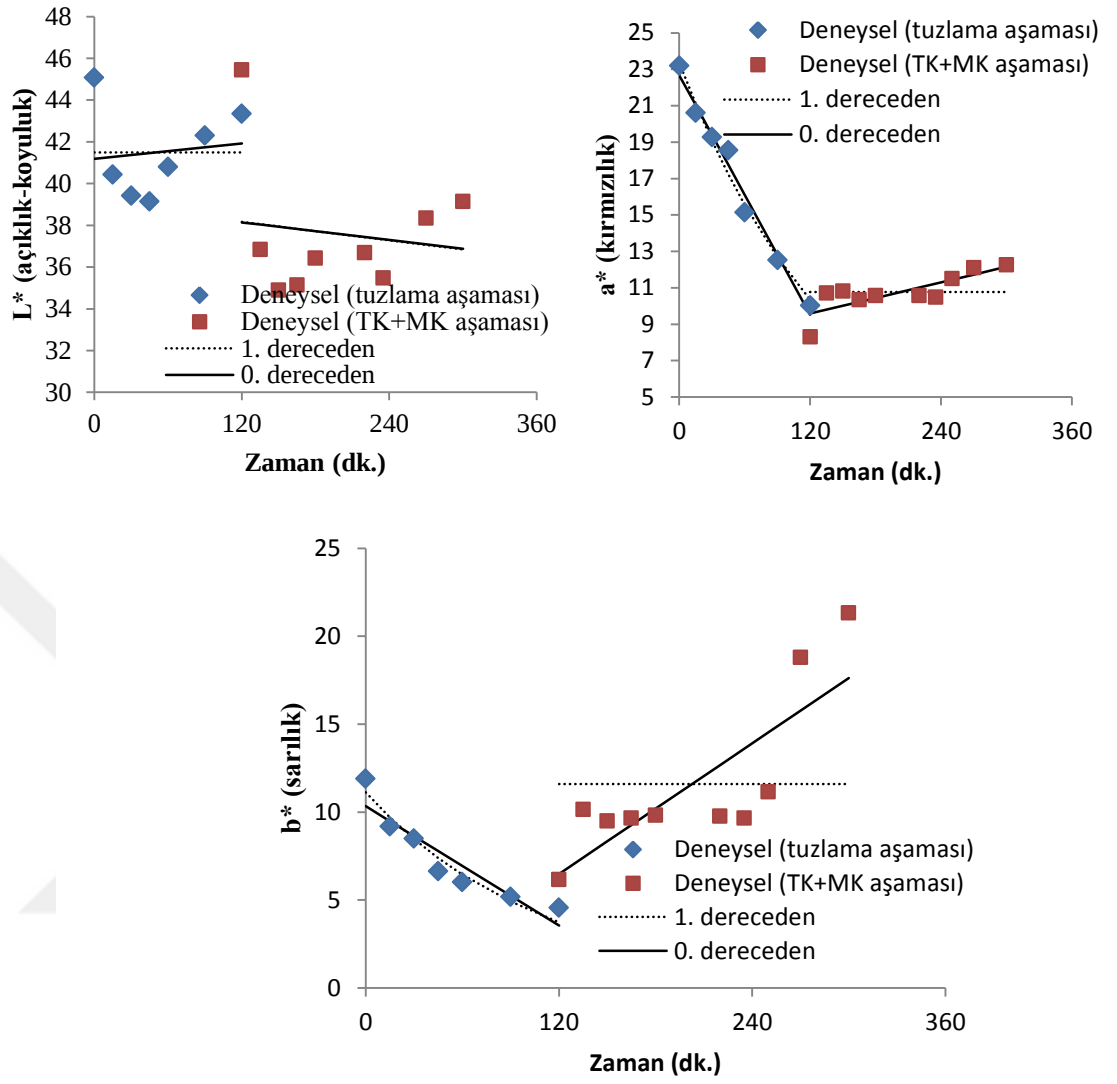
Şekil 4.10 NaCl ile tuzlama sonrası tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutulan etlerin L^* , a^* ve b^* renk değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi



Şekil 4.11 NaCl ve KCl ile tuzlama sonrası tepsili kurutucu ile kurutulan etlerin L^* , a^* ve b^* renk değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi



Şekil 4.12 NaCl ve KCl ile tuzlama sonrası mikrodalga ile kurutulan etlerin L^* , a^* ve b^* renk değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi



Şekil 4.13 NaCl ve KCl ile tuzlama sonrası tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutulan etlerin L^* , a^* ve b^* değerlerinin zamanın bir fonksiyonu olarak değişimi

Çizelge 4.7 Tepsili kurutma ve mikrodalga kurutma işlemi ile elde edilen renk değerlerinin 0. dereceden ve 1. dereceden reaksiyon kinetiklerinden elde edilen lineer olmayan regresyon analizi sonuçları

Gruplar			Parametre	Sıfırcı dereceden			Birinci dereceden		
				$k_0(\text{dk}^{-1})$	C_0	R^2	$k_1(\text{dk}^{-1})$	C_0	R^2
TK	İlk aşama	L^*	-0.09	41.34	0.93	0.003	43.14	0.97	
		a^*	-0.07	23.61	0.94	0.0007	24.41	0.89	
		b^*	-0.03	11.58	0.94	0.003	11.06	0.93	
	İkinci aşama	L^*	-0.01	23.67	0.93	0.0003	21.71	0.92	
		a^*	6.95×10^{-5}	6.65	0.0003	1.03×10^{-5}	6.65	0.0003	
		b^*	-0.0005	4.91	0.3	0.0001	4.91	0.31	
	İlk aşama	L^*	-0.06	42.66	0.90	0.001	43.32	0.92	
		a^*	-0.27	21.39	0.54	0.02	23.42	0.66	
		b^*	-0.13	14.02	0.92	0.01	14.20	0.91	
MK	İkinci aşama	L^*	-0.02	26.54	0.75	0.001	26.64	0.76	
		a^*	-0.03	11.57	0.78	0.003	11.93	0.85	
		b^*	-0.004	7.04	0.096	0.0007	7.09	0.11	
	TK aşaması	L^*	-0.13	41.42	0.96	0.003	41.82	0.96	
		a^*	-0.09	24.04	0.92	0.004	24.14	0.89	
		b^*	-0.03	11.79	0.95	0.004	11.88	0.94	
	MK aşaması	L^*	-0.02	24.77	0.73	0.001	24.89	0.76	
		a^*	-0.02	10.32	0.49	0.003	10.69	0.55	
		b^*	-0.004	7.14	0.35	0.0006	7.16	0.36	

Çizelge 4.8 NaCl ile tuzlama sonrası tepsili kurutucu ve mikrodalga işlemi ile elde edilen renk değerlerinin 0. dereceden ve 1. dereceden reaksiyon kinetiklerinden elde edilen lineer olmayan regresyon analizi sonuçları

Gruplar	Parametre	Sıfırıncı dereceden			Birinci dereceden		
		$k_0(\text{dk}^{-1})$	C_0	r^2	$k_1(\text{dk}^{-1})$	C_0	r^2
NaCl tuzlama aşaması	L^*	-0.02	39.70	0.34	0.0006	39.74	0.35
	a^*	-0.14	23.83	0.94	0.0098	25.47	0.99
	b^*	-0.08	11.85	0.80	0.0150	13.59	0.90
TK	L^*	0.01	36.4	0.87	1.38×10^{-19}	40.84	-4.88×10^{-19}
	a^*	-0.001	8.69	0.03	0.0002	8.73	0.04
	b^*	0.02	7.90	0.87	3.27×10^{-19}	12.08	-1.27×10^{-19}
MK	L^*	-0.09	51.49	0.70	0.0023	51.99	0.70
	a^*	0.03	5.17	0.72	6.04×10^{-19}	8.22	-2.5×10^{-14}
	b^*	0.07	9.15	0.75	5.67×10^{-19}	15.64	-9.64×10^{-14}
TK+MK	L^*	-0.03	40.47	0.57	0.001	40.61	0.57
	a^*	0.01	9.51	0.82	3.93×10^{-19}	11.11	-2.5×10^{-14}
	b^*	0.05	7.14	0.82	1.44×10^{-14}	12.86	-2.22×10^{-19}

Çizelge 4.9 NaCl/KCl ile tuzlama sonrası tepsili kurutucu ve mikrodalga işlemi ile elde edilen renk değerlerinin 0. dereceden ve 1. dereceden reaksiyon kinetiklerinden elde edilen lineer olmayan regresyon analizi sonuçları

Gruplar	Parametre	Sıfırıncı dereceden			Birinci dereceden		
		$k_0(\text{dk}^{-1})$	C_0	r^2	$k_1(\text{dk}^{-1})$	C_0	r^2
NaCl/KCl tuzlama aşaması	L^*	0.006	41.18	0.01	2.911×10^{-22}	41.49	-2.88×10^{-16}
	a^*	-0.10	22.67	0.98	0.006	23.37	0.98
	b^*	-0.05	10.33	0.85	0.009	11.11	0.94
TK	L^*	0.005	36.59	0.15	3.75×10^{-22}	37.43	-4.44×10^{-16}
	a^*	0.008	10.92	0.82	3.85×10^{-22}	12.15	-1.55×10^{-12}
	b^*	0.02	5.98	0.81	4.06×10^{-22}	12.65	-2.52×10^{-12}
MK	L^*	0.005	49.45	0.007	1.31×10^{-22}	49.95	-2.22×10^{-12}
	a^*	0.02	7.99	0.61	8.01×10^{-22}	9.85	-5.59×10^{-12}
	b^*	0.08	9.97	0.73	5.85×10^{-22}	16.93	-4.44×10^{-16}
TK+MK	L^*	-0.007	38.14	0.01	0.0002	38.17	0.01
	a^*	0.014	9.58	0.62	4.63×10^{-19}	10.75	-8.88×10^{-19}
	b^*	0,06	6.49	0.65	3.64×10^{-19}	11.59	-1.95×10^{-14}

4.3.3 Toplam renk farklılığı (ΔE), kroma (C^*) ve ton açısı (h) değerleri

Kroma renkliliğin niteliksel ifadesidir ve aynı L^* değerlerinde gri renk ile karşılaştırılan ton açısındaki farklılığının derecesinin belirlenmesinde kullanılır. Kroma değeri arttıkça örneklerin insanlar tarafından algılanabilen renk yoğunluğu da artmaktadır (Pathare vd. 2013). Kroma değeri (C^*) eşitlik 3.3'deki gibi hesaplanmaktadır. Ton açısı (h) renklerin niteliksel özelliklerini ifade etmektedir örneğin geleneksel olarak hangi renklerin kırmızı, yeşil, sarı vs. olarak tanımlanma özelliğidir. Aynı L^* değerlerinde belirli bir rengin gri renge göre ne derece farklı olduğunu belirlemek için kullanılmaktadır. Ton açısı 0° ve 360° arasında değerler alarak rengi tanımlar. Burada 0° veya 360° kırmızı renk iken, 90° , 180° ve 270° sırasıyla sarı, yeşil ve mavi renklerdir. Eşitlik 3.4'deki gibi

hesaplanan (Maskan 2001b) ton açısı, genellikle yeşil sebzelerin ve etlerin renk özelliklerinin tanımlanmasında kullanılmaktadır (Pathare vd. 2013). Bir diğer renk parametresi olan toplam renk farklılığı (ΔE) ise rengin ilk ve son koordinatları arasındaki vektörel uzaklığı ifade eder (Eşitlik 3.5) ve rengin ne kadar değiştiğinin bir göstergesidir (Pathare vd. 2013).

Farklı yöntemlerle kurutulmuş etlerin ΔE (toplam renk farklılığı), C^* (kroma) ve h (ton açısı) değerleri çizelge 4.10'da verilmiştir. Tuzlama ile birlikte örneklerde oluşan ΔE 'nin azaldığı açıkça görülmektedir. Bunun yanında, örnekteki renk yoğunluğunun bir ölçüsü ve rengin gücü ile orantılı olan C^* değeri tuzlama uygulanan gruplarda genel olarak daha yüksek bulunmuş, C^* değeri b^* değeri ile paralellik göstermiştir. Tuzlanmış etlerin kurumasıyla birlikte yüzeye çıkan su ile çözünmüş halde bulunan tuz yüzeyde birikmiş ve böylece artan ısınnın da etkisiyle sarılık değerinde artışa sebep olmuştur. Kroma değeri tuzlanmış gruplarda birbirine yakın seviyelerde bulunmuş (20-25 değerleri) ve tuzlanmış gruplardaki sarılık değerinin stabilitesine işaret etmektedir. Benzer şekilde Maskan (2001a) kivileri mikrodalga ile kuruttuğu çalışmada kroma değerlerinin b^* sarılık değeri ile paralel bir şekilde değiştiğini ve kromanın sarı rengin stabilitesinin bir ifadesi olduğunu belirtmiştir. Ton açısı verileri ise genel olarak tuzlanmış gruplarda artış göstermiştir. Tuzlanmadan kurutulan gruplarda 37° - 44° arasında değerler alması rengin yeşile daha yakın olduğunun işaretiyken tuzlanmış gruplarda ton açısının 60° civarında oluşu rengin sarıya döndüğünün göstergesidir. Parolari vd. (2016) nitrit ilave edilmeden kuru kürlenmiş jambonların üretimi boyunca renk değerlerindeki değişimi incelemiştir. Bu çalışmada etlerin 12 aylık olgunlaştırma periyodu sonunda h değeri ortalama 60 civarında bulunmuştur.

Çizelge 4.10 Farklı yöntemlerle kurutulan etlerin ΔE , C^* ve h renk parametreleri

Gruplar	ΔE	C^*	h
TK	30.41±1.47 ^a	11.32±2.94 ^c	41.23±1.65 ^b
MK	23.16±2.46 ^{ab}	11.79±0.64 ^c	43.32±1.27 ^b
TK+MK	22.86±2.05 ^{ab}	15.04±2.57 ^{bc}	46.25±1.48 ^b
NaCl+TK	21.97±2.13 ^{abc}	22.14±1.59 ^a	68.55±2.47 ^a
NaCl+MK	13.36±4.83 ^c	20.79±3.54 ^{ab}	62.58±1.61 ^a
NaCl+TK+MK	17.83±0.73 ^{bc}	20.64±2.47 ^{ab}	61.84±2.65 ^a
NaCl/KCl+TK	23.87±5.07 ^{ab}	24.49±2.47 ^a	64.88±4.004 ^a
NaCl/KCl+MK	18.81±2.82 ^{bc}	24.05±2.37 ^a	66.37±3.57 ^a
NaCl/KCl+TK+MK	17.8±3.32 ^{bc}	25.10±0.76 ^a	62.68±3.13 ^a

* Ortalama ± standart hata

^{a-c}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

4.4 Hem-Demir İçeriği

Etler, iz element içeriği bakımından özellikle de hem formdaki demir içeriği yönünden yüksek biyoyararlılığı olan gıdalardır (Lopes vd. 2015). Diyetle iki tip demir türü vardır, bunlardan birincisi hem-demir diğeri ise hem yapısında olmayan demirdir. Hem-demir yalnızca et, balık gibi hayvansal kaynaklı gıdalarda bulunurken hem olmayan demir diğeri bitki ve hayvansal gıdalarda bulunabilir (Turhan vd. 2004). Hem-demir içeriği özellikle kırmızı ette oldukça yüksektir (Carpenter ve Clark 1995). Demir insan sağlığı açısından elzem bir role sahiptir. Demir eksikliği anemi ve çocuklarda gelişim bozukluğuna yol açtığından, Avrupa'daki en büyük beslenme yetersizliklerinden biridir (Lopes vd. 2015). Kurutma ve pişirme gibi ısı işlem uygulamaları ile etler fiziksel ve kimyasal değişimlere özellikle de besinsel kayba uğramaktadır. Uygulanan teknolojik işlemlerin demir içeriğini düşürmemesi besinsel kalite açısından önemli bir beklentidir.

Farklı kurutma yöntemleri uygulanan etlerin hem-demir içeriğindeki değişimler incelendiğinde (Çizelge 4. ve Şekil 4.) kurutma yönteminin hem-demir içeriğini değiştirdiği görülmektedir (p<0.05). TK uygulaması MK ile kurutmaya göre hem-demir içeriğini önemli bir şekilde düşürmüştür (p<0.05). Purchas vd. (2004) 60-85 °C sıcaklık

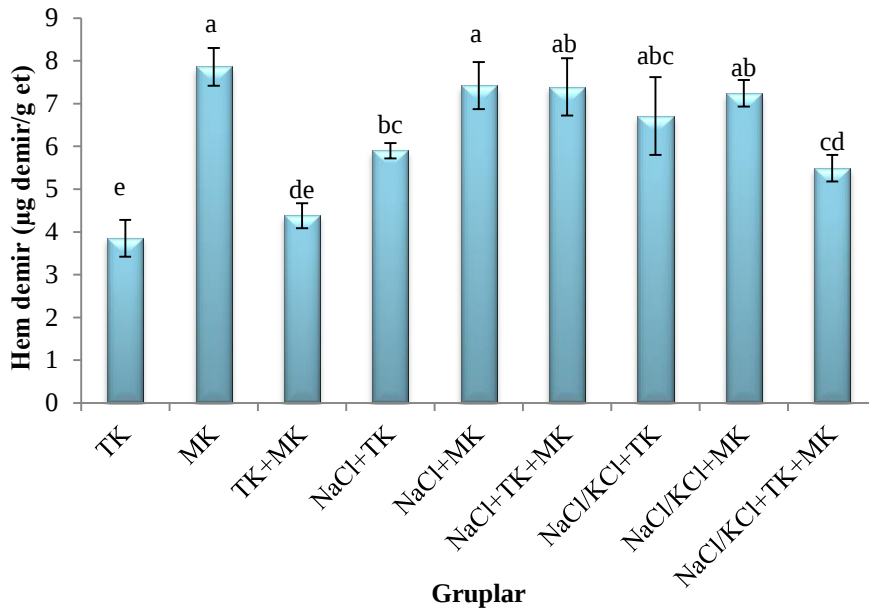
aralıklarında biftekleri pişirmiş ve hem-demir içeriğinin sıcaklıkla değişmediğini belirtmiştir. Hem-demir içeriğinin sıcaklık uygulamasıyla değişiminin incelendiği bir diğer çalışmada, sıcaklıkla birlikte toplam demirin değişmediği, ancak, hem-demir/hem olmayan demir oranının azaldığı gözlenmiştir (Lombardi-Boccia vd. 2002). Lopes vd. (2015) mikrodalga, haşlama ve ızgarada pişirme yöntemlerinin dana etinde bazı mineral kayıplarına etkisini inceledikleri çalışmada, bu yöntemler arasında demir miktarını azaltması açısından fark gözlemlenmemişlerdir. Benzer şekilde Goran vd. (2016) farklı ısıtma yöntemlerinin dana ve domuz etindeki iz minerallere etkisini araştırmış ve mikrodalga, kaynatma ve ızgarada pişirmenin demir içeriği açısından bir farklılığa sebep olmadığını göstermişlerdir. Et türleri, pişirme yöntemi ve uygulanan sıcaklığın toplam demir, hem-demir ve hem olmayan demir konsantrasyonuna etkisinin araştırıldığı bir diğer çalışmada ise (Cross vd. 2012) pişirme ile birlikte ağırlıktaki azalmadan dolayı toplam demir konsantrasyonunun arttığı ve gerek pişirme yöntemi gerekse uygulanan ısıtma sıcaklığının hem-demir konsantrasyonunu etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Hem-demir konsantrasyonu, pişirme ile birlikte gerek etin kütlesindeki azalmadan gerekse yüksek sıcaklıklarda degradasyona uğramasından dolayı artış göstermiştir.

Çizelge 4.11 Farklı kurutma yöntemleri uygulanan etlerin hem-demir içeriği değişimi

Grup	Hem-demir (μg demir/g et)
Hammadde	17.27 $\pm$ 0.32 ^a
TK	3.85 $\pm$ 0.43 ^f
MK	7.86 $\pm$ 0.44 ^b
TK+MK	4.38 $\pm$ 0.29 ^{ef}
NaCl+TK	5.90 $\pm$ 0.18 ^{bc}
NaCl+MK	7.42 $\pm$ 0.55 ^b
NaCl+TK+MK	7.39 $\pm$ 0.67 ^{bc}
NaCl/KCl+TK	6.71 $\pm$ 0.91 ^{bcd}
NaCl/KCl+MK	7.24 $\pm$ 0.31 ^{bc}
NaCl/KCl+TK+MK	5.49 $\pm$ 0.31 ^{de}

* Ortalama $\pm$ standart hata

^{a-f}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).



Şekil 4.14 Farklı kurutma yöntemleri uygulanan etlerin hem-demir içeriğindeki değişimler

*Hata çubukları: $\pm$ standart hata.

^{a-d}: Farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Benzer şekilde bu tez çalışmasında MK ile uygulanan yüksek sıcaklığa rağmen kuru etlerin hem-demir içeriğinin değişmemesi, hem-demir miktarının işlem sıcaklığından etkilenmemesi sebebiyledir. Hem-demir içeriğinin sıcaklık etkisiyle azalmadığı varsayıldığında, TK ile kurutulan grupların hem-demir içeriğinin MK'ye göre düşük olması, TK ile kurutma boyunca uzaklaşan su ile birlikte suda çözünmüş demirin de uzaklaştığı şeklinde yorumlanabilir. MK ile sıcaklık ani artmış ve kurutmanın ilk aşamalarında suyun büyük bir kısmı uzaklaşmıştır. Sıcaklıktaki ani artış ile birlikte denatüre olan miyoglobinin ile birlikte demir çözünmez forma dönüşmüş ve yapıda kalmıştır. Yavaş ısıtmanın hızlı ısıtmaya göre hem olmayan demir içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Buchowski vd. 1988, Purchas vd. 2003). Uzun ısıtma süreleri hem-demir içeriğini azalttığından, TK ile kurutulan grubun hem-demir içeriği de azalmıştır. Çalışmalar ısıtma işlemi boyunca hem olmayan demir içeriği artarken, hem-demir içeriğinin düştüğünü göstermiştir (Buchowski vd. 1988, Lombardi-Boccia vd. 2002, Turhan vd. 2004). Hem olmayan demir konsantrasyonundaki yükselme miyoglobin ve hemoglobindeki hem kompleksinden ayrılan demirden kaynaklanmaktadır. Bu durum MK ile artan hem-demir içeriğini açıklamaktadır. Hem-demir içeriğinin TK ile azalması

sebebi olarak bir diğer olasılık ise, porfirin halkasındaki oksidatif parçalanma sonucu hem-demirin hem olmayan forma dönüşmesi ve stabil olmayan demir komplekslerinin oluşarak demir kaybının görülmesidir (Buchowski vd. 1988, Musto vd. 2014). Buchowski vd. (1988) yüksek sıcaklık uygulaması ile birlikte protein denatürasyonunun yüksek seviyelerde olması sağlanarak miyogloblin ve hemoglobindeki demirin sabit forma dönüştürülmesi ve dolayısıyla sızıntı olarak uzaklaşmasının engellenebileceğini önermiştir. Hızlı ısıtma ve yüksek ısı ile birlikte hem proteinlerinin koagülasyonu sayesinde daha fazla hem-demir oranının sağlanabildiği belirtilmiştir.

Piştirme sırasında çözünür hem-demir yapıdan uzaklaşmış olabileceği gibi çözünmez demir de miyoglobinin denatürasyonu sırasında hem halkasından kopup uzaklaşabilir (Purchas vd. 2003). Bu tez çalışmasında, çözünür çözünmez demir formları incelenmediğinden ve piştirme sırasında su ile birlikte uzaklaşan demir içeriği bilinmediğinden kurutma yöntemlerinin hem-demir miktarını nasıl etkilediği ile ilgili kesin bir yargıya varmak mümkün değildir.

Tuzlama işleminin hem-demir içeriğini koruduğu görülmektedir. TK uygulaması ile hem-demir değeri 3.85 µg demir/g et iken NaCl ile tuzlama sonrası TK uygulaması sonucu etlerin hem-demir içeriği 5.9 µg demir/g et değerine ulaşmış, NaCl/KCl ile tuzlandıktan sonra TK uygulanan grupta ise bu değer 6.71 µg demir/g et olarak bulunmuştur. NaCl ve KCl tuzlarının hem-demir içeriğini koruması yönünden aralarında önemli bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Tuzlama işlemi sonrası TK uygulanan etlerin kuruma süresi, yalnız TK uygulanan etlere göre yaklaşık 60 dk. kısalmıştır. Isıl işlem süresinin kısalması hem-demir içeriğindeki artışın bir nedeni olabilir.

4.5 Tekstür Profil Analizi

Farklı yöntemlerle kurutulan etlerde tekstür profil analizi (TPA) hem kuru etler hem de rehidrasyon sonrasında rehidre etler için yapılmıştır. Örneklerin tekstürel kalitesindeki düşüşü açıklamak, tekstürel özelliklerde paraleller arasında dahi oluşan

dalgalanmalardan dolayı oldukça zordur. Tüm tekstürel özellikler kurutma yöntemleri ve tuzlama işlemlerinden etkilenmiştir. Etlerin tekstürel özelliklerinden en önemli parametre sertlik değeridir (Deng vd. 2014). Üç tekerrürlü ve 6 paralelli olarak yapılan ölçümler sonucunda kuru etlerin sertlik değerleri TK, MK ve TK/MK için sırasıyla 152.39 N, 294.37 N ve 264.62 N olarak ölçülmüştür (Çizelge 4. ve Şekil 4.). Tuzlanmış gruplarda ise TK uygulaması ile sertlik değeri 200N, MK ile 260N, TK/MK kombinasyonu ile ise 243 N olarak saptanmıştır. Kurutma teknikleri ve tuzlama işlemi sertlik değerlerini önemli ölçüde etkilemiştir ($p<0.05$). Bu durum kurutulmuş etlerin yapısında oluşan boşluk ile ilgilidir (Wang vd. 2013b). MK ve TK/MK kombinasyonu ile kurutulan etlerin yalnızca TK ile kurutulan etlere göre daha sert olduğu görülmektedir ($p<0.05$). MK uygulanan gruplarda yüksek sertlik değerleri, mikrodalga tekniği ile oluşan ani sıcaklık artışı ile birlikte proteinlerdeki denatürasyonun daha hızlı ve erken başlamasından kaynaklanmış olabilir. Tekstürel kalite miyofibrilar proteinlerin denatürasyonuna bağlı olmakla beraber artan ısı ile birlikte daha sıkı bir mikroyapı ve daha sert bir tekstür oluşmaktadır (Deng vd. 2014). Benzer şekilde Hii vd. (2014) tavuk göğüs etlerini farklı kurutma sıcaklıklarında (60, 70 ve 80 °C) tepsili kurutucu ile kuruttıkları çalışmada, kurutma sıcaklığı arttıkça örneklerin sertlik değerlerinin de yükseldiğini belirtmişlerdir. Tuzlama işlemi de yalnızca NaCl ile tuzlanan gruplarda sertlik değerinde bir miktar artışa sebep olsa da bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Buna rağmen, NaCl/KCl tuz kombinasyonu ile tuzlama sonrası tepsili kurutma uygulanan grupta sertlik değeri yalnızca tepsili kurutma uygulanan gruba göre önemli bir artış göstermiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.12 Farklı kurutma yöntemleri uygulanan kuru etlerin tekstür profil analiz sonuçları*

Grup	Sertlik	Esneklik	Bağlayıcılık	Yapışkanlık	Çiğnenebilirlik	Elastikiyet
TK	152.39±10.02 ^d	0.39±0.04 ^b	0.15±0.02 ^d	23.16±3.95 ^d	10.77±2.49 ^c	0.08±0.01 ^b
MK	286.37±20.77 ^a	0.61±0.07 ^a	0.39±0.09 ^a	116.76±24.77 ^a	74.66±24.41 ^a	0.55±0.03 ^a
TK+MK	264.62±17.91 ^{ab}	0.59±0.04 ^a	0.32±0.04 ^{ab}	84.70±14.80 ^{ab}	55.94±10.81 ^{ab}	0.19±0.02 ^b
NaCl+TK	191.52±11.89 ^{cd}	0.34±0.05 ^b	0.20±0.04 ^{bcd}	39.97±9.84 ^{cd}	20.06±6.37 ^c	0.16±0.02 ^b
NaCl+MK	242.71±27.32 ^{abc}	0.38±0.07 ^b	0.17±0.04 ^{cd}	37.51±10.56 ^{cd}	17.44±5.38 ^c	0.10±0.02 ^b
NaCl+TK+MK	241.30±17.69 ^{abc}	0.42±0.04 ^b	0.25±0.04 ^{bcd}	56.45±9.59 ^{bcd}	27.03±5.44 ^c	0.13±0.01 ^b
NaCl/KCl+TK	220.02±18.73 ^{bc}	0.45±0.06 ^{ab}	0.29±0.04 ^{abc}	63.23±11.16 ^{bc}	33.51±7.93 ^{bc}	0.15±0.02 ^b
NaCl/KCl+MK	282.00±20.27 ^a	0.31±0.03 ^b	0.14±0.04 ^d	41.13±12.62 ^{cd}	17.36±7.01 ^c	0.09±0.02 ^b
NaCl/KCl+TK+MK	245.36±22.10 ^{ab}	0.45±0.04 ^{ab}	0.19±0.03 ^{bcd}	43.52±9.52 ^{cd}	23.06±5.72 ^c	0.1±0.01 ^b

* Ortalama ± standart hata

^{a-d}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Kuru etlerin esneklik değerleri incelendiğinde TK uygulanan grubun MK ve TK/MK uygulanan gruplara göre daha az esnek olduğu görülmektedir ($p<0.05$). Her iki tuzlama işlemi ile esneklik değerlerinde tekrar düşüş gözlenmiştir. Esneklik değerlerinin tuzlanmış gruplarda sertlik değerleriyle ters orantılı olarak değiştiği gözlenmiştir. Yapışkanlık ise MK uygulaması ile önemli şekilde artış gösterirken, NaCl/KCl ile tuzlama uygulandıktan sonra MK uygulanan gruplarda tekrar düşüş göstermiştir. Çiğnenebilirlik, gıdayı iğneyebilmek için uygulanan maksimum gücü ifade eder ve sertlik, esneklik ve bağlayıcılık değerlerinin çarpılmasıyla hesaplanır (Chong vd. 2008). Sertlik değerlerindeki değişime paralel şekilde çiğnenebilirlik de değişmiştir. MK uygulaması çiğnenebilirlik değerinde artışa sebep olurken ($p<0.05$) tuzlama işlemi ile birlikte çiğnenebilirlik değerleri de dşmştir. Elastikiyet ise MK ile artmıştır ($p<0.05$). Genel olarak MK uygulaması ile tekstür değerlerinde TK uygulamasına göre artış gözlenmiştir.

Rehidre etlerin TPA değerleri incelendiğinde (izelge 4.13 ve şekil 4.), genel olarak TPA parametrelerinin kuru etlere göre zıt yönde değiştiği söylenebilir. Sertlik ve yapışkanlık değerleri düşerken rehidre etlerde esneklik, bağlayıcılık ve elastikiyet değerleri kuru etlere göre artış göstermiştir. Bu değişimin temel sebebi rehidrasyon ile birlikte yapıya giren suyun etleri daha gevrek bir hale getirmesidir. Kurutma işleminde su kaybı ile birlikte hacimsel büzülme oluşmakta, rehidrasyon ile birlikte ise yapıya giren su yapısal şişmeye sebep olmaktadır (Wang vd. 2013b). Kuru etlere göre daha gevrek olan rehidre etlerde sertlik MK ile artmış ancak tuzlama işlemi ile düşüş göstermiştir. Genel olarak çalışmada MK uygulamasının tüm tekstürel parametreleri (sertlik, esneklik, bağlayıcılık, yapışkanlık, çiğnenebilirlik, elastikiyet) hem kuru hem de rehidre etler için arttırdığı görülmektedir. Tekstürel özelliklerdeki bozulmanın temel sebebi aktomiyosin kompleksindeki değişimdir. Özellikle proteinlerdeki çapraz bağlanma ve denatürasyonun yanında denatüre proteinlerin ortamdaki karbonhidrat ve lipitler ile interaksyonu dolayısıyla sertlik yüksek değerlere ulaşmaktadır (Babic vd. 2009).

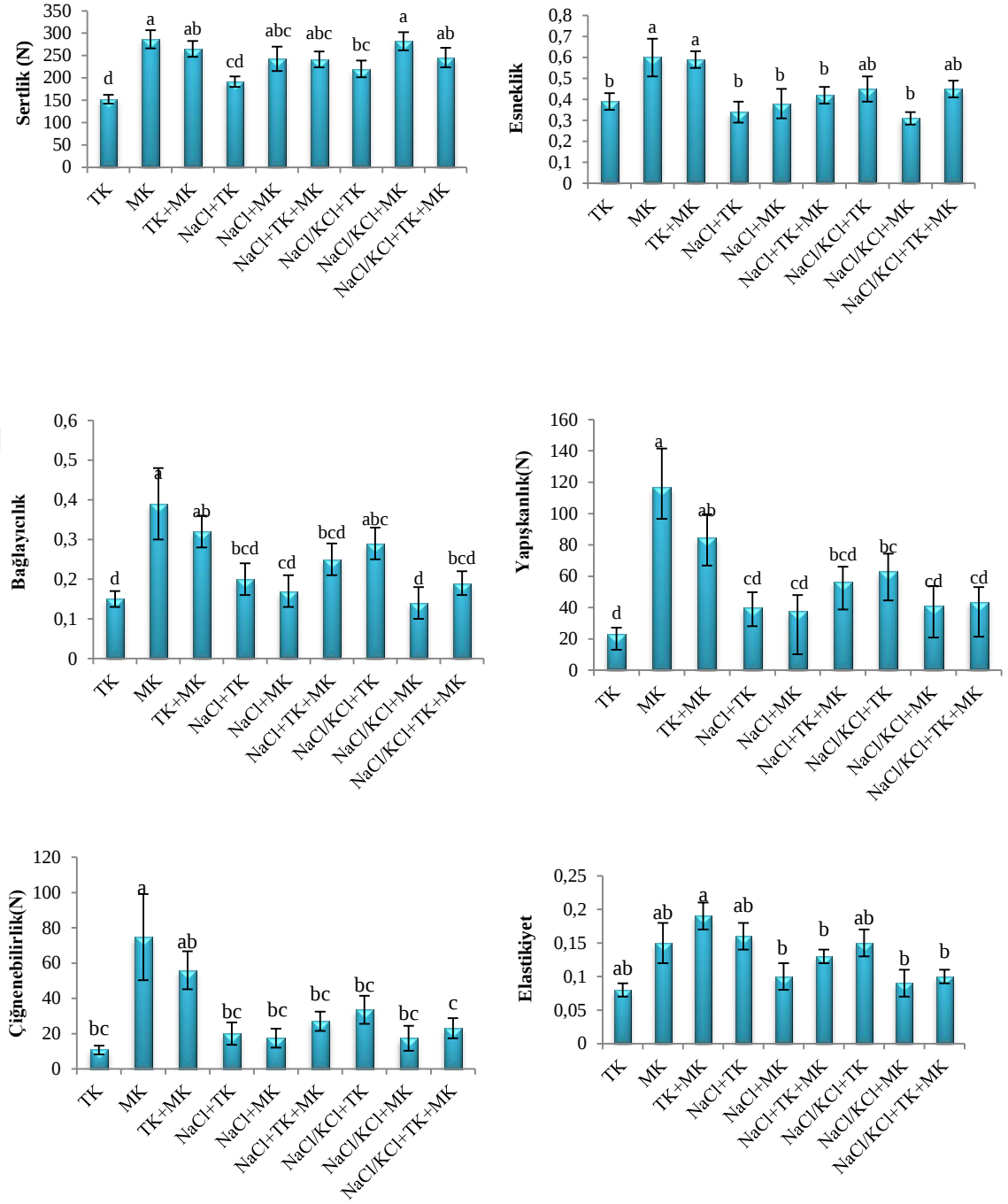
Çizelge 4.1 Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulduktan sonra rehidre edilen etlerin tekstür profil analiz sonuçları*

Grup	Sertlik	Esneklik	Bağlayıcılık	Yapışkanlık	Çiğnenebilirlik	Elastikiyet
TK	46.40±8.85 ^b	0.89±0.005 ^a	0.64±0.01 ^a	29.56±3.32 ^{bdc}	37.41±3.28 ^{bc}	0.27±0.01 ^{ab}
MK	74.19±4.88 ^a	0.87±0.009 ^{ab}	0.61±0.01 ^{abc}	44.05±2.79 ^a	37.41±3.28 ^a	0.27±0.01 ^{ab}
TK+MK	52.13±6.63 ^b	0.88±0.01 ^{ab}	0.64±0.02 ^{ab}	36.33±3.98 ^{abc}	31.29±3.07 ^{ab}	0.29±0.01 ^{ab}
NaCl+TK	49.39±6.93 ^b	0.87±0.008 ^{ab}	0.56±0.02 ^{cde}	23.41±4.29 ^d	25.86±4.27 ^{bc}	0.27±0.004 ^{ab}
NaCl+MK	49.67±5.47 ^b	0.86±0.01 ^{abc}	0.51±0.02 ^{ef}	29.01±4.32 ^{bdc}	22.68±3.36 ^{bc}	0.2±0.01 ^b
NaCl+TK+MK	63.88±3.36 ^{ab}	0.82±0.01 ^{dc}	0.50±0.01 ^f	32.85±3.28 ^{bdc}	27.43±2.95 ^{bc}	0.19±0.01 ^b
NaCl/KCl+TK	46.67±4.83 ^b	0.84±0.01 ^{bcd}	0.58±0.02 ^{bdc}	27.13±3.06 ^{dc}	23.13±2.77 ^{bc}	0.25±0.02 ^{ab}
NaCl/KCl+MK	54.45±3.94 ^b	0.83±0.01 ^{dc}	0.51±0.01 ^{ef}	27.55±1.96 ^{bdc}	23.06±1.85 ^{bc}	0.21±0.01 ^b
NaCl/KCl+TK+MK	50.86±6.79 ^b	0.81±0.02 ^d	0.52±0.02 ^{def}	37.15±3.69 ^{ab}	21.82±3.17 ^c	0.21±0.01 ^b

^{a-f}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

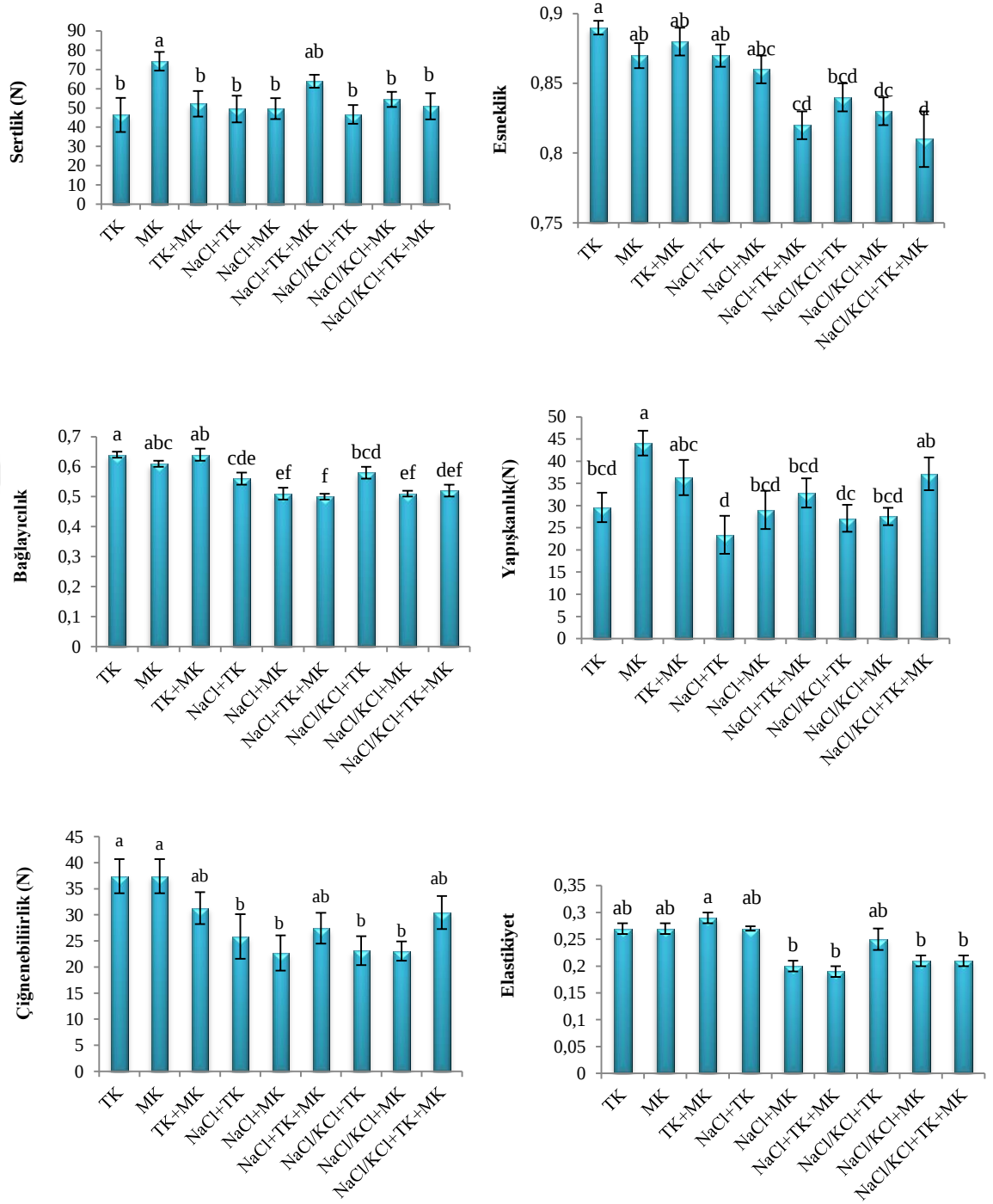
* Ortalama ± standart hata

Tekstürel analiz sonuçları rehidrasyon oranı ile ilişkilidir. Rehidrasyon oranı tuzlanmış ve mikrodalga uygulanmış gruplarda düşüş göstermiştir (Şekil 4.17). Bunun sebebi MK ile kurutulan ve tuzlanan gruplarda oluşan büzülme ile birlikte sıkı bir yapı oluşmasıdır. Oluşan sıkı yapı rehidre etlerin suyu tekrar bağlayabilme yeteneğini düşürürken etlerin sertlik değerlerinde de artışa sebep olmuştur. Sertlik değerlerindeki artış aynı zamanda MK ve tuzlanmış gruplarda oluşan sıkı mikroyapı ile de ilişkilidir. Benzer sonuçlar Wang vd. (2013b) tarafından da ifade edilmiştir. Kurutulduktan sonra rehidre edilen balık etleri için yüksek rehidrasyon oranına sahip olanların sertlik ve esneklik değerlerinin düşük olduğu belirtilmiştir. Diğer taraftan kuru etlerin nem değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.1) tuzlama ile birlikte nem oranının düştüğü ($p<0.05$) görülmektedir. Nem oranındaki düşüş tuzlanmış grupların tekstürel parametrelerindeki negatif değişimi açıklayan bir diğer faktördür. TK uygulanan gruplarda 80 °C’de sabit bir sıcaklıkta kuruma gerçekleşmektedir. MK uygulaması ile sıcaklık 95 °C’ye kadar çıkmaktadır. Yüksek sıcaklık MK’lı gruplarda proteinlerdeki denatürasyonu arttırarak ve çapraz bağlanmayı teşvik ederek daha sıkı bir yapı oluşumuna sebep olmuş ve bu gruplarda sertlik artmış olabilir. Proteinlerdeki denatürasyonun sıcaklıktaki her 10°C’lik yükselme ile birlikte 600 kat arttığı belirtilmiştir (Anglemier ve Montgomery 1976, Deng vd. 2014). Benzer sonuçlar Hii vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada artan sıcaklık ile birlikte et yapısındaki büzüşmenin arttığı ve oluşan daha sıkı bir yapı neticesinde sertlikte artış olduğu şeklinde ifade edilmiştir.



Şekil 4.15 Farklı kurutma yöntemleri uygulanan kuru etlerin tekstür profil analiz sonuçları

Hata çubukları: $\pm$ standart hata.^{a-d}: Farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).



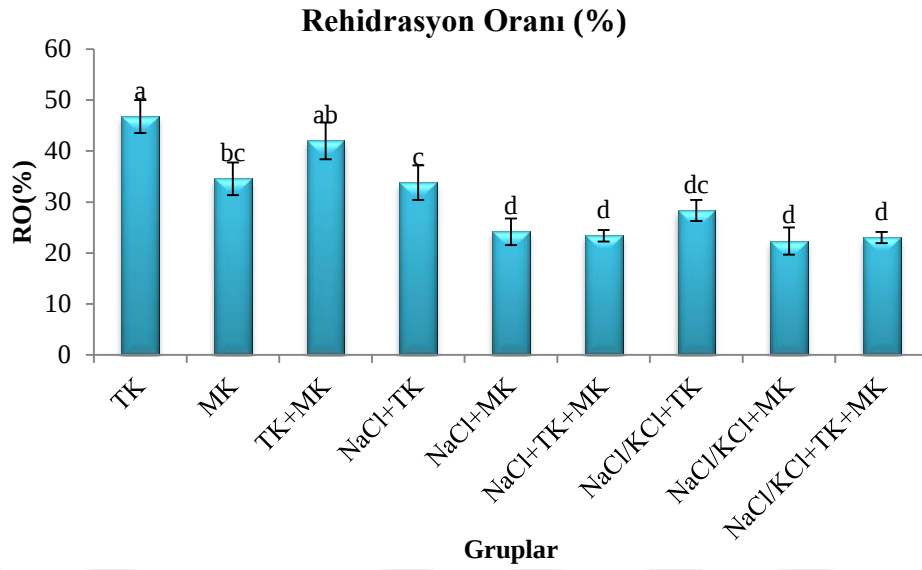
Şekil 4.16 Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulduktan sonra rehidre edilen etlerin tekstür profil analiz sonuçları

Hata çubukları: $\pm$ standart hata

^{a-d}: Farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

4.6 Rehidrasyon Oranı

Rehidrasyon oranı (RO) tüm kurutulmuş gıdalarda önemli bir kalite parametresidir (Lewicki 2006). RO gıdanın kurutma ve dehidrasyon ön işlemleri ile ne kadar hasara uğradığının bir ölçüsüdür (McMinn ve Magee 1997). Genellikle kurutma sonrası etler rehidre edilerek tüketilir (meze olarak tüketilen tütülenmiş kuru et benzeri ürünler hariç). Bu tez çalışması model bir çalışma olduğundan kurutulan etlerin ürün olarak düşünülmemesi gerekmektedir. Kurutulan etler denge nem içeriğine kadar kurutulduğu için büzülme oranı değerleri birbirine çok yakın çıkmış olup (Şekil 4.), buna rağmen kurutma yöntemleri arasında RO açısından fark gözlenmiştir ($p<0.05$). Şekil 4. ve çizelge 4.14’de uygulanan kurutma işlemleri sonrası rehidre edilen etlerin RO değerleri yüzde olarak ifade edilmiştir. TK ile kurutulan etlerin RO değeri % 46.78 iken MK ile kurutulan etlerin RO değeri % 34.55’e düşmüştür ($p<0.05$). Rehidrasyon derecesinin yapısal bozulma ile doğrudan ilişkili olduğu kabul edilmektedir (Krokida ve Marinou-Kouris 2003). Bu durum TK ile et miyofibrillerindeki kırılmanın ve yapısal bozulmanın MK’ya göre yüksek olduğunun bir göstergesidir. Benzer şekilde Guizani vd. (2008) köpekbalığını tuzlama sonrası hem TK ile hem de güneşte kurutmuş ve TK ile RO’nun yükseldiğini belirtmiştir ($p<0.05$). Hii vd. (2014) farklı tepsili kurutucu sıcaklıkları uygulayarak (60, 70 ve 80 °C) kuruttuğu tavuk göğüs etlerinin rehidrasyon kapasitesini incelemiştir. Çalışmada sıcaklık arttıkça etlerin yapısının sertleştiği ve rehidrasyon kapasitesinin düştüğü belirtilmiştir. Sıcaklık arttıkça oluşan sert yapı bu çalışmada da olduğu gibi RO’nı düşürmektedir. TPA sonuçları ile de bu durum desteklenmiştir (Çizelge 4.). Sertlik değerleri yüksek olan etlerin RO değerleri düşmüştür. Yüzey sertliği ve ısı denatürasyonu ile birlikte kuru etlerin rehidrasyonu azalmaktadır (Matashige ve Akahoshi 2002). Uygulanan MK ile birlikte TK’ya göre daha yüksek sıcaklıklarda kurutma sağlandığı için RO düşmüştür. Farklı olarak Nathakaranakule vd. (2007) kurutma sıcaklığı arttıkça miyofibriller proteinlerin kuagülasyonu sonucu daha sert bir yapı almasından dolayı RO’nun arttığını belirtmiştir. Etlerde kurutma sıcaklığı arttıkça RO’nın düştüğünü gösteren çalışmalar mevcuttur (Rahman vd. 2005, Sa-Adchom vd. 2011b, Uengkimbuan vd. 2006).



Şekil 4.17 Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan etlerin rehidrasyon oranı değerleri

Hata çubukları: $\pm$ standart hata

^{a-d}: Farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.05$).

Tuzlanmış gruplarda RO tuzlanmadan kurutulan gruplara göre düşüş göstermiştir ($p < 0.05$). Benzer şekilde Swasdisevi vd. (2006) domuz eti dilimlerini tuzlama sonrası kızgın buharla farklı sıcaklıklarda kuruttuğu çalışmada tuzlama işleminin RO'nı düşürdüğünü belirtmiştir. Bu durumun aksine yapılan bazı çalışmalar göstermiştir ki belirli oranlardaki tuz solüsyonu ile ön kurutma uygulanan gıdalarda RO değerleri yükselmiştir (Kaymak-Ertekin 2002, Lewicki 2006, Laopoolkit ve Suwannaporn 2011). Bu tez çalışmasında tuz solüsyonu yerine kuru tuzlama ile ön kurutma uygulanmış ve ardından yüksek ısı işlem ile (TK ve MK) kurutma yapılmıştır. Tuzlama ile daha sert ve sıkı bir yapı oluşmuş ve daha yoğun bir kas fibril yapısı gözlenmiştir. Bu bakımdan literatürdeki çalışmalar ile farklılık göstermektedir. Tuzlandıktan sonra MK uygulanan etlerde RO değeri, tuzlama sonrası TK uygulanan etlere göre daha düşüktür ($p < 0.05$). Tuzlama sonrası kurutulan etlerin RO değerleri ortalama %24'e düşmüş olup tuzlama işlemi ile RO'nun tuzlanmadan kurutulan etlere göre önemli ölçüde düştüğü belirlenmiştir ($p < 0.05$).

Çizelge 4.14 Farklı yöntemlerle kurutulan etlerin rehidrasyon oranı sonuçları*

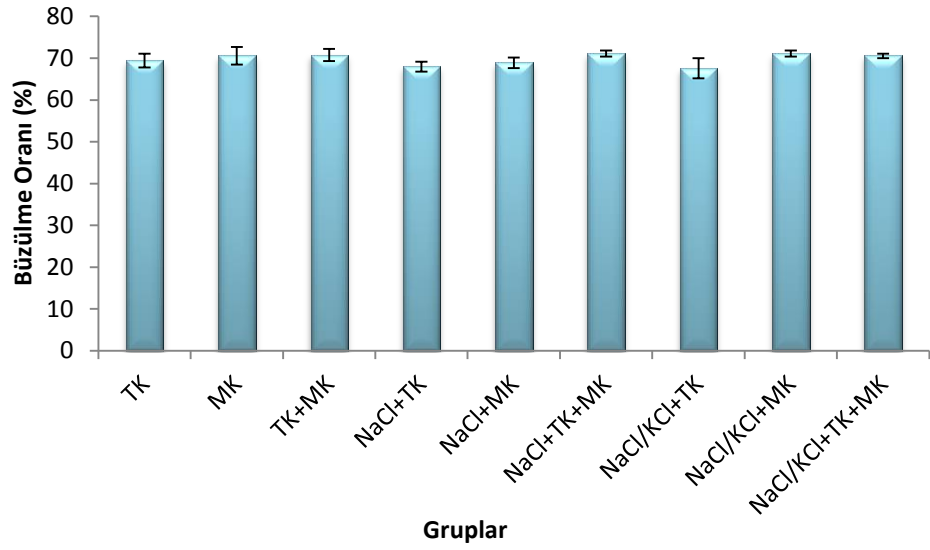
Gruplar	Rehidrasyon oranı (%)
TK	46.78±3.25 ^a
MK	34.55±3.22 ^{bc}
TK+MK	42.02±3.61 ^{ab}
NaCl+TK	33.81±3.4 ^c
NaCl+MK	24.17±2.61 ^d
NaCl+TK+MK	23.38±1.14 ^d
NaCl/KCl+TK	28.37±2.07 ^{dc}
NaCl/KCl+MK	22.33±2.66 ^d
NaCl/KCl+TK+MK	23.02±1.09 ^d

* Ortalama ± standart hata

^{a-d}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

4.7 Büzülme Oranı

Kurutma işlemi boyunca ısı etkisiyle ve yapıdan suyun uzaklaşmasıyla birlikte oluşan fiziksel değişimlerin biri de büzülmedir (Laopoolkit ve Suwannaporn 2011). Et proteinleri ısıya maruz kaldığında sıcaklık 56 °C'nin üzerine çıktığında kollajen orijinal uzunluğunun 1/3'ü oranında, 61 °C'nin üzerinde ise yarısı kadar kısalmaktadır (Forrest vd. 1975, Nathakaranakule vd. 2007). Büzülme kuruyan gıdanın orijinal yapısının bozulduğuna işaret etmekte ve gıda kalitesi açısından istenmeyen bir durum oluşturmaktadır (Wang vd. 2013a). Farklı kurutma yöntemleri uygulanan etlerin büzülme oranı sonuçları incelendiğinde (Şekil 4. ve Çizelge 4.) kurutma yöntemlerinin büzülme oranını önemli bir şekilde etkilemediği görülmektedir (p>0.05). Büzülme oranı nem içeriği ile yakından ilişkilidir (Clemente vd. 2009). Örneklerin son nem içeriği birbirlerine oldukça yakın olduğundan gruplar arasında büzülme oranı açısından fark görülmemiştir. Kurutma işlemi boyunca büzülme oranı ile nem içeriği arasında bir ilişki olması sıklıkla karşılaşılan bir durumdur (Clemente vd. 2011, Trujillo vd. 2007).



Şekil 4.18 Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan etlerin büzülme oranı değişimi

*Hata çubukları: $\pm$ standart hata

Benzer sonuçlar tavuk etlerini farklı sıcaklıklarda (60, 70 ve 80 °C) tepsili kurutucuda kurutan Hii vd. (2014) tarafından da bulunmuştur. Bu çalışmada kurutma boyunca büzülme oranı verileri ile çizilen eğriler farklılık gösterse de denge nem içeriğine ulaşıldığında etlerin BO değerleri birbirine çok yakın bulunmuştur.

Çizelge 4.15 Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan etlerin büzülme oranı değişimi*

Gruplar	Büzülme oranı (%)
TK	69.42±1.66
MK	70.56±2.1
TK+MK	70.76±1.43
NaCl+TK	67.94±1.19
NaCl+MK	68.92±1.26
NaCl+TK+MK	71.11±0.73
NaCl/KCl+TK	67.57±2.41
NaCl/KCl+MK	71.11±0.73
NaCl/KCl+TK+MK	70.55±0.55

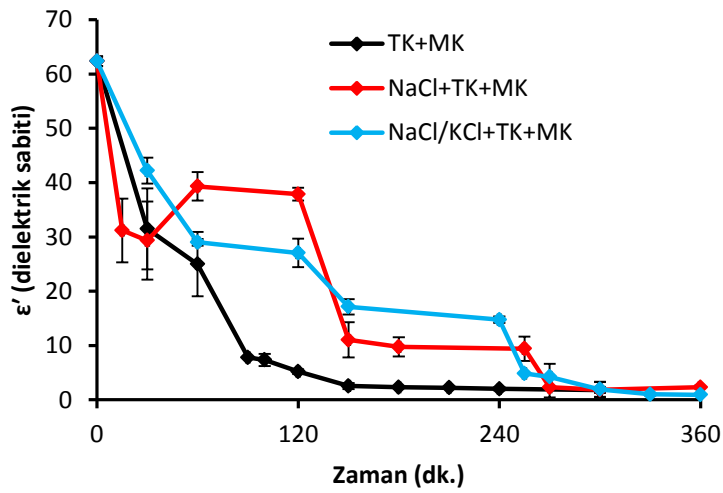
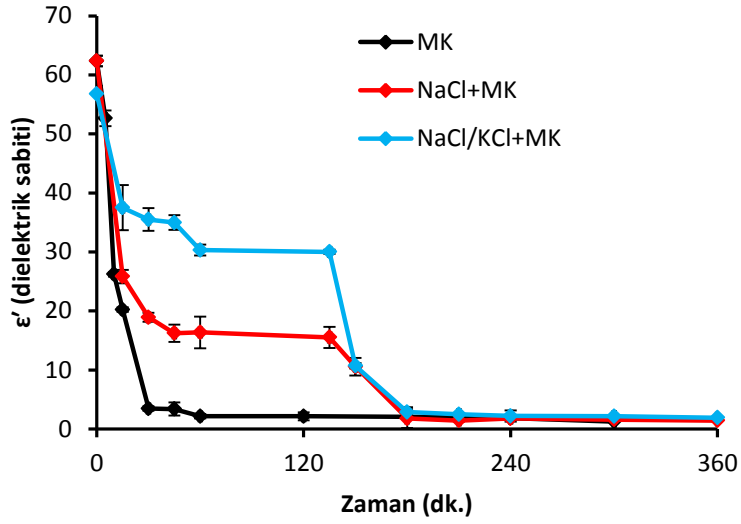
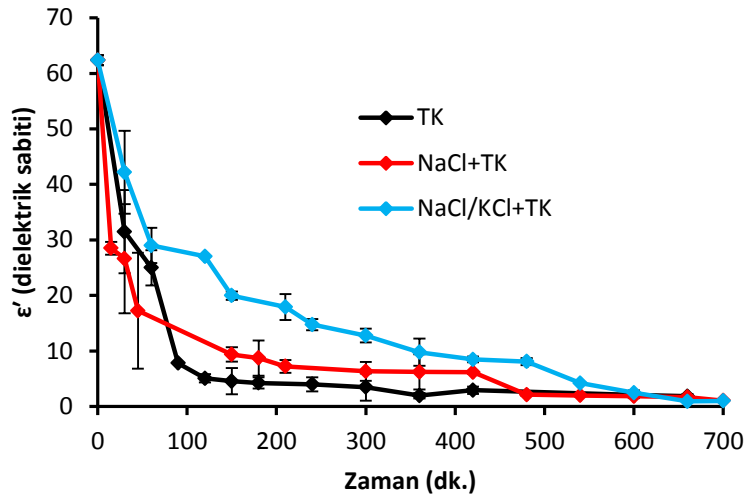
* Ortalama $\pm$ standart hata

4.8 Dielektrik Özellikler

Kurutma işlemi boyunca farklı yöntemlerle kurutulan etlerin dielektrik özellikleri 2450 MHz ve 25 °C’de belirlenmiştir. Dielektrik sabiti (ϵ') ve kayıp faktörü (ϵ'') değişimi sırasıyla şekil 4.19 ve şekil 4.20’de verilmiştir.

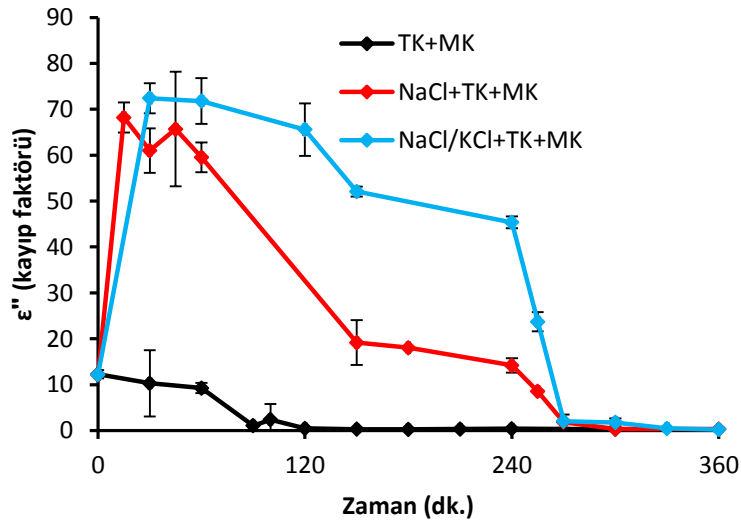
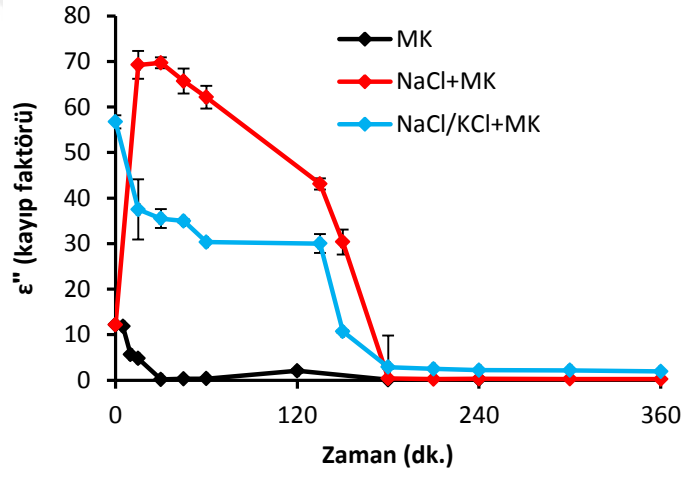
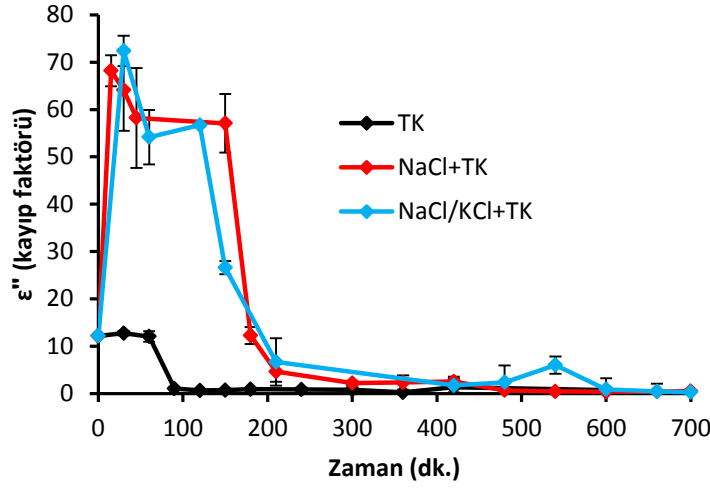
TK ve MK uygulanan gruplarda gerek NaCl gerekse NaCl/KCl karışımlarıyla uygulanan ön tuzlama işlemi ile birlikte kayıp faktörü artmıştır. Kayıp faktörü materyalin dielektrik enerjinin ne kadarını absorplayabildiğini göstermektedir (Zheng vd. 2013). Et yüzeyinde artan tuz konsantrasyonu ile birlikte dielektrik özelliklerden özellikle iyonik kondüksiyon hareketini etkileyen tuz kayıp faktörünü artırmıştır. Tuzlama işlemi sonrasında (120. dk’dan sonra) kayıp faktörü uygulanan kurutma işlemi ile birlikte yapıdan suyun uzaklaşmasına bağlı olarak düşmüştür. Ancak, genel olarak kurutma işlemi boyunca tuzlanmış gruplarda kayıp faktörü, tuzlama işlemi uygulanmayan TK ve MK ile kurutulan gruplara göre daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.-4.21). Tuzlama işlemi sonrası uygulanan TK ile birlikte yüzeydeki nemin kademeli ve yavaş bir şekilde uzaklaşmasına bağlı olarak düşen kayıp faktörü MK uygulanan gruplarda hızlı bir düşüş göstermiştir. Bu durum MK uygulaması ile nemdeki hızlı düşüşe bağlıdır. Bunun yanında tüm gruplarda kurutmanın son aşamalarında nem miktarının çok düşük seviyelere ulaşması yanında et yüzeyinde oluşan porozite ile birlikte hava kabarcıkları da dielektrik sabiti ve kayıp faktörünün 0’a yakın değerlere ulaşmasına sebep olmuştur.

Dielektrik sabiti ise kayıp faktörünün tersine tuzlama işlemi boyunca düşmüştür. Dielektrik sabiti materyalin dielektrik enerjinin ne kadarını depolayabildiğini göstermektedir. Bu bakımdan elektromanyetik alanda materyal tarafından depolanan enerjinin ısı enerjisine dönüşmeyi engellemesi ve dolayısıyla dielektrik özelliklerini düşürmesi olarak yorumlanabilecek dielektrik sabitinin düşüşü materyalin tuzlama ile birlikte dielektrik özelliklerinin iyileştiğinin bir göstergesidir. NaCl ve NaCl/KCl karışımı ile tuzlamanın dielektrik özellikler açısından bir etkisinin olmadığı söylenebilir (Çizelge 4.-4.18).



Şekil 4.19 Kurutma işlemleri boyunca etlerin ϵ' (dielektrik sabiti) değeriindeki değişim

* Hata çubukları: $\pm$ standart hata



Şekil 4.20 Kurutma işlemleri boyunca etlerin ϵ'' (kayıp faktörü) değerindeki değişim

*Hata çubukları: $\pm$ standart hata

Çizelge 4.16 Tepsili kurutucu ile kurutulan etlerin zamana bağlı ε' değeri değişimi*

TK		NaCl+TK		NaCl/KCl+TK	
t	ε'	t	ε'	t	ε'
0	62.35±0.91 ^a	0	62.35±0.91 ^a	0	62.35±0.91 ^a
30	31.48±7.48 ^b	15	28.51±1.15 ^b	30	42.18±5.84 ^b
60	24.98±3.16 ^b	30	26.62±9.81 ^b	60	29.00±0.61 ^c
90	7.81±0.09 ^c	45	17.25±10.44 ^{bc}	120	27.03±2.62 ^c
120	5.08±0.77 ^{cd}	150	9.37±1.27 ^c	150	19.97±1.19 ^d
150	4.57±2.33 ^{cd}	180	8.72±1.16 ^c	210	17.92±3.24 ^d
180	4.24±1.00 ^d	210	7.22±1.16 ^c	240	14.75±1.19 ^{de}
240	4.01±1.26 ^d	300	6.34±1.68 ^c	300	12.78±2.25 ^{ef}
300	3.5±2.43 ^{de}	360	6.23±3.17 ^c	360	9.78±0.36 ^f
360	1.96±0.5 ^e	420	6.16±0.25 ^c	420	8.49±0.12 ^f
420	2.93±0.64 ^{de}	480	2.14±0.19 ^d	480	8.09±1.01 ^f
600	2.08±0.15 ^{de}	540	2.00±0.21 ^d	540	4.21±2.43 ^g
660	1.85±0.41 ^e	600	1.86±0.32 ^d	600	2.47±1.85 ^{gh}
		660	1.70±0.19 ^d	660	0.92±2.61 ^h
		700	1.05±0.21 ^d	700	0.78±0.14 ^h

t: zaman (dk.); * Ortalama ± standart hata

^{a-h}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.17 Mikrodalga ile kurutulan etlerin zamana bağlı ϵ' değeri değişimi*

MK		NaCl+MK		NaCl/KCl+MK	
t	ϵ'	t	ϵ'	t	ϵ'
0	62.35±0.91	0	62.35±0.91 ^a	0	56.75±1.41 ^a
5	52.66±1.32	15	25.82±1.15 ^b	15	37.50±3.82 ^b
10	26.21±0.38	30	18.91±0.76 ^c	30	35.49±1.93 ^b
15	20.21±0.38	45	16.22±1.45 ^c	45	34.98±1.24 ^b
30	3.46±0.39	60	16.36±2.68 ^c	60	30.31±0.91 ^c
45	3.37±1.10	135	15.51±1.77 ^c	135	30.01±0.37 ^c
60	2.15±0.38	150	10.57±1.49 ^d	150	10.71±0.48 ^d
120	2.14±0.67	180	1.76±1.58 ^e	180	2.86±0.80 ^e
180	2.05±0.38	210	1.43±0.18 ^e	210	2.49±0.06 ^e
240	1.84±0.28	240	1.78±0.05 ^e	240	2.20±0.95 ^e
		300	1.58±0.04 ^e	300	1.28±0.03 ^{ef}
		360	1.45±0.17 ^e	360	1.09±0.11 ^f

t: zaman (dk.); * Ortalama ± standart hata

^{a-h}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.18 Tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutulan etlerin zamana bağlı ϵ' değeri değişimi*

TK+MK		NaCl+TK+MK		NaCl/KCl+TK+MK	
t	ϵ'	t	ϵ'	t	ϵ'
0	62.35±0.91 ^a	0	62.35±0.91 ^a	0	62.35±0.91 ^a
30	31.48±7.48 ^b	15	31.19±5.84 ^b	30	42.18±2.39 ^b
60	24.98±1.10 ^b	30	29.33±7.17 ^b	60	29.00±0.61 ^c
90	7.81±0.09 ^c	60	39.31±2.62 ^b	120	27.03±2.62 ^c
100	7.35±1.12 ^c	120	37.87±1.19 ^b	150	17.14±1.42 ^{de}
120	5.19±0.43 ^d	150	11.03±3.24 ^c	240	14.75±0.60 ^e
150	2.56±0.55 ^e	180	9.75±1.78 ^c	255	4.86±0.01 ^f
180	2.3±0.09 ^e	255	9.41±2.25 ^c	270	4.23±2.39 ^f
210	2.22±0.06 ^e	270	2.31±1.85 ^d	300	1.93±1.40 ^g
240	2.01±0.26 ^e	300	1.84±1.44 ^d	330	1.005±0.20 ^g
300	1.81±0.55 ^e	360	2.32±0.36 ^d	360	0.92±0.19 ^g

t: zaman (dk.); * Ortalama ± standart hata

^{a-h}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.19 Tepsili kurutucu ile kurutulan etlerin zamana bağlı ε'' değeri değişimi*

TK		NaCl+TK		NaCl/KCl+TK	
t	ε''	t	ε''	t	ε''
0	12.18±0.09 ^a	0	12.18±0.09 ^b	0	12.18±0.09 ^d
30	12.75±0.46 ^a	15	68.19±3.26 ^a	30	72.4±3.2 ^a
60	12.05±1.10 ^a	30	64.11±8.60 ^a	60	54.15±5.72 ^b
90	1.05±0.05 ^b	45	58.21±10.57 ^a	90	56.71±0.25 ^b
120	0.64±0.12 ^{bc}	150	57.09±6.16 ^a	120	26.59±1.36 ^c
150	0.71±0.33 ^{bc}	180	12.24±1.77 ^b	150	26.65±5 ^c
180	0.92±0.21 ^{bc}	210	4.62±2.12 ^c	180	25.34±2.32 ^c
240	0.83±0.42 ^{bc}	300	2.21±0.49 ^c	240	23.69±1.46 ^c
300	0.82±0.45 ^{bc}	360	2.32±1.51 ^{dc}	300	24.95±3.55 ^c
360	0.22±0.007 ^c	420	2.54±1.01 ^c	360	1.73±1.81 ^e
420	1.3±0.11 ^b	480	0.69±0.26 ^d	420	2.35±2.32 ^e
600	0.74±0.53 ^{bc}	540	0.43±0.12 ^d	600	6.01±0.19 ^e
660	0.55±0.02 ^c	600	0.38±0.21 ^d	660	0.87±0.01 ^e
		660	0.41±0.12 ^d	700	0.26±0.05 ^e
		700	0.15±0.31 ^d		

t: zaman (dk.); * Ortalama ± standart hata

^{a-h}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.20 Mikrodalga ile kurutulan etlerin zamana bağlı ϵ'' değeri değişimi*

MK		NaCl+MK		NaCl/KCl+MK	
t	ϵ''	t	ϵ''	t	ϵ''
0	12.18±0.09 ^a	0	12.18±0.09 ^d	0	18.66±1.45 ^c
5	11.81±0.19 ^a	15	69.25±3.05 ^a	15	71.35±6.58 ^b
10	5.65±0.19 ^b	30	69.7±1.21 ^a	30	84.68±2.08 ^a
15	4.77±0.10 ^b	45	65.69±2.72 ^a	45	83.47±0.33 ^a
30	0.16±0.10 ^c	60	62.13±2.51 ^a	60	83.65±0.04 ^a
45	0.3±0.22 ^c	135	43.11±1.21 ^b	135	68.42±2.08 ^b
60	0.34±0.23 ^c	150	30.35±2.72 ^c	150	12.59±0.33 ^c
120	2.05±0.38 ^{bc}	180	0.39±9.46 ^e	180	0.37±0.25 ^d
180	0.11±0.04 ^c	210	0.25±0.08 ^e	210	0.53±0.16 ^d
240	0.22±0.03 ^c	240	0.29±0.03 ^e	240	0.40±0.16 ^d
		300	0.29±0.01 ^e	300	0.81±0.45 ^d
		360	0.84±0.72 ^e	360	0.56±0.24 ^d

t: zaman (dk.); * Ortalama ± standart hata

^{a-e}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Çizelge 4.21 Tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutulan etlerin zamana bağlı ϵ'' değeri değişimi*

TK+MK		NaCl+TK+MK		NaCl/KCl+TK+MK	
t	ϵ''	t	ϵ''	t	ϵ''
0	12.25±0.91 ^a	0	12.18±0.09 ^c	0	12.18±0.09 ^e
30	10.29±7.23 ^{ab}	15	68.19±3.26 ^a	30	72.4±3.29 ^a
60	9.26±5.91 ^{ab}	30	61±4.86 ^a	60	71.79±4.96 ^a
90	1.05±0.09 ^b	60	65.69±12.51 ^a	120	65.57±5.72 ^a
100	2.39±3.36 ^{bc}	120	59.53±3.26 ^a	150	52.06±1.08 ^b
120	0.45±0.22 ^c	150	19.16±4.86 ^{bc}	240	45.34±1.27 ^c
150	0.3±0.02 ^c	180	18.04±0.12 ^b	255	23.69±2.09 ^d
180	0.24±0.04 ^c	255	14.19±1.59 ^c	270	2.05±1.46 ^f
210	0.32±0.02 ^c	270	8.53±0.16 ^d	300	1.75±0.86 ^f
240	0.39±0.09 ^c	300	1.84±0.02 ^e	330	0.45±0.15 ^{fg}
300	0.3±0.01 ^c	360	0.33±0.05 ^e	360	0.22±0.01 ^g

t: zaman (dk.);* Ortalama ± standart hata

^{a-h}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Dielektrik özellikler uygulanan kurutma yöntemine göre incelendiğinde, TK ile kayıp faktörü 60 dakikada henüz 12.05 değerinde iken, MK ile kurutulan etler 60. dakikada en düşük değerine (0.34 kayıp faktörü) ulaşmıştır. Dielektrik özellikler sıcaklık ve nem içeriğinin bir fonksiyonu olarak değişmektedir (Dev ve Raghavan 2012). Dielektrik sabiti ve kayıp faktörü genellikle artan sıcaklık ile birlikte düşüş gösterir (Şakıyan Demirkol 2007). Bundan dolayı, MK ile birlikte artan ani sıcaklıkla birlikte kayıp faktörü ve dielektrik sabitindeki düşüş yakından ilişkilidir. Sıcaklıkla birlikte bu düşüş oranındaki değişim ilişkisi serbest su içeriği ve materyalin iyonik iletkenliğinden (ionic conductivity) kaynaklanmaktadır (Calay vd. 1994).

4.9 Mikrobiyolojik Analizler

Et yüksek su aktivitesine sahip olması, nötre yakın pH'sı ve karbonhidrat, protein gibi besin öğelerini içermesi bakımından mikrobiyolojik bozulmalara oldukça hassastır

(Rahman vd. 2005). Kurutma gıdanın yapısındaki suyu azaltarak mikrobiyolojik gelişimi önleyen ve raf ömrünü uzatan en yaygın muhafaza tekniğidir (Argyropoulos vd. 2011). Kuru etler 0.5-0.6 aw değerleri ve daha düşük aw değerlerine kadar kurutulmaktadır. Bu aw değerleri mikrobiyel gelişimin engellenmesi için yeterli bir düzeydedir (Anonymous. 2001).

Başlangıçta taze etin toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı 2.03 logkob/g, laktik asit bakteri sayısı 2.19 logkob/g olarak bulunmuştur. Taze ette koagülaz pozitif stafilokok, Koliform grubu bakteri, *E. coli*, sülfid indirgeyen anaerob bakteri, maya ve küf varlığına rastlanmamıştır. Kurutulmuş ette ise tüm mikrobiyel sayının işlem sonunda 1 logkob/g'ın altına indiği belirlenmiştir. Etlerin kurutulmasında uygulanan yüksek ısı işlem ve su aktivitesinin 0.25 civarında oluşu mikrobiyel gelişimi inhibe etmiştir.

4.10 DNA Bütünlüğünün Belirlenmesi

Et türlerinin hangi hayvana ait olduğunun saptanması günümüzde özellikle halk sağlığı, ekonomik ve yasal sınırlamalar yanında dini sebeplerden ötürü de önemli bir konu haline gelmiştir (Amaral vd. 2014). Günümüzde gıdalar için PCR temelli tanımlama analizleri hem hızlı sonuç vermesi hem de etler için taşıyıcı tespitinde o türe ait hedef gen dizilerini farklı orjinlerin gen dizileri arasından tespit edebilmesi açısından oldukça etkili bir yöntemdir (Kesmen vd. 2007).

Farklı yöntemlerle kurutulan etlerden ve taze etten ekstrakte edilen DNA'nın saflık indeksi (abs 260/280) ve kirlilik oranı (abs 230/280) çizelge 4.22'de belirtilmiştir. Nanodrop sonuçları tek başına DNA kalitesi hakkında fikir vermese de ekstrakte edilen DNA'nın elektroforez görüntüsü için destekleyici bir sonuç olarak düşünülebilir. PCR analizi için en önemli aşama tespit edilebilir oranda DNA ekstraksiyonunun sağlanmasıdır (Bauer vd. 2003, Özgen Arun vd. 2014).

Taze etten ekstrakte edilen DNA konsantrasyonu 17.5 ng/μL iken, kurutulan etlerden ekstrakte edilen DNA konsantrasyonları 23-42 ng/μL aralığında bulunmuştur. Taze etin

DNA konsantrasyonunun yüksek çıkması beklenirken, uygulanan ısı işlem ile birlikte DNA’da oluşan parçalanmalar ile konsantrasyonun düşmesi beklenmekteydi. İşlem görmüş etlerin DNA konsantrasyonları büyük olasılıkla hatalı sonuç vermiştir. Bu durum parçalanmış DNA’ların UV ışık altında yüksek absorbanans vermesinden kaynaklanmaktadır (Musto vd. 2014). KCl’ün ekstrakte edilen DNA konsantrasyonunu artırdığı söylenebilir, ancak, istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemektedir ($p>0.05$).

Çizelge 4.22 Kuru etlerden ekstrakte edilen DNA’ların konsantrasyonu saflık ve kirlilik oranları*

Gruplar	DNA konsantrasyonu (ng/μL)	260/280	230/280
Kontrol	17.5±8.02	1.82±0.07	0.65±0.39 ^b
TK	25.3±1.6	1.62±0.08	0.23±0.03 ^b
MK	28.4±4.08	1.65±0.12	0.26±0.06 ^b
TK+MK	27.63±6.74	1.68±0.05	0.27±0.03 ^b
NaCl+TK	22.53±6.33	1.82±0.04	0.46±0.11 ^{ab}
NaCl+MK	23.83±7.21	1.72±0.14	0.61±0.33 ^b
NaCl+TK+MK	25.1±5.9	1.71±0.11	0.34±0.07 ^{ab}
NaCl/KCl+TK	37.46±10.47	1.86±0.03	0.53±0.15 ^{ab}
NaCl/KCl+MK	35.63±15.73	1.76±0.15	0.66±0.37 ^{ab}
NaCl/KCl+TK+MK	42.93±14.26	1.87±0.11	1.23±0.47 ^a

* Ortalama ± standart hata

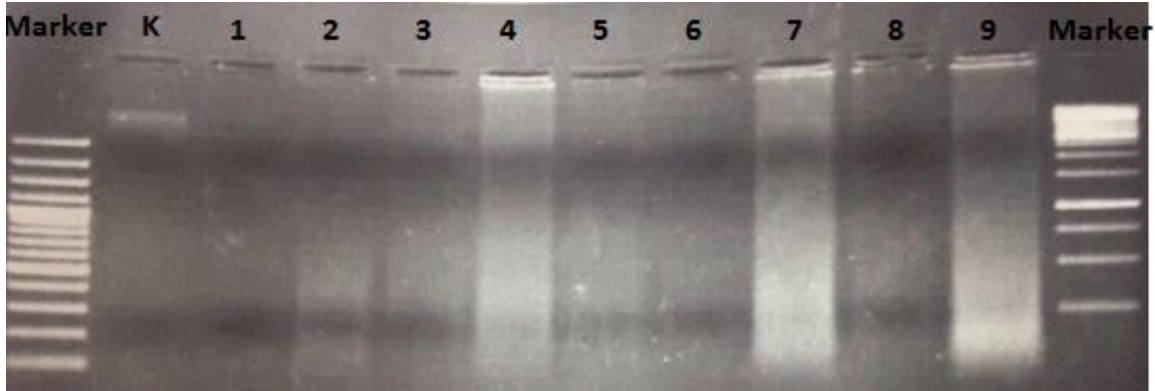
^{a-b}: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan grup ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Farklı yöntemlerle kurutulan etlerden ekstrakte edilen DNA’ların agaroz jel elektroforez görüntüleri şekil 4.21’de görülmektedir. Jel görüntüsü incelendiğinde, yalnızca hammaddeye ait (K) taze et örneğinde yaklaşık 1kb’de bant görülmüştür. Bunun dışında net bant görülememektedir. Bu da ileri derecede bir DNA degradasyonuna işaret etmektedir. Benzer şekilde, Sakalar vd. (2012) farklı sıcaklık ve farklı sürelerde pişirme

ve kaynatmanın sığır, domuz ve tavuk etlerinin DNA'ya etkisini belirlemek için PCR uygulamışlar, etlerden ekstrakte edilen DNA'ların agaroz jel elektroforez görüntüsünde yalnızca taze etlerden ekstrakte edilen DNA'ların belirgin bir banda sahip olduğunu, pişirilen etlerden ekstrakte edilen DNA'ların ise ısı etkisiyle degrade olduğunu bildirmişlerdir.

Tuzlandıktan sonra TK uygulanan gruplarda (Şekil 4.21'de 4, 7 ve 9 nolu örnekler) süprüntü şeklinde bantlar belirmiştir. Bu durum tuzlama işlemi ile DNA degradasyonunun önlenemediğinin bir göstergesi olabilir. MK uygulaması ile silik de olsa bant görülmemiştir. Ancak, tuzlama sonrası TK uygulaması ile parlak alanlar belirmiştir. Bu durum TK ile DNA bütünlüğünün MK'ya göre daha iyi korunduğunu göstermektedir.

Musto vd. (2014) farklı sürelerde (2.5, 5, 7.5 ve 10 dk) mikrodalga ile pişirilen sığır etlerinden ekstrakte edilen DNA'nın kalitesini incelemişler, pişirme süresi arttıkça DNA'daki degradasyonun arttığını, 2.5 dk mikrodalga uygulamasının bile DNA'ya zarar verdiğini bildirmişlerdir.

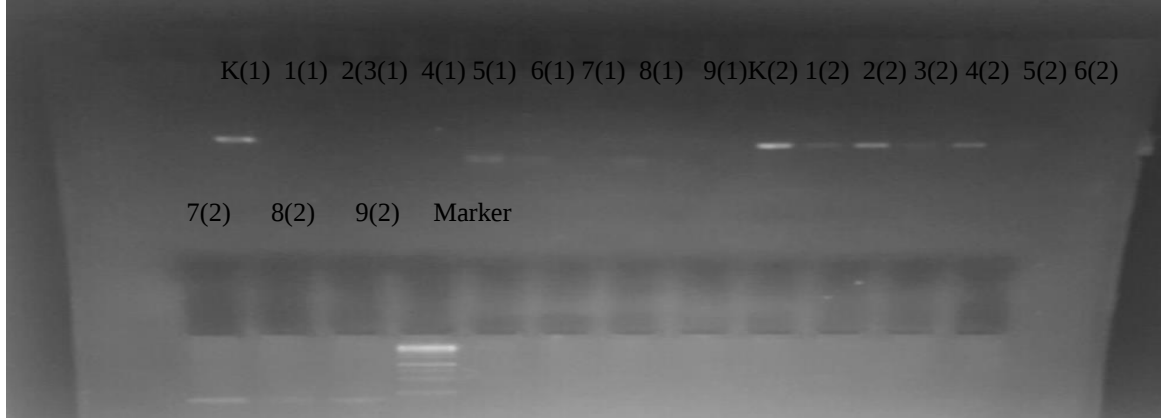


Şekil 4.21 DNA izolasyonuna ait jel görüntüsü

*K:kontrol, 1:TK, 2: MK, 3: TK+MK, 4: NaCl+TK, 5:NaCl+MK, 6:NaCl+TK+MK, 7:NaCl/KCl+TK, 8:NaCl/KCl+MK, 9:NaCl/KCl+TK+MK

PCR denemesinde kullanılan kalıp DNA örnekleri için öncelikle farklı bağlanma sıcaklıkları (T_m -63, 64 ve 65 °C) ve $MgCl_2$ konsantrasyonları (1.0 mM, 1.5 mM ve 2.0 mM) ile optimizasyon denemesi gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon denemesine göre 63

°C T_m sıcaklığı (bağlanma sıcaklığı) olarak, 2.0 mM MgCl₂ konsantrasyonu en uygun konsantrasyon olarak belirlenmiştir. Yöntem kısmında detayları verilen PCR koşullarında gerçekleştirilen denemeye ait sonuçlar şekil 4.22’de verilmiştir. Şekil 4.22’de sadece kısa ampikon (173 bp) için tasarlanmış olan CYTB FF ve CYTB RR primer setleri için bazı DNA örneklerinde bant tespit edilmiştir. Uzun ampikonlar için tasarlanan primer setlerine ait PCR sonucunda DNA bantlarının gözlemlenmeyişinin uzun kurutma sürelerine bağlı olarak DNA’larda gerçekleşen degradasyondan kaynaklandığı söylenebilir. Etlerde uzun kurutma süreleri sonucunda DNA zincirlerinin kırıldığını gösteren çalışmalar mevcuttur (Aslan vd. 2009, Musto 2011, López-Andreo vd. 2012, Musto vd. 2014). İşlem görmüş et örneklerinden elde edilen DNA’ların degrade oldukları göz önüne alındığında kısa ampikonların yakalanma şansı artmaktadır. Bununla birlikte, kontrol örneğinde (taze et) hem kısa ampikon hem de uzun ampikon üretimi için tasarlanan her iki primer seti ile gerçekleştirilen PCR denemesinde bant gözlenmiştir. Herhangi bir işlemde geçmemiş taze et örneğinden elde edilen bu sonuç, kontrol örneğinde DNA’nın hasar görmemiş olmasının bir kanıtıdır. Ayrıca, uzun ampikonlar ile gerçekleştirilen PCR denemesinde tuzlanmış gruplarda silik de olsa bant gözlenmiştir. Bu durumun tuzun DNA zincirlerindeki kırılmayı engellemesinden kaynaklandığı söylenebilir. Kısa ampikona ait PCR sonuçları incelendiğinde ise hemen hemen tüm gruplarda belirgin şekilde bantlar gözlemlenmiştir. Kısa ampikona ait DNA’larda bant gözlenmesinin temel sebebi ısı işlem sonucu DNA’ların degrade olarak kısa zincirlere parçalanmasıdır.



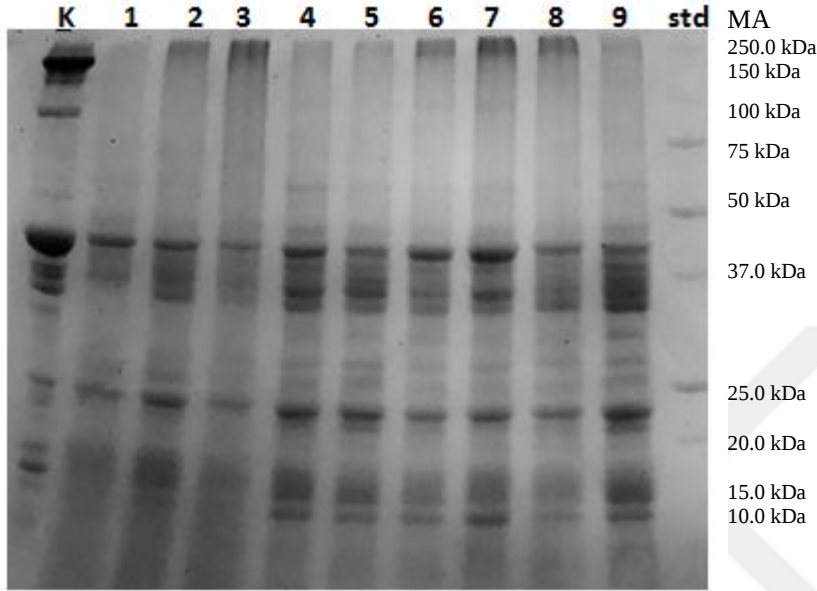
Şekil 4.22 PCR örneklerine ait jel görüntüsü

*K:kontrol 1:TK, 2: MK, 3: TK+MK, 4: NaCl+TK, 5:NaCl+MK, 6:NaCl+TK+MK, 7:NaCl/KCl+TK, 8:NaCl/KCl+MK, 9:NaCl/KCl+TK+MK. **Jelde Kontrol örneği ile birlikte 9 et örneğine ait PCR görüntüleri bulunmaktadır. Örnekler için (1) kodlu olan kuyular 1. Primer seti ile (CYTB F ve CYTB R) (2) ile kodlu olanlar ise 2. Primer setine (CYTB FF ve CYTB RR) aittir

4.11 Sodyum Dodesil Sülfat Elektrophorez (SDS-PAGE) ile Protein Profilinin Belirlenmesi

Tuzlama ve kurutma işlemlerinin miyofibrillar proteinler üzerine etkisini belirlemek için SDS-PAGE analizi yapılmıştır. Sarkoplazmik proteinlerin konsantrasyonları çok düşük olduğu için jel elektrophorezinde görüntü alınamamıştır. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan etlerin miyofibrillar proteinlerine ait SDS-PAGE jel görüntüsü şekil 4.23’de sunulmuştur. Genel olarak uygulanan kurutma yöntemlerinin SDS-PAGE protein profilini etkilediği görülmektedir. Taze etten ekstrakte edilen proteinleri temsil eden K satırı temel olarak 250, 150, 100, 50, 37, 20 ve 10 kDa molekül ağırlığındaki proteinlerden oluşmaktadır. Taze etin (K) ve 9 farklı şekilde kurutulan kuru etlerden elde edilen miyofibrillar proteinlerinin SDS-PAGE görüntülerine göre uygulanan tüm kurutma işlemlerinin miyosin ağır zincirini (250 kDa) parçaladığı görülmektedir. K satırında 150 kDa’da görülen bant degrade miyosini göstermekte ve uygulanan işlemlerden ve miyosin hafif zincirinden bağımsız olarak oluşmaktadır (Deng vd. 2014). 150 kDa molekül ağırlığındaki protein bandı yalnız kontrol grubunda görülürken, 150 kDa’un altında diğer gruplarda belirsiz ince bantlar gözlenmiştir. Bu bantların miyosin kalın filamentinin parçalanması ile oluşan peptitlere ait olduğu düşünülmektedir. Benzer bulgular Chabbouh vd. (2011) tarafından da bildirilmiş, kuru kütleme işlemi sırasında proteinlerin parçalanması ile birlikte küçük molekül ağırlığındaki peptitlerin oluştuğu

belirtilmiştir. Bunun yanında, genel olarak TK ile kurutma işlemi ile MK ile kurutmaya göre daha yoğun protein bantları oluşmuştur, bu da TK'nın protein bütünlüğünü daha iyi koruduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 4.23 Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan 9 grup etin miyofibrilar proteinleri için SDS-PAGE analiz görüntüleri

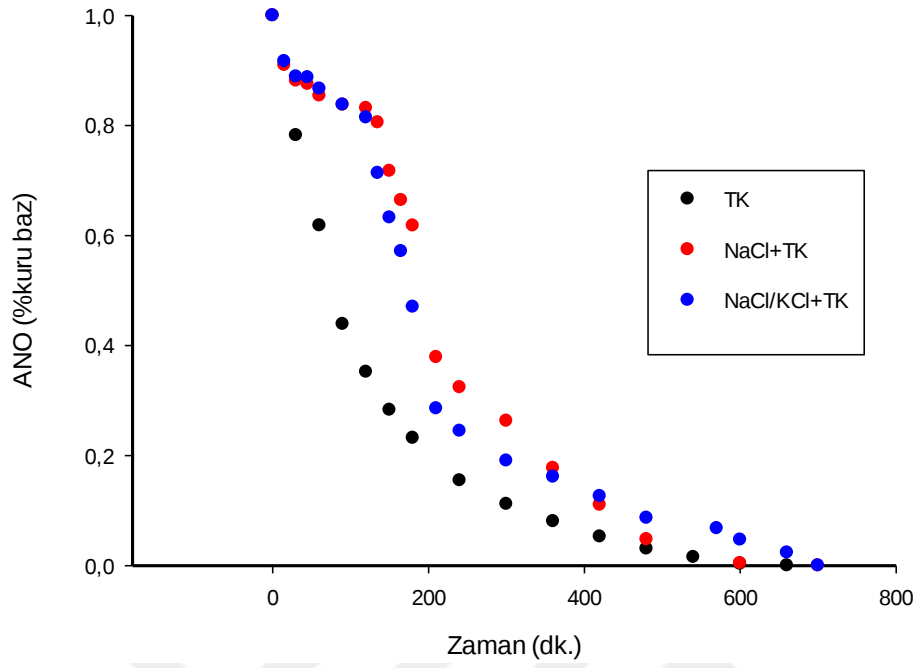
K: taze et, 1:TK, 2: MK, 3: TK+MK, 4: NaCl+TK, 5:NaCl+MK, 6:NaCl+TK+MK, 7:NaCl/KCl+TK, 8:NaCl/KCl+MK, 9:NaCl/KCl+TK+MK. Std: bovine serum albümin standardı, MA: molekül ağırlığı

Tuzlandıktan sonra kurutulan gruplar incelendiğinde NaCl ile tuzlanan gruplara göre NaCl/KCl kombinasyonu ile tuzlandıktan sonra TK ile kurutulan grupların bant yoğunlukları özellikle 40kDa moleküler aralığında yoğunlaşmıştır. Benzer sonuçlar Armenteros vd. (2009) tarafından yapılan NaCl ve KCl ile kuru kürlenmiş et filetolarının biyokimyasal özelliklerinin belirlendiği çalışmada da bulunmuştur. KCl ile tuzlanarak kurutulan etlerin % 100 NaCl ile tuzlanan etlere göre miyofibrilar bant yoğunluklarının 25 ve 37 kDa aralığında daha fazla olduğu görülmüştür. Bu durum KCl miktarının artması ile katepsin B ve B+L aktivitesinin artmasıyla ilişkilendirilmiştir. Bunun yanında, tuzlama sonrası kurutulan gruplarda 20-10 kDa aralığında bant oluşumu açıkça görülürken, sadece TK ve MK ile kurutulan gruplarda bu aralıkta protein bantlarına rastlanılmamıştır. Tuzlama işleminin bu aralıktaki düşük moleküler ağırlıktaki peptitleri ve serbest aminoasitleri koruduğu söylenebilir. Benzer şekilde,

Candogan vd. (2009) fermente sosislerde kürlenme sonrası kurutma işleminin düşük moleköl ağırlıktaki peptitleri ve serbest aminoasitlerin SDS-PAGE görüntüsünde belirsiz bantlara yol açtığını belirtmiştir. Taze ette ise (K) bu aralıktaki bant silik olarak görölmektedir. Tüm bu sonuçlar değeriendirildiğinde uygulanan kurutma yöntemi, tuzlama işleml ve KCl tuzunun protein miktarı ve kalitesi üzerine etkisi olduğu söylenebilir.

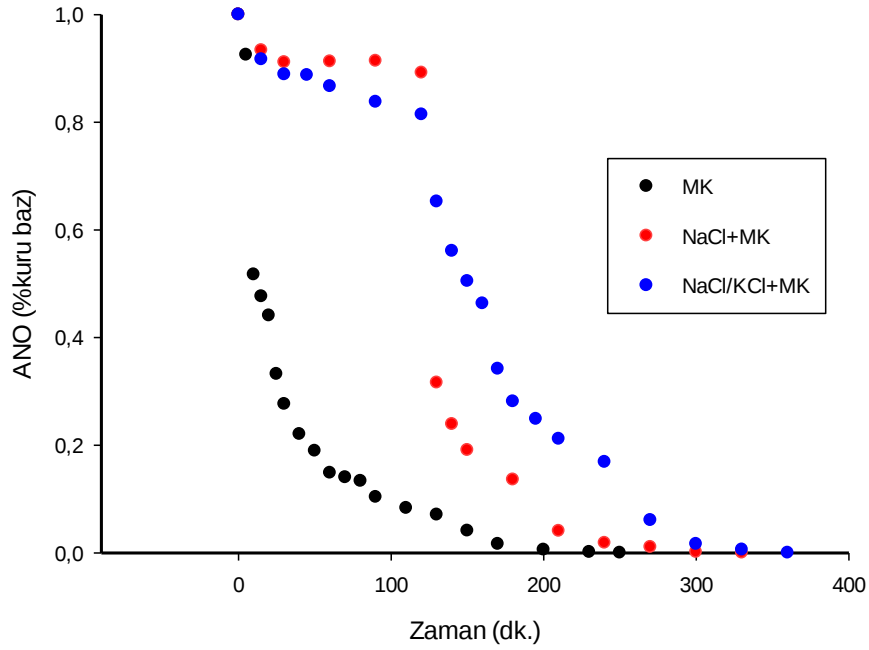
4.12 Kurutma Eğrilerinin Matematiksel Modellenmesi

Farklı yöntemlerle kurutulan etlerin kurutma eğrileri (zamana karşı ayrılabilir nem oranı-ANO grafiğı) şekil 4.24-4.26'da verilmiştir. Tüm kurutma tekniklerinde ANO üstel olarak düşüş göstermiştir. Bu sonuç diğeri kurutma teknikleri ve farklı et materyalleri kullanılan diğeri çalışmalar ile de uyumluluk göstermektedir (Başlar vd. 2014, Guan vd. 2013, Hii vd. 2014, Kituu vd. 2010, Laopoolkit ve Suwannaporn 2011, Lombardi-Boccia vd. 2002). Tuzlama ön işleml uygulanmadan kurutulan etlerde ANO zamanla hızlı bir düşüş göstermiş ve bu düşüş hızı kurutmanın son aşamalarında azalmıştır. MK ile kurutulan etlerde düşüş hızı TK'ya göre daha yüksek olmuştur. Tuzlama ön işleml toplamda 120 dakika sürmüştür.



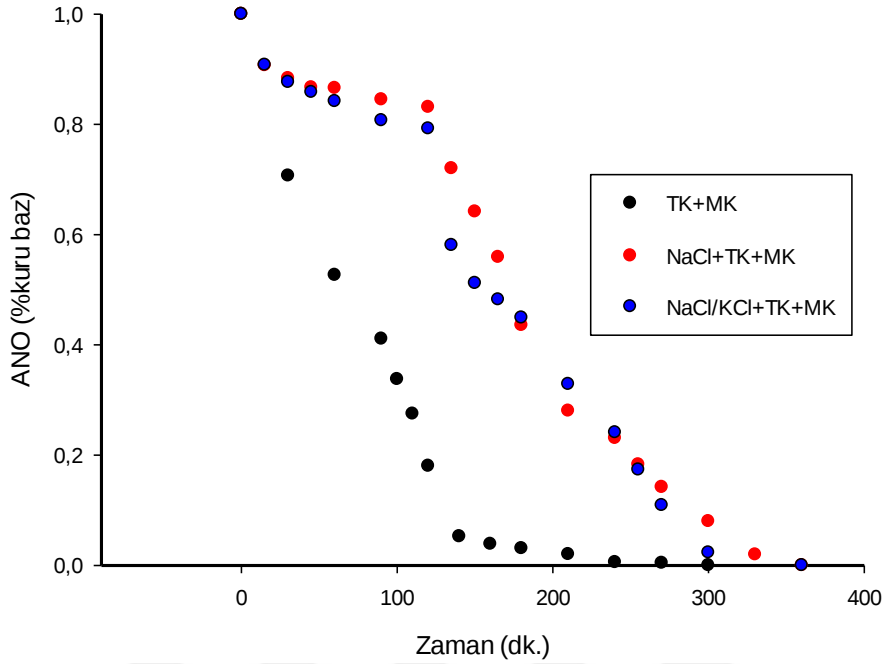
Şekil 4.24 Tepsili kurutucu ile kurutulan etlerin kurutma eğrileri

*ANO: Ayrılabilir nem oranı



Şekil 4.25 Mikrodalga ile kurutulan etlerin kurutma eğrileri

*ANO: Ayrılabilir nem oranı



Şekil 4.26 Tepsili kurutucu ve mikrodalga ile kurutulan etlerin kurutma eğrileri

*ANO: Ayrılabilir nem oranı

Tuzlamanın son aşamalarında ANO azalış hızı oldukça yavaşlamıştır. Bu durum et yüzeyi ile tuzun ozmotik dengeye ulaşmasından kaynaklanmaktadır. NaCl ve NaCl/KCl ile tuzlama arasında ANO düşüş hızı açısından herhangi bir farklılık görülmemiştir. Tuzlama sonrası uygulanan MK ile birlikte ANO'daki düşüş hızı yalnızca MK uygulanan gruba göre daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni ise daha önceki bölümlerde anlatıldığı gibi tuzun suyu bağlaması sonucu elektromanyetik alandaki etkileşimi azaltması ve kurumayı yavaşlatmasıdır. TK için ANO'daki düşüş hızı tuzlama ön işlemi ile birlikte değişmemiştir, doğrunun eğimine bakıldığında tuzlama sonrası aynı oranda bir düşüş olduğu görülmüştür. Tuzlama sonrası kurutma baz alındığında uygulanan ön tuzlama işleminin kuruma oranı açısından TK'da bir değişikliğe sebep olmadığı, ANO'yu değiştirmedeği söylenebilir.

Uygulanan farklı tekniklerin kurutma sürelerini değiştirdiği görülmektedir. TK ile etler 660 dk.'da kururken, MK ile kuruma süresi 250 dk.'ya düşmüştür (Çizelge 4.23). Yaklaşık 90 dk. uygulanan TK sonrası uygulanan MK ile toplam kuruma süresi 300 dk.'ya çıkmıştır.

Çizelge 4.23 Farklı kurutma yöntemleri uygulanan etlerin kuruma süreleri ve difüzyon katsayıları

Gruplar	D_{eff}	Kuruma süreleri (dk.)
TK	1.33×10^{-8}	660
MK	3.88×10^{-8}	250
TK+MK	3.57×10^{-8}	300
NaCl+TK	1.25×10^{-8}	700
NaCl+MK	3.33×10^{-8}	360
NaCl+TK+MK	1.54×10^{-8}	360
NaCl/KCl+TK	8.92×10^{-9}	700
NaCl/KCl+MK	2.17×10^{-8}	360
NaCl/KCl+TK+MK	1.49×10^{-8}	360

En kısa kuruma süresi MK ile sağlanırken, en uzun kuruma süresi tuzlama sonrası TK uygulanan etlerde görülmüştür. TK bir ön işlem olarak düşünüldüğünde, sonrasında uygulanan MK'nın kuruma süresini kısalttığı görülmektedir. Tuzlanmış grupların kuruma süreleri TK için 700 dk.'ya, MK için 360 dk.'ya çıkmıştır. Toplam kuruma süreleri baz alındığında tuzlama işleminin süreyi uzattığı görülmektedir. Buna rağmen tuzlama kurutma için bir ön işlem olarak düşünüldüğünde, TK süresini 80 dk kısaltmış olduğu da bir gerçektir. MK için ise tuzlama ön işlemi sonrası kuruma süresi değişmemiştir. Kuru tuzlanmış dilimlenmiş domuz etlerinde kızgın buharla kurutma esnasında tuzun nem difüzyonunu engelleyerek kuruma süresini arttırdığı belirtilmiştir (Sa-Adchom vd. 2011b, Swasdisevi vd. 2006).

Kurumayı sağlayan temel faktör difüzyon yoluyla yüzeyden su uzaklaşmasıdır. Kurutmanın ilk aşamalarında gerçekleşen hızlı kuruma oranının sebebi yüzeyden su difüzyonunun kolay olmasıdır. Kurumanın sonraki aşamalarında difüzyon yavaşlamaktadır. Bunun sebebi ise materyal boyunca nem transferinin zorlaşmasıdır (Baslar vd. 2015). Farklı kurutma yöntemleri difüzyon katsayılarında değişime neden olmuştur (Şekil 4.23) TK ile D_{eff} 1.33×10^{-8} iken, MK ile artmış ve 3.88×10^{-8} değerine ulaşmıştır. TK sonrası MK uygulaması ile D_{eff} 3.57×10^{-8} olmuştur. TK ön işlemi difüzyon katsayısını etkilememiştir. NaCl ile tuzlama ön işlemi sonrası TK ve MK ile

D_{eff} sırasıyla 1.25×10^{-8} ve 3.33×10^{-8} olmuştur. NaCl/KCl ile tuzlama sonrası uygulanan TK ve MK ile ise sırasıyla 0.89×10^{-8} ve 2.17×10^{-8} olmuştur. KCl ile D_{eff} az bir miktar düşüş göstermiştir.

Etlerin kurutulması boyunca elde edilen deneysel verilerle kuruma süresi ANOVA'ya karşı grafiğe aktarılmış ve elde edilen eğrilerin 8 farklı ince tabaka kurutma modeli ile uyumluluğu test edilmiştir. Çizelge 4.24'de hesaplanan model parametreleri ve modelin doğruluğunu test eden R^2 , χ^2 ve RMSE değerleri 9 farklı kurutma tekniği için yer almaktadır. En yüksek R^2 ve en düşük χ^2 ve RMSE değerlerine sahip modeller deneysel verilerle en uyumlu modeller olarak kabul edilmektedir. Modellerin R^2 değerleri 0.99-0.85 aralığında değerler almıştır. R^2 değerinin 1'e yakın olması hesaplanan modelin deneysel verileri başarılı bir şekilde tanımladığını göstermektedir (Başlar vd. 2014). Tüm kurutma teknikleri için en yüksek R^2 değerleri "Page" ve "Midilli" model ile elde edilmiştir (R^2 : 0.95-0.99). Bunun anlamı "Page" ve "Midilli" modeller ile deneysel veriler başarılı bir şekilde tahmin edilebilmektedir.

Tüm modeller en iyi tahmini, TK ile kurutulan etlerin kurutma eğrisi için yapmıştır. Bunun sebebi TK ile elde edilen kurutma eğrisinin zamana bağlı olarak gösterdiği eğimin muntazam bir azalma göstermiş olmasıdır. Tuzlanmış gruplarda hesaplanan tahminlerin ise en düşük doğrulukta oldukları gözlenmiştir. MK ile oluşan ani sıcaklık artışları ve hızlı kuruma oranı, kısa sürelerde hızlı bir kuruma sağlaması gibi sebeplerden dolayı kurutma eğrilerini kullanılan modeller biraz daha düşük bir doğrulukla tahmin etmiş, buna rağmen R^2 değeri tüm modeller için 0.95'in üzerinde hesaplanmıştır. Tuzlanmış gruplarda ise tüm kurutma işlemi, tuzlama aşaması ve sonrasında uygulanan TK ve MK aşamaları olmak üzere bir bütün olarak değerlendirilmiş ve tüm kurutma işlemi ile elde edilen eğri modellenmiştir. Bu durum tuzlama aşamasında oluşan yavaş kuruma oranı ve sonrasındaki kurutma işlemlerinin sebep olduğu hızlı kuruma oranından kaynaklı R^2 değerinin düşüşüne (0.85-0.98) sebep olmuştur.

Çizelge 4.24 Kurutma eğrilerinin hesaplanan model parametreleri ve istatistiki analiz sonuçları

Model	Parametre	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lewis	k	0.008±0.0002	0.04±0.002	0.01±0.007	0.003±0.003	0.007±0.0005	0.007±0.0005	0.004±0.0003	0.005±0.0005	0.005±0.0005
	RMSE	0.0163	0.04±0.002	0.0017	0.0398	0.0281	0.0212	0.004	0.0106	0.0177
	R ²	0.99±0.02	0.97±0.06	0.97±0.05	0.90±0.1	0.91±0.09	0.95±0.06	0.94±0.09	0.85±0.13	0.88±0.12
	χ ²	0.0016	0.0011	0.0017	0.0158	0.0422	0.0208	0.0137	0.0285	0.0149
Page	k	0.01±0.001	0.003±0.002	0.01±0.0009	5.02x10 ⁻⁵ ±4.26x10 ⁻⁵	0.002±0.002	0.0001±0.0001	0.0001±0.0001	1.94x10 ⁻⁶ ±2.25x10 ⁻⁶	2.93x10 ⁻⁵ ±2.75x10 ⁻⁵
	n	0.9358±0.02	1.3±0.1	1.03±0.04	1.78±0.16	1.21±0.16	1.63±0.15	1.63±0.15	2.54±0.22	1.98±0.18
	RMSE	0.0001	0.0016	0.0335	0.0291	0.0032	0.008	0.051	0.0164	0.0162
	R ²	0.99±0.015	0.98±0.04	0.97±0.05	0.97±0.06	0.92±0.009	-0.97±0.06	0.97±0.06	0.97±0.05	0.97±0.06
Handerson ve Pablis	χ ²	6.72x10 ⁻⁵	0.0001	0.0006	0.0040	0.0060	0.0026	0.0048	0.0084	0.0039
	a	0.99±0.02	0.96±0.04	1.03±0.04	1.07±0.05	0.98±0.06	1.08±0.04	1.08±0.05	1.13±0.07	1.08±0.06
	k	0.008±0.0002	0.04±0.006	0.01±0.0009	0.004±0.0004	0.007±0.0007	0.004±0.0004	0.004±0.0004	0.006±0.0007	0.005±0.0006
	RMSE	1.5910 ⁻⁵	0.0062	0.0062	0.0122	0.0465	0.0414	0.0474	0.0505	0.0339
Logaritmik	R ²	0.99±0.02	0.95±0.06	0.97±0.05	0.92±0.1	0.91±0.09	0.94±0.08	0.94±0.08	0.87±0.13	0.89±0.11
	χ ²	0.0005	0.0014	0.0018	0.0138	0.0471	0.0213	0.0126	0.0305	0.0151
	a	0.98±0.01	0.96±0.05	1.0312	1.4±0.2	1.65±0.46	1.2±0.07	1.17±0.07	2.72±1.57	1.5±64.87
	k	0.0086±0.0003	0.05±0.004	0.01±0.001	0.002±0.0007	0.003±0.001	0.003±0.0007	0.004±0.0007	0.002±0.001	0.0002±0.001
İkinci terim	e	0.01±0.008	0.05±0.02	-0.0079	-0.36±0.22	-0.73±0.48	-0.11±0.08	-0.11±0.08	-1.66±1.6	-13.99±64.9
	RMSE	0.0006	1.92x10 ⁻⁵	4.85x10 ⁻⁵	0.027	1.57x10 ⁻⁵	1.89x10 ⁻⁵	4.6x10 ⁻⁵	4.72x10 ⁻⁵	5.35x10 ⁻⁵
	R ²	0.99±0.02	0.98±0.04	0.98±0.04	0.94±0.08	0.95±0.07	0.95±0.08	0.95±0.08	0.97±0.06	0.97±0.06
	χ ²	5.7210 ⁻⁵	0.0007	0.0022	0.0097	0.0349	0.0092	0.0119	0.0255	0.0109
İkinci terimli	a	0.9±0.09	1.15±0.06	1.15±0.06	1.11±0.17	0.97±0.15	1.11±0.13	1.11±0.13	1.19±0.19	1.13±0.17
	k ₀	0.03±0.3	0.01±.4	0.01±0.03	0.004±1.65	0.007±1.2	0.004±0.003	0.005±1.29	0.006±1.76	0.005±1.56
	b	0.09±0.05	-0.15±0.03	-0.15±0.03	-0.11±0.09	0.02±0.09	-0.11±0.08	-0.11±0.08	-0.19±0.11	-0.13±.11
	k ₁	569±0.00	0.0125	1±0.00	846194±0.00	96497±0.00	694723±0.00	532787±0.00	57675±0.00	57675±0.00
İkinci terimli	RMSE	0.0004	0.0008	0.0062	0.0325	0.0465	0.0414	0.0474	0.0505	0.0339
	R ²	0.95±0.02	0.96±0.05	0.97±0.05	0.92±0.11	0.91±0.1	0.95±0.08	0.95±0.08	0.88±0.13	0.90±0.12
	χ ²	4.58x10 ⁻⁵	0.0003	0.0028	0.0194	0.0942	0.0356	0.0162	0.0509	0.0252
	a	0.55±.5	0.69±0.1	0.62±0.04	0.39±0.15	0.53±2.02	0.4±0.5	0.39±0.05	1.19±0.19	0.42±2.5
Wang ve Singh	k	0.01±0.004	0.07±0.01	0.01±0.0003	0.003±0.002	0.007±4133	0.004±1539	0.004±1539	0.005±4702	0.005±4702
	k ₀	0.01±0.01	0.02±0.01	0.02±0.04	0.009±9.08	0.01±6.9	0.01±9.47	0.01±1409	-0.19±0.11	0.01±1.94
	RMSE	0.0218	0.0012	0.0017	0.0187	0.062	0.0382	0.0465	0.0387	0.0177
	R ²	0.99±0.01	0.97±0.04	0.97±0.05	0.91±0.11	0.91±0.09	0.94±0.09	0.94±0.09	0.88±0.13	0.88±0.12
Muthu	χ ²	0.0058	0.0001	0.0023	0.0114	0.039	0.0139	0.0132	0.0273	0.0224
	a	-0.004±0.0003	-0.01±0.001	-0.008±0.0002	-0.003±0.0002	-0.004±0.0003	-0.003±0.0002	-0.003±0.0002	-0.004±0.0004	-0.003±0.0003
	b	5.19x10 ⁻⁶ ±5.8x10 ⁻⁷	4.7x10 ⁻⁵ ±7.1x10 ⁻⁶	1.82x10 ⁻⁵ ±9.9x10 ⁻⁷	1.88x10 ⁻⁷ ±3.4x10 ⁻⁷	5.57x10 ⁻⁵ ±1.16x10 ⁻⁶	2.66x10 ⁻⁶ ±3.04 ⁻⁷	2.66x10 ⁻⁶ ±1.37x10 ⁻⁶	1.44x10 ⁻⁶ ±1.44x10 ⁻⁶	7.22x10 ⁻⁶ ±1.07x10 ⁻⁶
	RMSE	0.0218	0.0394	0.0225	0.0173	0.0612	0.0356	0.0494	0.0436	0.0328
Muthu	R ²	0.94±0.11	0.47±0.2	0.98±0.03	0.95±0.08	0.94±0.07	-0.95±0.07	0.96±0.07	0.93±0.09	0.96±0.06
	χ ²	0.0058	0.0202	0.0047	0.0097	0.0291	0.0082	0.0214	0.0096	0.0094
	a	1.01±0.01	1.04±0.05	0.97±0.04	0.93±0.03	0.99±0.07	0.94±0.03	0.94±0.03	0.94±0.02	0.92±0.02
	k	0.01±0.002	0.09±0.03	0.003±0.002	5.89x10 ⁻⁵ ±8.22x10 ⁻⁶	0.04±0.06	6.28x10 ⁻⁵ ±3.93x10 ⁻⁵	6.28x10 ⁻⁵ ±9.13x10 ⁻⁶	1.97x10 ⁻⁵ ±2.2x10 ⁻⁷	5.56x10 ⁻⁶ ±7.56x10 ⁻⁶
Muthu	b	3.5x10 ⁻⁷ ±1.7x10 ⁻⁵	7.38x10 ⁻⁷ ±0.0001	6.36x10 ⁻⁵ ±0.0001	3.52x10 ⁻⁷ ±5.54x10 ⁻⁵	-0.002±0.0008	9.64x10 ⁻⁵ ±3.93x10 ⁻⁵	9.64x10 ⁻⁵ ±3.93x10 ⁻⁵	5.26x10 ⁻⁵ ±8.66x10 ⁻⁵	-0.002±0.0002
	n	0.93±0.04	0.75±0.08	1.29±0.16	2.17±0.25	0.42±0.36	2.22±0.27	2.23±0.27	2.97±0.21	2.25±0.26
	RMSE	0.0001	0.0012	0.0022	0.0135	2.51x10 ⁻⁵	0.0011	0.0036	0.0011	0.0011
	R ²	0.99±0.02	0.96±0.05	0.98±0.04	0.98±0.05	0.95±0.07	-0.98±0.05	0.98±0.05	0.98±0.05	0.98±0.04
Muthu	χ ²	0.0001	0.0003	0.0001	0.0035	0.05242	0.0029	0.0041	0.0357	0.0051

*1:TK, 2: MK, 3: TK+MK, 4: NaCl+TK, 5:NaCl+MK, 6:NaCl+TK+MK, 7:NaCl/KCl+TK, 8:NaCl/KCl+MK, 9:NaCl/KCl+TK+MK

Modellerin doğruluğunu tespit etmek için hesaplanan istatistiki parametreler olan χ^2 ve RMSE değerleri de elde edilen deneysel veriler ile tahmin edilen model değerleri arasındaki farkı ortaya koymaktadır. Bu bağlamda bu değerlerin 0'a yakın olması modellerin deneysel veriler ile iyi bir uyum sağladığını göstermesi açısından önemlidir.

Genel olarak en düşük χ^2 ve RMSE değerleri “Page” model ile elde edilmiştir. Tüm kurutma teknikleri için test edilen modellerin en düşük χ^2 ve RMSE değerleri TK için sonrasında ise MK için elde edilmiştir. Bu da TK ile daha muntazam bir nem değişimi olduğu anlamına gelmektedir. Tuzlama olmadan kurutulan etler için χ^2 ve RMSE değerleri tüm modeller için daha düşük çıkmıştır. Tuzlama uygulanan gruplarda ise bu parametreler en yüksek değerleri almışlardır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında et ve et ürünleri için farklı kurutma yöntemleri araştırılmış, bunların avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiş ve yeni bir kurutma teknolojisi geliştirilmesi amacıyla mikrodalga kurutma yöntemi birçok açıdan ele alınmıştır. Endüstrinin halen et kurutma için en yaygın kullandığı teknik olan tepsili kurutma yöntemi ile mikrodalga kurutma karşılaştırılmıştır. Bunun yanında, etlerin saklanmasında etkili bir işlem olan ve pastırma, sucuk, jerky vb. geleneksel kuru kürlenmiş et ürünleri üretiminde önemli bir basamağı oluşturan tuzlama işlemi, bu çalışmada kurutulan etlere bir ön işlem olarak uygulanmıştır.

Günümüzde artık sağlık açısından düşük Na içerikli gıdalara yönelim sebebiyle tuzlama işlemi NaCl'ün % 50 oranında KCl ile ikame edilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Hem NaCl hem NaCl/KCl karışımlarıyla ön işleme tabi tutulan etler mikrodalga ve tepsili kurutma ve bu iki yöntemin kombinasyonu ile kurutulmuştur. Bahsedilen tüm bu kurutma yöntemleri ile elde edilen etlerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir. Bunun yanında, kurutulan etlerden ekstrakte edilen proteinler ile SDS-PAGE analizi yapılarak bahsedilen kurutma yöntemlerinin protein bütünlüğüne etkisi irdelenmiştir. Daha önce etlerin mikrodalga ile kurutulması sonucunda et yapısındaki spesifik gen dizilerinin nasıl etkileneceği ile ilgili bir veri mevcut değildir. Bu tez çalışması ile birlikte bu konuda literatüre önemli bir katkı sağlanmıştır.

Tepsili kurutma yöntemi uzun süre yüksek ısı işlem gerektirmesi sebebiyle zaman ve ekonomik açıdan olumsuz yönlere sahiptir. Bu bakımdan mikrodalga kurutma, kuruma süresini önemli ölçüde kısaltması açısından zaman kazancı sağlamaktadır. Mikrodalga ile hacimsel bir ısınma sağlandığı için kuruma süresi azalarak harcanan enerji minimize edilmektedir. Mikrodalga işleminin hızlı olması sebebiyle ürünün bazı kalite karakteristikleri daha iyi korunmuştur. Enstrümental renk değerleri incelendiğinde, aynı oranda kuruma sağlandığı noktada, MK ile oluşan renk değişimi TK ile oluşan renk değişiminden daha düşük seviyelerdedir. Aslında denge nem içeriğine kadar kurutulduğunda kuru etlerin renk değerleri arasında önemli bir fark görülmezken, kuru et ürünü bazında değerlendirme yapıldığında daha yüksek nem değerlerinde MK ve TK

arasında önemli bir fark ortaya çıkmaktadır. Tuzlanmış gruplarda ise kuruma boyunca sarılık değeri önemli ölçüde artarak görsel açıdan kırmızılık değerini baskılamıştır. Tuzlanan grupların enstrümental renk değerleri açısından uygulanan TK ve MK işlemleri arasında önemli bir fark görülmemiştir.

Su aktivitesi düşüş hızı açısından en etkili yöntemin MK olduğu görülmektedir. Tuzlama su aktivitesi düşüş hızını TK uygulanan gruplar için kısaltmıştır. MK öncesi uygulanan tuzlama işlemi yapıdaki suyu bağlayarak suyun elektromanyetik alandaki hareketini kısıtlamak suretiyle kuruma hızını yavaşlatmıştır.

En önemli tekstürel parametre olan sertlik değeri hem kuru etler için hem de rehidre edilen etler için MK uygulamasında artan ısı işlem sıcaklığının etkisi ile artmıştır. TK ile 80 °C sıcaklıkta kuruma sağlanırken, MK uygulanan gruplarda 95 °C'ye kadar çıkmaktadır. Artan sıcaklık proteinler arasındaki çapraz bağlanmayı ve denatürasyon oranını artırarak daha sert bir yapıya sebep olmuştur.

Uygulanan kurutma yöntemleri kuru etlerin en önemli fiziksel kalite parametrelerinden biri olan ve etlerin tüketimi sırasında yapısına tekrar suyu geri alabilme özelliği olarak tanımlanan rehidrasyon oranını etkilemiştir. MK ile rehidrasyon oranı TK'ya göre düşmüştür. Rehidrasyon oranının yapısal bozulmayla doğru orantılı olduğu bilinmektedir. TK ile kuruma süresi daha uzun olduğundan MK'ya göre daha uzun süreler ısıya maruz kalmıştır. Bu da yapısal kırılmaları arttırmıştır. Yapıda oluşan bu boşluklar suyun ete nüfus etmesini kolaylaştırmaktadır. Kuru etler için bir diğer fiziksel parametre olan büzülme oranı ise uygulanan kurutma tekniklerinden etkilenmemiştir. Tüm etler denge nem içeriğine kadar kurutulduğu için hacimsel büzülmeleri aynı oranda olmuştur. Çünkü büzülme yapıdaki su ile doğrudan ilişkilidir.

Mikrodalga uygulaması materyalin dielektrik özellikleri ile yakından ilişkilidir. MK ile dielektrik kayıp faktörü TK'ya göre hızla düşüş göstermiştir. Bu durum MK ile yapıdan suyun hızla uzaklaşmasından kaynaklanmaktadır. Tuzlama işlemi ile artan iyonik iletkenlikten dolayı dielektrik kayıp faktörü tuzlama boyunca artmıştır. MK ve TK

aşamasında ise artık yapıdan uzaklaşmaya başlayan fazla miktarda suyun etkisiyle dielektrik kayıp faktörü azalmıştır. Kullanılan NaCl ve KCl tuzlarının dielektrik özellikleri etkilemediği söylenebilir.

Et ve et ürünlerini zenginleştiren en önemli besinsel öğelerden biri de sahip olduğu hem yapısındaki demirdir. Hem-demir içeriği uygulanan kurutma yöntemlerinden etkilenmiş olup TK ile MK'ya göre önemli ölçüde azalmıştır. MK ile uygulanan ısı işlem süresi kısaldığı için hem-demir içeriği TK'ya göre daha iyi korunmuştur. Tuzlama işlemi TK uygulama süresini kısalttığı için hem-demir içeriğini yalnızca TK uygulanan gruba göre arttırmıştır. MK'da ise tuzlama hem-demir içeriği açısından bir değişime sebep olmamıştır.

Olası taşışlarda tür tespiti açısından uygulanan teknolojik işlemlerin DNA yapısına zarar vermemesi, o türe ait spesifik gen dizilerinin tespitini engellememesi oldukça önemlidir. MK uygulaması ile DNA bütünlüğü TK'ya göre daha fazla bozulmuştur. Ancak, tuzlama işlemi sonrası DNA kısa zincirlerinin korunduğu görülmektedir. SDS-PAGE protein analizi sonuçlarına göre de tuzlama işleminin protein bütünlüğünü koruduğu söylenebilir. Ayrıca NaCl/KCl karışımı ile tuzlanan gruplarda protein bantlarının daha yoğun görüntü verdiği görülmektedir. Bu da KCl ile NaCl'in ikame edilmesi açısından önemli bir sonuçtur.

Dünyanın her yerinde araştırmacılar matematiksel modellemeye yönelerek geliştirdikleri teknolojilerin tahmin edilebilirliğini test etmektedirler. Uygulanan tüm kurutma işlemleri boyunca elde edilen zamana bağlı ANOVA değişim verileri kullanılarak 8 farklı ince tabaka kurutma modelinin uyumluluğu test edilmiş ve "Page" ve "Midilli" modellerin kurutma eğrilerini tanımlayan en uygun modeller olduğu tespit edilmiştir.

Kurutma et teknolojisi açısından oldukça önemli bir prosestir. Ekonomik sebepler ve gıda güvenliği açısından yeni teknolojilerin geliştirilmesi, üzerinde durulan önemli bir konudur. Bu tez çalışmasından elde edilen bulgular mikrodalga ile kurutma yöntemi diğer kuru kürlenmiş et ürünlerinin kurutulması için yapılacak çalışmalara öncü olacak

niteliktedir. Özellikle KCl ile tuzlama işleminin etlerin kalite özelliklerini koruması yanında protein ve DNA bütünlüğünü etkili bir şekilde koruması gelecekte yapılacak çalışmalar için ümit verici niteliktedir.



KAYNAKLAR

- Agustinelli, S.P., Menchon, D., Agueeria, D., Sanzano, P. and Yeannes, M. I. 2014. Osmotic Dehydration Dynamic of Common Carp (*Cyprinus carpio*) Fillets Using Binary and Ternary Solutions. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 23(2), 115-128.
- Akpınar, E.K. 2006. Determination of suitable thin layer drying curve model for some vegetables and fruits. *Journal of Food Engineering*, 73(1), 75-84.
- Alhamid, M.I., Yulianto, M. and Nasruddin, M. 2012. Development of a Compact Freeze Vacuum Drying for Jelly Fish (*Scyphomedusae*). 4th International Meeting of Advances in Thermofluids (Imat 2011), Pt 1 and 2, 1440, 1246-1256.
- Alves, O. 2002. Combined innovative heat pump drying technologies and new cold extrusion techniques for production of instant foods. *Drying Technology*, 20(8), 1541-1557.
- Amaral, J.S., Santos, C.G., Melo, V.S., Oliveira, M. and Mafra, I. 2014. Authentication of a traditional game meat sausage (Alheira) by species-specific PCR assays to detect hare, rabbit, red deer, pork and cow meats. *Food Research International*, 60, 140-145.
- Amiryousefi, M.R., Mohebbi, M. and Khodaiyan, F. 2012. Kinetics of Mass Transfer in Microwave Precooked and Deep-Fat Fried Ostrich Meat Plates. *Food and Bioprocess Technology*, 5(3), 939-946.
- Amiryousefi, M.R., Mohebbi, M. and Khodaiyan, F. 2014. Applying an intelligent model and sensitivity analysis to inspect mass transfer kinetics, shrinkage and crust color changes of deep-fat fried ostrich meat cubes. *Meat Science*, 96(1), 172-178.
- Anglemier, A.F. and Montgomery, M.W. 1976. Amino acids, peptides, and proteins, In: *Principles of Food Science. Part I. Food Chemistry*. Fennema, O.R (eds.), Marcel Dekker Inc, 808, New York.
- Anonim. 2005. Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. Başak Matbaacılık and Tanıtım 358, Ankara.
- Anonim. 2017a. Web sitesi: <http://tuikapp.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>, Erişim Tarihi: 18.05.2017.
- Anonim. 2017b. Web sitesi: <http://tuikapp.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>, Erişim Tarihi: 18.05.2017.
- Anonim. 2017c. Web sitesi: <https://tr.m.wikipedia.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci5tLndpa2lwZWVpYS5vcmcvd2lraS9FbGVrdHJvbWVudWV0aWtfdGF5Zg>, Erişim Tarihi:03.08.2017

- Anonim. 2017d. Web sitesi: <https://tr.m.wikipedia.org/index.php?q=aHR0cHM6Ly90ci5tLndpa2lwZWRpYS5vcmcvd2lraS9EYWxnYV9ib3l1>, Erişim Tarihi: 03.08.2017.
- Anonymous. 1990. Official Methods of Analysis of Association of Official Chemists AOAC Inc., 672, Arlington, VA.
- Anonymous. 1996. Merck manual. Merck KGaA, Darmstadt, Deutschland.
- Anonymous. 2001. Web sitesi: <http://www.fao.org/docrep/meeting/003/y0119e.htm>, Erişim Tarihi: 04.08.2017
- Anonymous. 2015b. Web sitesi: http://missionscience.nasa.gov/ems/TourOfEMS_Booklet_Web.pdf, Erişim Tarihi: 12.09.2015.
- Anonymous. 2015c. Web sitesi: http://www.who.int/pehemf/publications/facts/info_microwaves/en/, Erişim Tarihi: 22.10.2015.
- Anonymous. 2016. Web sitesi: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2016-en, Erişim Tarihi: 15.08.2017
- Anonymous. 2017a. Web sitesi: http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf, Erişim Tarihi: 04.08.2017
- Anonymous. 2017b. Web sitesi: [http://ffden2.phys.uaf.edu/104_spring2004.web.dir/arts_mcnulty/howmicrowaveovenswork.htm](http://ffden2.phys.uaf.edu/104_spring2004/web.dir/arts_mcnulty/howmicrowaveovenswork.htm), Erişim Tarihi: 03.08.2017.
- Antara, N.S., Sujaya, I.N., Yokota, A., Asano, K., Aryanta, W. R. and Tomita, F. 2002. Identification and succession of lactic acid bacteria during fermentation of 'urutan', a Balinese indigenous fermented sausage. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 18(3), 255-262.
- Antonios, T.F.T. and MacGregor, G.A. 1997. Scientific basis for reducing the salt (sodium) content in food products, In: Production and processing of healthy meat, poultry and fish products. Pearson, A.M. and Dutson, T.R. (eds.), Blackie Academic & Professional, 84-100, London.
- Araszkiewicz, M., Koziol, A., Lupinska, A. and Lupinski, M. 2007. IR technique for studies of microwave assisted drying. Drying Technology, 25(4-6), 569-574.
- Argyropoulos, D., Heindl, A. and Mueller, J. 2011. Assessment of convection, hot-air combined with microwave-vacuum and freeze-drying methods for mushrooms with regard to product quality. International Journal of Food Science and Technology, 46(2), 333-342.
- Armenteros, M., Aristoy, M.C., Barat, J. M. and Toldra, F. 2009. Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl. Food Chemistry, 117(4), 627-633.

- Aslan, Ö., Hamill, R.M., Sweeney, T., Reardon, W. and Mullen, A.M. 2009. Integrity of nuclear genomic deoxyribonucleic acid in cooked meat: Implications for food traceability, . J. Anim. Sci., 87, 57-61.
- Ayanwale, B.A., Ocheme, O.B. and Oloyede, O.O. 2007. The Effect of Sun-Drying and Oven-Drying on the Nutritive Value of Meat Pieces in Hot Humid Environment. Pakistan Journal of Nutrition, 6(4), 370-374.
- Babic, J., Cantalejo, M. J. and Arroqui, C. 2009. The effects of freeze-drying process parameters on Broiler chicken breast meat. Lwt-Food Science and Technology, 42(8), 1325-1334.
- Bak, K. H., Lindahl, G., Karlsson, A.H., Lloret, E., Gou, P., Arnau, J. and Orlie, V. 2013. The effect of high pressure and residual oxygen on the color stability of minced cured restructured ham at different levels of drying, pH, and NaCl. Meat Science, 95(2), 433-443.
- Bampi, M., Domschke, N.N., Schmidt, F.C. and Laurindo, J. B. 2016. Influence of vacuum application, acid addition and partial replacement of NaCl by KCl on the mass transfer during salting of beef cuts. Lwt-Food Science and Technology, 74, 26-33.
- Banga, J.R., Pan, Z. and Singh, R.P. 2001. On the optimal control of contact-cooking processes. Food and Bioproducts Processing, 79(C3), 145-151.
- Barat, J.M., Baigts, D., Alino, M., Fernandez, F.J. and Perez-Garcia, V.M. 2011. Kinetics studies during NaCl and KCl pork meat brining. Journal of Food Engineering, 106(1), 102-110.
- Barbosa-Cañovas, G.V., Gongora-Nieto, M., Pothakamury, U.R. and Swanson, B.G. 1999. Preservation of Foods with Pulsed Electric Fields. Academic Press, USA.
- Barbut, S. and Mittal, G.S. 1989. Effects of salt reduction on the rheological and gelation properties of beef, pork and poultry meat batters. Meat Science, 26(3), 177-191.
- Barutcu, I., Sahin, S. and Sumnu, G. 2009. Acrylamide formation in different batter formulations during microwave frying. Lwt-Food Science and Technology, 42(1), 17-22.
- Basak, T. and Rao, B.S. 2011. Role of ceramic composites and microwave pulsing on efficient microwave processing of pork meat samples. Food Research International, 44(9), 2679-2697.
- Baslar, M., Kilicli, M. and Yalinkilic, B. 2015. Dehydration kinetics of salmon and trout fillets using ultrasonic vacuum drying as a novel technique. Ultrasonics Sonochemistry, 27, 495-502.
- Başlar, M., Kılıçlı, M., Toker, Ö.S., Sağdıç, O. and Arıcı, M. 2014. Ultrasonic Vacuum Drying Technique as a Novel Process for Shortening the Drying Period for Beef

- and Chicken Meats. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26, 182-190.
- Bauer, T., Weller, P., Hammes, W.P. and Hertel, C. 2003. The effect of processing parameters on DNA degradation in food. *Europ Food Res Technol*, 217, 338-343, .
- Bell, C., Neaves, P. and Williams, A. 2005. Conventional microbiological methods II: Microbiological examination of samples, In: *Food Microbiology and Laboratory Practice*. Liu, D. (eds.), Blackwell Science Ltd., 212-238, Oxford.
- Berry, J. and Houston, K. 1995. *Mathematical Modelling*. Elsevier, Oxford.
- Biesalski, H. K. 2005. Meat as a component of a healthy diet - are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet? *Meat Science*, 70(3), 509-524.
- Bilecka, I. ve Niederberger, M. 2010. Microwave chemistry for inorganic nanomaterials synthesis. *Nanoscale*, 2(8), 1358-1374.
- Bohm, V., Kuhnert, S., Rohm, K. and Scholze, G. 2006. Improving the nutritional quality of microwave-vacuum dried strawberries: A preliminary study. *Food Science and Technology International*, 12(1), 67-75.
- Boss, E.A., Filho, R.M. and de Toledo, E.C.V. 2004. Freeze drying process: real time model and optimization. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 43(12), 1475-1485.
- Bruce, D. M. 1985. Exposed-layer barley drying - 3 models fitted to new data up to 150 degrees C. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 32(4), 337-348.
- Brunton, N.P., Lyng, J.G., Li, W.Q., Cronin, D A., Morgan, D. and McKenna, B. 2005. Effect of radio frequency (RF) heating on the texture, colour and sensory properties of a comminuted pork meat product. *Food Research International*, 38(3), 337-344.
- Buchowski, M.S., Mahoney, A.W., Carpenter, C.E. and Cornforth, D. P. 1988. Heating and the distribution of total and heme iron between meat and broth *Journal of Food Science*, 53(1), 43-45.
- Byrne, B., Lyng, J.G., Dunne, G. and Bolton, D.J. 2010. Radio frequency heating of comminuted meats - Considerations in relation to microbial challenge studies. *Food Control*, 21(2), 125-131.
- Calay, R.K., Newborough, M., Probert, D. and Calay, P.S. 1994. Predictive equations for the dielectric properties of foods. *International Journal of Food Science and Technology*, 29(6), 699-713.
- Candogan, K., Wardlaw, F.B. and Acton, J.C. 2009. Effect of starter culture on proteolytic changes during processing of fermented beef sausages. *Food Chemistry*, 116(3), 731-737.

- Cantalejo, M.J., Zouaghi, F. and Perez-Arnedo, I. 2016. Combined effects of ozone and freeze-drying on the shelf-life of Broiler chicken meat. *Lwt-Food Science and Technology*, 68, 400-407.
- Carcel, J.A., Benedito, J., Bon, J. and Mulet, A. 2007. High intensity ultrasound effects on meat brining. *Meat Science*, 76(4), 611-619.
- Cárcel, J.A., Garcia-Perez, J.V., Benedito, J. and Mulet, A. 2012. Food process innovation through new technologies: Use of ultrasound. *Journal of Food Engineering*, 110(2), 200-207.
- Carpenter, C.E. and Clark, E. 1995. Evaluation of methods used in meat iron analysis and iron content of raw and cooked meats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(7), 1824-1827.
- Carrejo, D. and Marshall, J. 2007. What is mathematical modelling? Exploring prospective teachers' use of experiments to connect mathematics to the study of motion. *Mathematics Education Research Journal*, 19(1), 45-76.
- Cepeda, J.F., Weller, C.L., Negahban, M., Subbiah, J. and Thippareddi, H. 2013. Heat and Mass Transfer Modeling for Microbial Food Safety Applications in the Meat Industry: A Review. *Food Engineering Reviews*, 5(2), 57-76.
- Chabbouh, M., Hajji, W., Hadj, A., Ben, S., Farhat, A., Bellagha, S. and Sahli, A. 2011. Combined Effects of Osmotic Dehydration and Convective Air Drying on Kaddid Meats: Kinetics and Quality. *Drying Technology*, 29(13), 1571-1579.
- Chabbouh, M., Sahli, A. and Bellagha, S. 2013. Does the spicing step affect the quality and drying behaviour of traditional kaddid, a Tunisian cured meat? *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(14), 3634-3641.
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S. ve Basak, T. 2013. Microwave food processing—A review. *Food Research International*, 52(1), 243-261.
- Chen, Q., Anders, S. and An, H. 2013. Measuring consumer resistance to a new food technology: A choice experiment in meat packaging. *Food Quality and Preference*, 28(2), 419-428.
- Chenlo, F., Moreira, R., Pereira, G. and Ampudia, A. 2002. Viscosities of aqueous solutions of sucrose and sodium chloride of interest in osmotic dehydration processes. *Journal of Food Engineering*, 54(4), 347-352.
- Chenoll, C., Heredia, A., Segui, L. and Fito, P. 2007. Application of the systematic approach to food engineering systems (SAFES) methodology to the salting and drying of a meat product: Tasajo. *Journal of Food Engineering*, 83(2), 258-266.
- Chiralt, A. and Fito, P. 2003. Transport mechanisms in osmotic dehydration: The role of the structure. *Food Science and Technology International*, 9(3), 179-186.

- Chong, C.H., Law, C.L., Cloke, M., Hii, C.L., Abdullah, L.C. and Daud, W.R.W. 2008. Drying kinetics and product quality of dried Chempedak. *Journal of Food Engineering*, 88(4), 522-527.
- Chou, S.K. and Chua, K.J. 2001. New hybrid drying technologies for heat sensitive foodstuffs. *Trends in Food Science & Technology*, 12(10), 359-369.
- Clark, E.M., Mahoney, A.W. and Carpenter, C.E. 1997. Heme and Total Iron in Ready-to-Eat Chicken†. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(1), 124-126.
- Claussen, I.C., Ustad, T.S., Strommen, I. and Waide, P.M. 2007. Atmospheric freeze drying - A review. *Drying Technology*, 25(4-6), 947-957.
- Clemente, G., Bon, J., Sanjuan, N. and Mulet, A. 2011. Drying modelling of defrosted pork meat under forced convection conditions. *Meat Sci*, 88(3), 374-378.
- Clemente, G., Bon, J., Sanjuán, N. and Mulet, A. 2009. Determination of Shrinkage Function for Pork Meat Drying. *Drying Technology*, 27(1), 143-148.
- Crank, J. 1975. *The mathematics of diffusion*. Clarendon Press, Oxford.
- Cross, A.J., Harnly, J.M., Ferrucci, L.M., Risch, A., Mayne, S.T. and Sinha, R. 2012. Developing a heme iron database for meats according to meat type, cooking method and doneness level. *Food Nutr Sci.*, 3(7), 905-913.
- Cumhur, O., Seker, M. and Sadikoglu, H. 2016. Freeze drying of turkey breast meat: Mathematical modeling and estimation of transport parameters. *Drying Technology*, 34(5), 584-594.
- Cutter, C.N., Senevirathne, R.N., Chang, V.P., Cutaia, R. B., Fabrizio, K.A., Geiger, A. M., Yoder, S. F. 2012. Major microbiological hazards associated with packaged fresh and processed meat and poultry, In: *Advances in meat, poultry and seafood packaging*. Kerry, J.P. (eds.), Woodhead Publishing, 49-104, Cambridge.
- Çakmak, H. ve Tavman, Ş. 2011. Radyo Frekans Sistemi ve Gıda Sanayiindeki Uygulamalar. *Gıda*, 36(5), 365-372.
- Delgado, A.E. and Sun, D.W. 2001. Heat and mass transfer models for predicting freezing processes - a review. *Journal of Food Engineering*, 47(3), 157-174.
- Deng, Y., Luo, Y., Wang, Y., Yue, J., Liu, Z., Zhong, Y., Yang, H. 2014. Drying-induced protein and microstructure damages of squid fillets affected moisture distribution and rehydration ability during rehydration. *Journal of Food Engineering*, 123, 23-31.
- Dev, S.R.S. and Raghavan, V.G.S. 2012. Advancements in Drying Techniques for Food, Fiber, and Fuel. *Drying Technology*, 30(11-12), 1147-1159.
- Devres, O. ve Pala, M. 1993. Gıda Sanayiinde Matematiksel Modellemenin Önemi ve Uygulama Alanları. *Gıda*, 18(3), 173-181.

- Diamante, L.M. ve Munro, P.A. 1991. Mathematical modeling of hot air drying of sweet potato slices *International Journal of Food Science and Technology*, 26(1), 99-109.
- Dimakopoulou-Papazoglou, D. and Katsanidis, E. 2016. Mass transfer kinetics during osmotic processing of beef meat using ternary solutions. *Food and Bioprocess Processing*, 100, 560-569.
- Domínguez, R., Borrajo, P. and Lorenzo, J. M. 2015. The effect of cooking methods on nutritional value of foal meat. *Journal of Food Composition and Analysis*, 43, 61-67.
- Domínguez, R., Gómez, M., Fonseca, S. and Lorenzo, J. M. 2014. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Science*, 97(2), 223-230.
- Douiri-Bedoui, I., Abdellaoui, H., Alexa, R., Jacolot, P., Druon, C., Tessier, F. J. and Laguerre, J.-C. 2011. Optimization of microwave cooking of courgette in terms of nutrient preservation and energy consumption, In: 11th International Congress on Engineering and Food, 805-813.
- Doymaz, I. 2005. Sun drying of figs: an experimental study. *Journal of Food Engineering*, 71(4), 403-407.
- Duran, G., Condori, M. and Aliobelli, F. 2015. Simulation of a passive solar dryer to charqui production using temperature and pressure networks. *Solar Energy*, 119, 310-318.
- Earle, R.L. 1983. Heat-Transfer Theory, In: *Unit Operations in Food Processing* (Second Edition). Earle, R. L. (eds.), Pergamon, 46-63, Amsterdam.
- Erbay, Z. and Icier, F. 2010. Thin layer drying behaviours of olive leaves (*Olea Europaea* L.). *Journal of Food Process Engineering*, 33(2), 287-308.
- Ercoskun, H. and Özkal, S. G. 2011. Kinetics of traditional Turkish sausage quality aspects during fermentation. *Food Control*, 22(2), 165-172.
- Espita, F.D. 2006. Validation of texas beef jerky processing. (MSc), Texas A&M University Texas, USA.
- Fakolade, P.O. and Omojola, A.B. 2008. Proximate composition, pH value and microbiological evaluation of 'Kundi' (dried meat) product from beef and camel meat. , Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development Conference Organizer, Book, Germany.
- Farag, K.W., Duggan, E., Morgan, D.J., Cronin, D.A. and Lyng, J.G. 2009. A comparison of conventional and radio frequency defrosting of lean beef meats: Effects on water binding characteristics. *Meat Science*, 83(2), 278-284.

- Farhadian, A., Jinap, S., Hanifah, H. N. and Zaidul, I. S. 2011. Effects of meat preheating and wrapping on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in charcoal-grilled meat. *Food Chemistry*, 124(1), 141-146.
- 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.
- Felton, J.S., Fultz, E., Dolbeare, F.A. and Knize, M.G. 1994. Effect of microwave pretreatment on heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties. *Food and Chemical Toxicology*, 32(10), 897-903.
- Feng, H., Yin, Y. and Tang, J. 2012. Microwave Drying of Food and Agricultural Materials: Basics and Heat and Mass Transfer Modeling. *Food Engineering Reviews*, 4(2), 89-106.
- Fernandes, F.A.N. and Rodrigues, S. 2007. Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering*, 82(2), 261-267.
- Filipovic, V., Loncar, B., Nicetin, M., Knezevic, V., Filipovic, I. and Pezo, L. 2014. Modeling counter-current osmotic dehydration process of pork meat in molasses. *Journal of Food Process Engineering*, 37(5), 533-542.
- Forrest, J.C., Aberle, E.D., Hedrick, H.B., Judge, M.D. and Merkel, R. A. 1975. *Principles of meat science*. Freeman and Company, San Francisco.
- Fuller, G.T. 2011. Improving the Functional Properties of Dried Meat Proteins. Yüksek lisans tezi, North Carolina State University Raleigh, Food Science, 69, North Carolina.
- Geankoplis, C.J. 1972. *Mass Transport Phenomena*. Holt, Rinehart and Winston.
- Ghafoor, M., Misra, N.N., Mahadevan, K. and Tiwari, B.K. 2014. Ultrasound assisted hydration of navy beans (*Phaseolus vulgaris*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 21(1), 409-414.
- Giri, S.K. and Prasad, S. 2007. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 512-521.
- Goli, T., Bohuon, P., Ricci, J., Trystram, G. and Collignan, A. 2011. Mass transfer dynamics during the acidic marination of turkey meat. *Journal of Food Engineering*, 104(1), 161-168.
- Goran, G.V., Tudoreanu, L., Rotaru, E. and Crivineanu, V. 2016. Comparative study of mineral composition of beef steak and pork chops depending on the thermal preparation method. *Meat Science*, 118, 117-121.
- Guan, Z., Wang, X., Li, M. and Jiang, X. 2013. Mathematical Modeling on Hot Air Drying of Thin Layer Fresh Tilapia Fillets. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 63(1), 25-33.

- Guan, Z., Wang, X., Li, M. and Jiang, X. 2014. Selection and construction of a mathematical model for heat-pump drying of tilapia fillets, In: *Manufacture Engineering and Environment Engineering*, Ren, P. and Du, Z. (eds.), WIT Press, 39-46. UK.
- Guizani, N., Al-Shoukri, A.O., Mothershaw, A. and Rahman, M. S. 2008. Effects of salting and drying on shark (*Carcharhinus sorrah*) meat quality characteristics. *Drying Technology*, 26(6), 705-713.
- Gunasekaran, N., Mallikarjunan, P., Eifert, J. and Sumner, S. 2005. Effect of fat content and temperature on dielectric properties of ground beef. *Transactions of the Asae*, 48(2), 673-680.
- Haskaraca, G., Demirok, E., Kolsarıcı, N., Öz, F. and Özşaraç, N. 2014. Effect of green tea extract and microwave pre-cooking on the formation of heterocyclic aromatic amines in fried chicken meat products. *Food Research International*, 63, Part C, 373-381.
- He, Z.B., Zhao, Z.J., Yang, F. and Yi, S. L. 2014. Effect of ultrasound pretreatment on wood prior to vacuum drying. *Maderas-Ciencia Y Tecnologia*, 16(4), 395-402.
- Henderson, S.M. and Pabis, S. 1961. Grain Drying Theory I. Temperature Effect on Drying Coefficient. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 6, 169-174.
- Hii, C.L., Itam, C.E. and Ong, S. P. 2014. Convective Air Drying of Raw and Cooked Chicken Meats. *Drying Technology*, 32(11), 1304-1309.
- Hornsey, H.C. 1956. The colour of cooked cured pork. *J Sci Food Agric*, 7, 534-540.
- Hunt, M.C. 1980. Meat color measurements. Paper presented at the Proceedings of 33rd Annual Reciprocal Meat Conference, Chicago, IL, USA.
- Hur, S.J., Choi, J.S. and Jin, S.K. 2016. Effect of Freeze-Dried Mechanically Deboned Spent Laying Hen Hydrolysates on the Quality Characteristics of Boiled Fish Paste. *Food and Bioprocess Technology*, 9(7), 1169-1176.
- Ip, R.W.L. and Wan, I.C. 2012. The new use of diffusion theories for the design of heat setting process in fabric drying, In: *Advances in Modeling of Fluid Dynamics*. Liu, C. (eds.), InTech, 143-170, Rijeka, Croatia.
- Ishihara, Y., Moreira, R., de Souza, G., Salviano, A. and Madruga, M. 2013. Study of the Warner-Bratzler Shear Force, Sensory Analysis and Sarcomere Length as Indicators of the Tenderness of Sun-Dried Beef. *Molecules*, 18(8), 9432-9440.
- Isleroglu, H. and Kaymak-Ertekin, F. 2016. Modelling of heat and mass transfer during cooking in steam-assisted hybrid oven. *Journal of Food Engineering*, 181, 50-58.
- Jayasena, D.D., Jung, S., Alahakoon, A.U., Nam, K.C., Lee, J.H. and Jo, C. 2015. Bioactive and Taste-related Compounds in Defatted Freeze-dried Chicken Soup

Made from Two Different Chicken Breeds Obtained at Retail. *Journal of Poultry Science*, 52(2), 156-165.

- Jha, S.N., Narsaiah, K., Basediya, A.L., Sharma, R., Jaiswal, P., Kumar, R. and Bhardwaj, R. 2011. Measurement techniques and application of electrical properties for nondestructive quality evaluation of foods-a review. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 48(4), 387-411.
- Jinap, S., Mohd-Mokhtar, M.S., Farhadian, A., Hasnol, N. D. S., Jaafar, S. N. and Hajeb, P. 2013. Effects of varying degrees of doneness on the formation of Heterocyclic Aromatic Amines in chicken and beef satay. *Meat Science*, 94(2), 202-207.
- Kaban, G. 2009. Changes in the composition of volatile compounds and in microbiological and physicochemical parameters during pastirma processing. *Meat Science*, 82(1), 17-23.
- Kara, C. and Doymaz, I. 2015. Effective moisture diffusivity determination and mathematical modelling of drying curves of apple pomace. *Heat and Mass Transfer*, 51(7), 983-989.
- Kaymak-Ertekin, F. 2002. Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers. *Journal of Food Science*, 67(1), 168-175.
- Kesmen, Z., Sahin, F. and Yetim, H. 2007. PCR assay for the identification of animal species in cooked sausages. *Meat Science*, 77(4), 649-653.
- Khoshtaghaza, M. H., Darvishi, H. and Minaei, S. 2015. Effects of microwave - fluidized bed drying on quality, energy consumption and drying kinetics of soybean kernels. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 52(8), 4749-4760.
- Kirmaci, B. and Singh, R. K. 2012. Quality of chicken breast meat cooked in a pilot-scale radio frequency oven. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 14, 77-84.
- Kituu, G.M., Shitanda, D., Kanali, C.L., Mailutha, J.T., Njoroge, C.K., Wainaina, J.K. and Silayo, V.K. 2010. Thin layer drying model for simulating the drying of Tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) in a solar tunnel dryer. *Journal of Food Engineering*, 98(3), 325-331.
- Konak, Ü.İ., Certel, M. and Helhel, S. 2009. Gıda Sanayisinde Mikrodalga Uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(3), 20-21.
- Krokida, M.K. and Marinos-Kouris, D. 2003. Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 57(1), 1-7.
- Kutlu, N., İşçi, A. and Şakıyan, Ö. 2015. Gıdalarda İnce Tabaka Kurutma Modelleri. *Gıda*, 40(1), 39-46.

- Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *nature*, 227(5259), 680-685.
- Laguerre, J.-C., Pascale, G.-W., David, M., Evelyne, O., Lamia, A. A. and Inès, B. A. 2011. The impact of microwave heating of infant formula model on neo-formed contaminant formation, nutrient degradation and spore destruction. *Journal of Food Engineering*, 107(2), 208-213.
- Laopoolkit, P. and Suwannaporn, P. 2011. Effect of pretreatments and vacuum drying on instant dried pork. *Meat Science*, 88, 553-558.
- Laycock, L., Piyasena, P. and Mittal, G. S. 2003. Radio frequency cooking of ground, comminuted and muscle meat products. *Meat Science*, 65(3), 959-965.
- Lemus-Mondaca, R., Noma, S., Igura, N., Shimoda, M. and Perez-Won, M. 2015. Kinetic modeling and mass diffusivities during osmotic treatment of red abalone (*Haliotis Rufescents*) Slices. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1889-1897.
- Lewicki, P.P. 2006. Design of hot air drying for better foods. *Trends in Food Science & Technology*, 17(4), 153-163.
- Lim, D.G., Lee, S.S., Seo, K.S. and Nam, K.C. 2012. Effects of Different Drying Methods on Quality Traits of Hanwoo Beef Jerky from Low-Valued Cuts during Storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 32(5), 531-539.
- Loague, K. and Green, R. E. 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models. Overview and application. *J. Contam, Hydrom*, 29, 75-97.
- Lombardi-Boccia, G., Martinez-Dominguez, B. and Aguzzi, A. 2002. Total heme and non-heme iron in raw and cooked meats. *Journal of Food Science*, 67(5), 1738-1741.
- Lopes, A.F., Alfaia, C.M.M., Partidario, A., Lemos, J. P. C. and Prates, J. A. M. 2015. Influence of household cooking methods on amino acids and minerals of Barrosa-PDO veal. *Meat Science*, 99, 38-43.
- López-Andreo, M., Aldeguez, M., Guillén, I., Gabaldón, J. A. and Puyet, A. 2012. Detection and quantification of meat species by qPCR in heat-processed food containing highly fragmented DNA. *Food Chemistry*, 134, 518-523.
- Luo, R. and Zhou, G. 2008. Mathematical optimization for energy consumption during freeze-drying of cooked beef slice. *Journal of Food Process Engineering*, 31(5), 583-601.
- Lyng, J.G., Cronin, D.A., Brunton, N.P., Li, W.Q. and Gu, X.H. 2007. An examination of factors affecting radio frequency heating of an encased meat emulsion. *Meat Science*, 75(3), 470-479.

- Marra, F., Zhang, L. and Lyng, J.G. 2009. Radio frequency treatment of foods: Review of recent advances. *Journal of Food Engineering*, 91(4), 497-508.
- Martuscelli, M., Lupieri, L., Chaves-Lopez, C., Mastrocola, D. and Pittia, P. 2015. Technological approach to reduce NaCl content of traditional smoked dry-cured hams: effect on quality properties and stability. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 52(12), 7771-7782.
- Maskan, M. 2001a. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 169-175.
- Maskan, M. 2001b. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 177-182.
- Mason, T.J., Riera, E., Vercet, A. and Lopez-Buesa, P. 2005. 13 - Application of Ultrasound, In: *Emerging Technologies for Food Processing*. Da-Wen, S (eds.), Academic Press, 323-351, London.
- Matashige, E. and Akahoshi, R. 2002. Production of dehydrated chicken meat by forced draft microwave drying - (Studies on forced draft microwave drying part III). *Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 49(6), 359-367.
- McKenna, B.M., Lyng, J., Brunton, N. and Shirsat, N. 2006. Advances in radio frequency and ohmic heating of meats. *Journal of Food Engineering*, 77(2), 215-229.
- McMinn, W.A.M. 2006. Thin-layer modelling of the convective, microwave, microwave-convective and microwave-vacuum drying of lactose powder. *Journal of Food Engineering*, 72(2), 113-123.
- McMinn, W.A.M. and Magee, T.R.A. 1997. Physical characteristics of dehydrated potatoes - Part II. *Journal of Food Engineering*, 33(1-2), 49-55.
- McNeill, S. and Van Elswyk, M.E. 2012. Red meat in global nutrition. *Meat Science*, 92(3), 166-173.
- Messina, V., Pieniazek, F. and Sancho, A. 2016. Effect of different freeze drying cycle in Semimembranosus and Gluteus Medius bovine muscles: changes on microstructure, colour, texture and physicochemical parameters. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(5), 1268-1275.
- Midilli, A., Kucuk, H. and Yapar, Z. 2002. A new model for single-layer drying. *Drying Technology*, 20(7), 1503-1513.
- Moses, J. A., Norton, T., Alagusundaram, K. and Tiwari, B. K. 2014. Novel Drying Techniques for the Food Industry. *Food Engineering Reviews*, 6(3), 43-55.

- Mulet, A., Carcel, J.A., Sanjuan, N. and Bon, J. 2003. New food drying technologies - Use of ultrasound. *Food Science and Technology International*, 9(3), 215-221.
- Murthy, J.Y. 2002. *Numerical Methods in Heat, Mass, and Momentum Transfer*. Purdue University, 196, Indiana.
- Musto, M. 2011. DNA Quality and Integrity of Nuclear and Mitochondrial Sequences from Beef Meat as Affected by Different Cooking Methods. *Food Technology and Biotechnology*, 49(4), 523-528.
- Musto, M., Faraone, D., Cellini, F. and Musto, E. 2014. Changes of DNA quality and meat physicochemical properties in bovine supraspinatus muscle during microwave heating. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(4), 785-791.
- Nathakaranakule, A., Kraiwanichkul, W. and Soponronnarit, S. 2007. Comparative study of different combined superheated-steam drying techniques for chicken meat. *Journal of Food Engineering*, 80(4), 1023-1030.
- Nicetin, M.R., Pezo, L.L., Loncar, B.L., Filipovic, V.S., Suput, D.Z., Zlatanovic, S. and Dojcinovic, B.P. 2015. Evaluation of water, sucrose and minerals effective diffusivities during osmotic treatment of pork in sugar beet molasses. *Hemijaska Industrija*, 69(3), 241-251.
- Oberndorfer, C., Pawelzik, E. and Lucke, W. 2000. Prospects for the application of dielectric heating processes in the pre-treatment of oilseeds. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102(7), 487-493.
- Ochoa-Martínez, C.I., Quintero, P.T., Ayala, A.A. and Ortiz, M.J. 2012. Drying characteristics of mango slices using the Refractance Window™ technique. *Journal of Food Engineering*, 109(1), 69-75.
- Ozdemir, M. and Devres, Y.O. 1999. The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering*, 42(4), 225-233.
- Özgen Arun, Ö., Çiftçioğlu, G., Sandıkçı Altunatmaz, S., Atalay, S., Savaşçı, M. and Eken, H. S. 2014. Effect of Processing on PCR Detection of Animal Species in Meat Products. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 20(6), 945-950.
- Pakbin, B., Rezaei, K. and Haghighi, M. 2014. An Introductory Review of Applications of Ultrasound in Food Drying Processes. *J Food Process Technol*, 6(1)
- Palazoglu, T.K., Coskun, Y., Kocadagli, T. ve Gokmen, V. 2012. Effect of Radio Frequency Postdrying of Partially Baked Cookies on Acrylamide Content, Texture, and Color of the Final Product. *Journal of Food Science*, 77(5), E113-E117.
- Pangavhane, D.R., Sawhney, R.L. and Sarsavadia, P.N. 1999. Effect of various dipping pretreatment on drying kinetics of Thompson seedless grapes. *Journal of Food Engineering*, 39(2), 211-216.

- Parolari, G., Aguzzoni, A. and Toscani, T. 2016. Effects of Processing Temperature on Color Properties of Dry-Cured Hams Made without Nitrite. *Foods*, 5(2)
- Pathare, P.B., Opara, U.L. and Al-Said, F.A.J. 2013. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36-60.
- Pearson, A.M. and Gillett, T.A. 1996. *Processed Meat*. (3 ed.). Springer, 448, New York.
- Pérez-Álvarez, A.J. and Fernández-López, J. 2008. Color Characteristics of Meat and Poultry Processing, In: *Handbook of Processed Meats and Poultry Analysis*. Nollet, L.M.L. and Toldra, F. (eds.), CRC Press, 355-373, London.
- Picouet, P.A., Fernandez, A., Serra, X., Sunol, J.J. and Arnau, J. 2007. Microwave heating of cooked pork patties as a function of fat content. *Journal of Food Science*, 72(2), E57-E63.
- Piyasena, P., Dussault, C., Koutchma, T., Ramaswamy, H.S. and Awuah, G.B. 2003. Radio frequency heating of foods: Principles, applications and related properties - A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(6), 587-606.
- Poligne, I., Collignan, A. and Trystram, G. 2002. Effects of salting, drying, cooking, and smoking operations on volatile compound formation and color patterns in pork. *Journal of Food Science*, 67(8), 2976-2986.
- Pronyk, C., Cenkowski, S. and Muir, W. E. 2004. Drying foodstuffs with superheated steam. *Drying Technology*, 22(5), 899-916.
- Purchas, R.W., Rutherfurd, S.M., Pearce, P.D., Vather, R. and Wilkinson, B.H.P. 2004. Cooking temperature effects on the forms of iron and levels of several other compounds in beef semitendinosus muscle. *Meat Science*, 68(2), 201-207.
- Purchas, R.W., Simcock, D.C., Knight, T.W. and Wilkinson, B.H.P. 2003. Variation in the form of iron in beef and lamb meat and losses of iron during cooking and storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 38(7), 827-837.
- Rahman, M.S., Al-Amri, O.S. and Al-Bulushi, I. M. 2002. Pores and physico-chemical characteristics of dried tuna produced by different methods of drying. *Journal of Food Engineering*, 53(4), 301-313.
- Rahman, M.S., Salman, Z., Kadim, I.T., Mothershaw, A., Al-Riziqi, M.H., Guizani, N., Ali, A. 2005. Microbial and Physico-Chemical Characteristics of Dried Meat Processed by Different Methods. *International Journal of Food Engineering*, 1(2), 15.
- Ramya, N.S., Prabhasankar, P., Gowda, L.R., Modi, V.K. and Bhaskar, N. 2015. Influence of Freeze-Dried Shrimp Meat in Pasta Processing Qualities of Indian T. durum Wheat. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 24(6), 582-596.

- Rastogi, N.K., Raghavarao, K., Niranjana, K. and Knorr, D. 2002a. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science & Technology*, 13(2), 48-59.
- Rastogi, N.K., Raghavarao, K. S. M. S., Niranjana, K. and Knorr, D. 2002b. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science & Technology*, 13(2), 48-59.
- Ratti, C. 2001. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 311-319.
- Reis, F.R. 2014. Introduction to Low Pressure Processes, In: *Vacuum Drying for Extending Food Shelf-Life*. Reis, F.R. (eds.), Springer, 1-6, London.
- Ren, G.Y., Zeng, F.L., Duan, X., Liu, L.L., Duan, B., Wang, M.M., Zhu, W.X. 2015. The Effect of Glass Transition Temperature on the Procedure of Microwave-Freeze Drying of Mushrooms (*Agaricus bisporus*). *Drying Technology*, 33(2), 169-175.
- Renerre, M. and Labas, R. 1987. Biochemical factors influencing metmyoglobin formation in beef muscles. *Meat Science*, 19(2), 151-165.
- Rodrigo, D., Sampedro, F., Silva, A., Palop, A. and Martinez, A. 2010. New food processing technologies as a paradigm of safety and quality. *British Food Journal*, 112(5), 467-475.
- Rollin, F., Kennedy, J. and Wills, J. 2011. Consumers and new food technologies. *Trends in Food Science & Technology*, 22(2-3), 99-111.
- Romdhana, H., Bonazzi, C. and Esteban-Decloux, M. 2015. Superheated Steam Drying: An Overview of Pilot and Industrial Dryers with a Focus on Energy Efficiency. *Drying Technology*, 33(10), 1255-1274.
- Ruusunen, M. and Puolanne, E. 2005. Reducing sodium intake from meat products. *Meat Science*, 70(3), 531-541.
- Sa-Adchom, P., Swasdisevi, T., Nathakarakakule, A. and Soponronnarit, S. 2011a. Drying kinetics using superheated steam and quality attributes of dried pork slices for different thickness, seasoning and fibers distribution. *Journal of Food Engineering*, 104(1), 105-113.
- Sa-Adchom, P., Swasdisevi, T., Nathakarakakule, A. and Soponronnarit, S. 2011b. Mathematical model of pork slice drying using superheated steam. *Journal of Food Engineering*, 104(4), 499-507.
- Sablani, S.S., Datta, A.K., Rahman, M.S. and Mujumdar, A.S. 2006. *Handbook of Food and Bioprocess Modeling Techniques*. CRC Press., NW.

- Saengrayap, R., Tansakul, A. and Mittal, G. S. 2015. Effect of far-infrared radiation assisted microwave-vacuum drying on drying characteristics and quality of red chilli. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 52(5), 2610-2621.
- Sagara, Y. 2001. Structural models related to transport properties for the dried layer of food materials undergoing freeze-drying. *Drying Technology*, 19(2), 281-296.
- Sakalar, E., Abasiyanik, M.F., Bektik, E. and Tayyrov, A. 2012. Effect of Heat Processing on DNA Quantification of Meat Species. *Journal of Food Science*, 77(9), N40-N44.
- Sanabria, C., Martin-Alvarez, P.J. and Carrascosa, A. 2004. Colour and moisture changes during the manufacture of Iberian dry-cured ham caused by some biotic and abiotic factors. *Food Science and Technology International*, 10(4), 269-275.
- Scaman, C.H. and Durance, T.D. 2005. Combined Microwave Vacuum-drying, In: *Emerging Technologies for Food Processing*. Da-Wen, S. (eds.), Academic Press, 507-533, London.
- Schiffmann, R.F. 2010. Industrial microwave heating of food: principles and three case studies of its commercialization, In: *Case Studies in Novel Food Processing Technologies*. Christopher D. J., Kenneth, K., Florence, F. E. (eds.), Woodhead Publishing, 407-426, Cambridge.
- Schonfeldt, H.C. and Gibson, N. 2008. Changes in the nutrient quality of meat in an obesity context. *Meat Science*, 80(1), 20-27.
- Seganfredo, D., Rodrigues, S., Kalschne, D.L., Sarmento, C.M.P. and Canan, C. 2016. Partial substitution of sodium chloride in Toscana sausages and the effect on product characteristics. *Semina-Ciencias Agrarias*, 37(3), 1285-1294.
- Seong, P.N., Park, K.M., Kang, G.H., Cho, S.H., Park, B.Y. and Ba, H.V. 2015. The Impact of Ripening Time on Technological Quality Traits, Chemical Change and Sensory Characteristics of Dry-cured Loin. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(5), 677-685.
- Shi, J. and Le Maguer, M. 2002. Osmotic dehydration of foods: Mass transfer and modeling aspects. *Food Reviews International*, 18(4), 305-335.
- Sosa-Morales, M.E., Valerio-Junco, L., López-Malo, A. and García, H.S. 2010. Dielectric properties of foods: Reported data in the 21st Century and their potential applications. *LWT - Food Science and Technology*, 43(8), 1169-1179.
- Souraki, B.A., Andres, A. and Mowla, D. 2009. Mathematical modeling of microwave-assisted inert medium fluidized bed drying of cylindrical carrot samples. *Chemical Engineering and Processing*, 48(1), 296-305.
- Soyer, A., Kolsarıcı, N. ve Candoğan, K. 1999. Tavuk Etlerinin Bazı Kalite Özellikleri ve Besin Öğelerine Geleneksel ve Mikrodalga ile Pifirme Yöntemlerinin Etkisi. *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23, 289-296.

- Speckhahn, A., Srzednicki, G. ve Desai, D.K. 2010. Drying of Beef in Superheated Steam. *Drying Technology*, 28(9), 1072-1082.
- Srikiatden, J. and Roberts, J.S. 2007. Moisture Transfer in Solid Food Materials: A Review of Mechanisms, Models, and Measurements. *International Journal of Food Properties*, 10(4), 739-777.
- Stangle, G.C. and Aksay, I. A. 1990. Simultaneous momentum, heat and mass transfer with chemical reaction in a disordered porous medium application to binder removal from a ceramic green body. *Chemical Engineering Science*, 45(7), 1719-1731.
- Sugimura, T., Wakabayashi, K., Nakagama, H. and Nagao, M. 2004. Heterocyclic amines: Mutagens/carcinogens produced during cooking of meat and fish. *Cancer Science*, 95(4), 290-299.
- Swasdisevi, T., Wongsri, P., Prachayawarakorn, S. and Soponronnarit, S. 2006. Effect salt on pork drying using superheated steam. *The Journal of the Royal Institute of Thailand*, 31(2), 493-507.
- Şakıyan Demirkol , Ö. 2007. Investigation of physical properties of different cake Formulations during baking with microwave and Infrared-microwave combination. *Doktora Tezi*, Middle East Technical University, the graduate school of natural and applied sciences, Food Engineering, 233, Ankara.
- Taher, B.J. and Farid, M.M. 2001. Cyclic microwave thawing of frozen meat: experimental and theoretical investigation. *Chemical Engineering and Processing*, 40(4), 379-389.
- Tang, Z., Mikhaylenko, G., Liu, F., Mah, J.-H., Pandit, R., Younce, F. and Tang, J. 2008. Microwave sterilization of sliced beef in gravy in 7-oz trays. *Journal of Food Engineering*, 89(4), 375-383.
- Thiagarajan, I.V. 2008. Combined microwave - convection drying and textural characteristics of beef jerky. *Yüksek Lisans Tezi*, College of Graduate Studies and Research, University of Saskatchewan, 105, Saskatoon, SK.
- Togrul, I.T. and Pehlivan, D. 2002. Mathematical modelling of solar drying of apricots in thin layers. *Journal of Food Engineering*, 55(3), 209-216.
- Toledo, R.T. 2007. Dehydration, In: *Fundamentals of Food Process Engineering*. Heldman, D.R. (eds.), Springer, 431-473, New York.
- Tong, L., Yu, X. and Liu, H. 2011. Insect food for astronauts: gas exchange in silkworms fed on mulberry and lettuce and the nutritional value of these insects for human consumption during deep space flights. *Bulletin of Entomological Research*, 101(5), 613-622.

- Traffano-Schiffo, M.V., Castro-Giráldez, M., Fito, P.J. and Balaguer, N. 2014. Thermodynamic model of meat drying by infrared thermography. *Journal of Food Engineering*, 128(0), 103-110.
- Tripathy, P.P. 2015. Investigation into solar drying of potato: effect of sample geometry on drying kinetics and CO₂ emissions mitigation. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 52(3), 1383-1393.
- Trujillo, F.J., Wiangkaew, C. and Pham, Q.T. 2007. Drying modeling and water diffusivity in beef meat. *Journal of Food Engineering*, 78(1), 74-85.
- Turhan, S., Ustun, N.S. and Altunkaynak, T.B. 2004. Effect of cooking methods on total and heme iron contents of anchovy (*Engraulis encrasicolus*). *Food Chemistry*, 88(2), 169-172.
- Uengkimbuan, N., Soponronnarit, S., Prachayawarakorn, S. and Nathkaranakule, A. 2006. A comparative study of pork drying using superheated steam and hot air. *Drying Technology*, 24(12), 1665-1672.
- Vadivambal, R. and Jayas, D.S. 2007. Changes in quality of microwave-treated agricultural products - a review. *Biosystems Engineering*, 98(1), 1-16.
- van Deventer, H.C. and Heijmans, R.M.H. 2001. Drying with superheated steam. *Drying Technology*, 19(8), 2033-2045.
- Vega-Mercado, H., Marcela Góngora-Nieto, M. and Barbosa-Cánovas, G. V. 2001. Advances in dehydration of foods. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 271-289.
- Verma, A.K., Banerjee, R. and Sharma, B.D. 2012. Quality of Low Fat Chicken Nuggets: Effect of Sodium Chloride Replacement and Added Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Hull Flour. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 25(2), 291-298.
- Wang, L., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Wang, Y. and Zhu, C. 2013a. Restructured Crispy Fish Cubes Containing *Salicornia bigelovii* Torr. Developed with Microwave Vacuum Drying. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 22(3), 226-240.
- Wang, Y., Zhang, M., Mujumdar, A.S. and Mothibe, K.J. 2013b. Quality Changes of Dehydrated Restructured Fish Product from Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) as Affected by Drying Methods. *Food and Bioprocess Technology*, 6(7), 1664-1680.
- Wang, Y. Q., Zhang, M. and Mujumdar, A.S. 2011. Convective Drying Kinetics and Physical Properties of Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) Fillets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 20(4), 361-378.
- Wang, Z.H. and Shi, M.H. 1997. Effects of heating methods on vacuum freeze drying. *Drying Technology*, 15(5), 1475-1498.

- Wang, Z.H. and Shi, M.H. 1999. Microwave freeze drying characteristics of beef. *Drying Technology*, 17(3), 433-447.
- Weisburger, J.H. 2002. Comments on the history and importance of aromatic and heterocyclic amines in public health. *Mutation Research-Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 506, 9-20.
- Welti-Chanes, J., Vergara-Balderas, F. and Bermudez-Aguirre, D. 2005. Transport phenomena in food engineering: basic concepts and advances. *Journal of Food Engineering*, 67(1-2), 113-128.
- Winger, R., and Wall, G. 2006. Food product innovation, A background paper. Agricultural and food engineering working document. Food and agriculture organisation of the united nations, 1-26, Rome.
- Wray, D. and Ramaswamy, H.S. 2015. Novel Concepts in Microwave Drying of Foods. *Drying Technology*, 33(7), 769-783.
- Yalcin, M.Y. and Seker, M. 2016. Effect of salt and moisture content reduction on physical and microbiological properties of salted, pressed and freeze dried turkey meat. *Lwt-Food Science and Technology*, 68, 153-159.
- Yaldiz, O., Ertekin, C. and Uzun, H. I. 2001. Mathematical modeling of thin layer solar drying of sultana grapes. *Energy*, 26(5), 457-465.
- Young, O.W., Forost, D.A., West, J. and Braggins, T. J. 2001. Analytical Methods, In: *Meat Science and Applications*. Hui, Y.H., Nip, W-K., Rogers, R.W. and Young, O.A. (eds.), Marcel Dekker, inc., 115-138, New York.
- Yu, H., Zuo, C. and Xie, Q. 2015. Parameter optimization for microwave coupled with hot air drying process of hawthorn slices using response-surface methodology. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 8(2), 121-134.
- Zayas, J.F. and Naewbanij, J.O. 1986. The influence of microwave-heating on the textural properties of meat and collagen solubilization. *Journal of Food Processing and Preservation*, 10(3), 203-214.
- Zhang, B., Jin, Y. and Cheng, Y. 2012. Microwave Drying of Tilapia Fillets: Kinetics and Modeling, In: *Advances in Chemical Engineering*, Pts 1-3. Wen, Y. X. And Lei, F. H (eds). Trans tech publications, 1306-1312, Switzerland.
- Zheng, X.Z., Wang, Y.K., Liu, C.H., Sun, J.K., Liu, B.X., Zhang, B.H., Liu, H.J. 2013. Microwave Energy Absorption Behavior of Foamed Berry Puree Under Microwave Drying Conditions. *Drying Technology*, 31(7), 785-794.
- Zhou, G.H. and Zhao, G.M. 2007. Biochemical changes during processing of traditional Jinhua ham. *Meat Science*, 77(1), 114-120.
- Zukál, E. and Incze, K. 2010. Drying, In: *Handbook of Meat Processing*. Toldrá, F. (eds.), Wiley Blackwell, 219-229, USA.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Emine ÇARKCIOGLU
Doğum Yeri : ORDU
Doğum Tarihi : 15.08.1987
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Samsun Milli Piyango Anadolu Lisesi (2001-2005)
Lisans : Gaziosmanpaşa Üniversitesi (2005-2010)
Doktor : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2011-2017)

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl

Adanus Çiğ Köfte-2010
Türkiye İş Kurumu-2010

Yayınlar (SCI)

Çarkcioğlu, E., Rosenthal, A. J. and Candoğan, K. 2016. Rheological and textural properties of sodium reduced salt soluble myofibrillar protein gels containing sodium tri-polyphosphate. Journal of texture studies, DOI: 10.1111/jtxs.12169

A. Şahin, Çarkcioğlu, E., Demirhan, B. and Candoğan, K. 2017. Chitosan edible coating and oxygen scavenger effects on modified atmosphere packaged sliced sucuk. Journal of Food Processing and Preservation. DOI: 10.1111/jfpp.13213

Ulusal Kongre Sunum

Çarkcioğlu, E., Özlük Çilak, G. ve Candoğan, K. 2013. Tavuk Göğüs Eti Ambalajlarında Kitozan Bazlı Yenilebilir Filmden Üretilen Emici Ped Kullanımı, 2. International Poultry Meat Congress, 24-28 Nisan, Antalya, Türkiye (Tam Metin Bildiri).

Çarkcioğlu, E., Efecioğlu, R. Taştan, B., Sarukan, A. ve Aktepe, Y. 2015. Tavuk etinden pastırma aromalı cips üretimi. 3. International Poultry Meat Congress, 22-26 Nisan, Antalya, Türkiye (Tam Metin Bildiri).

Çarkcioğlu, E. and Candoğan, K. 2013. Mathematical Modelling Applications on Meat Technology. TGDF Food Congress, 12-14 Kasım, Antalya, Türkiye (Özet Bildiri/Poster).

Çarkcioğlu, E., Rosenthal, A. J. and Candoğan, K. 2014. Tuzu azaltılmış sığır eti protein jellerine sodyumtripolifosfat ve potasyum klorür ilavesinin tekstürel ve fonksiyonel özelliklere etkisi. III. Et Ürünleri Çalıştayı. 16-17 Ekim, Tokat, Türkiye

Candoğan, K., Deniz, **E., Çarkcioğlu, E.** 2017. Et üretim zincirinde etik konular. 1. Tarım ve gıda etiği kongresi (Tam Metin Bildiri/Poster).

Uluslararası Kongre Sunum

Çarkcioğlu, E., Candoğan, K., and Rosenthal, A.J. 2013. Effect of sodium tripolyphosphate on gelation properties of low-salt beef gels, 59. Icomst-International Congress of Meat Science and Technology, 18-23 Ağustos, İzmir, Türkiye (Tam metin Bildiri)

Çarkcioğlu, E., Gültekinoğlu, E. and Candoğan, K., 2013. Residual nitrite content of sliced-pastırma as affected by oxygen scavengers and modified atmosphere packaging during refrigerated storage, 59. Icomst- International Congress of Meat Science and Technology, 18-23 Ağustos, İzmir, Türkiye (Tam metin Bildiri).

Özdemir, N., **Çarkcioğlu, E.,** and Özlük Çilak, G. 2013. The Comparison of Black Mustard Powder and Black Mustard Essential Oil on İnegöl Meatball in Terms of the Antimicrobial and Sensory Effects. The 2th International Symposium on ‘Traditional foods from Adriatic to Caucasus’, 24-26 Ekim, Ohrid, Macedonia

Deniz, E., **Çarkcioğlu, E.** and Candoğan, K. 2013. Effect of chitosan edible coatings on some characteristics of sliced pastırma, a Turkish traditional dry-cured meat product. The 2th International Symposium on ‘Traditional foods from Adriatic to Caucasus’, 24-26 Ekim, Ohrid, Macedonia (Özet Bildiri/Poster).

Sahin, A., **Çarkcioğlu, E.,** Demirhan, B. and K. Candogan. 2014. Combined effect of chitosan coating and oxygen scavengers on the shelf life of modified atmosphere packaged sliced fermented sausage. 2nd International Symposium on Fermented Meats. 20-23 Ekim, Valencia, Spain

Kutlu, N., **Çarkcioğlu, E.,** Şakıyan, Ö., İşçi Yakan, A., Ayhan, K., Barbosa-Canovas, G.V., Candoğan, K. 2014. Microwave drying: a novel processing step in the manufacturing of pastırma. 2nd International Symposium on Fermented Meats. 20-23 Ekim, Valencia, Spain (Özet Bildiri/Poster).

Artan, G., Çınar, A. T., Eryeşil, C., **Çarkcioğlu, E.**, Candoğan, K. 2014. Textural and water binding properties of Reduced salt chicken myofibrillar protein gels Formulated with guar gum and bean fiber. 2nd International Congress on Food Technology. 05-07 Kasım, Kuşadası, Türkiye (Özet Bildiri/Poster).

Çarkcioğlu, E., Demirhan, B., Orhan, E., Ayhan, K. and Candoğan, K., 2015. Color and oxidative stability of ground beef patties as affected by oxygen scavengers and modified atmosphere packaging during refrigerated storage. 61st International Congress of Meat Science and Technology, 23-28th August, Clermont-Ferrand, France (Özet Bildiri/Poster).

Çarkcioğlu, E. and Candoğan, K. 2016. The Influence of Microwave Drying on Microstructural Properties of Beef Semimembranosus Muscle. 2nd Congress on Food Structure Design (Özet Bildiri/Poster).

Çarkcioğlu, E., Candoğan, K., Uver, T., Deniz, E. 2016. Microstructural Properties of Reduced Salt Chicken Meat Myofibrillar Protein Gels Containing Kappa Carrageenan. 2nd Congress on Food Structure Design (Özet Bildiri/Poster).

Çarkcioğlu, E., Özoğlu, Ö., Tepe, F., Demir, H., Kor, H. Bulut, B., and Candoğan, K. 2016. Adding Value to Mechanically Deboned chicken Meat by Drying. 18th IUFOST -WorldCongress of Food Science and Technology (Özet Bildiri/Poster).

Aşçioğlu, Ç., Şevik, R., **Çarkcioğlu, E.**, Candoğan, K. 2016. Allergens associated with muscle foods. Food Allergy&Hypersensitivity (Özet Bildiri/Poster).

Çarkcioğlu, E. and Candoğan, K. 2017. Effect of partial substitution of sodium chloride on the drying characteristics of beef slices. 63. Icomst- International Congress of Meat Science and Technology. 13-18 August, Cork/İreland (Tam metin Bildiri).

Ulusal Kitaplarda Bölüm Yazarlığı

Candoğan, K ve **Çarkcioğlu, E.** 2015. Et Teknolojisi. Her Yönüyle Gıda içinde, Ed.: Özkaya, F., Coşansu, S., Ayhan, K. ss:1-38. ISBN: 978-605-5267-06-3. Sıdaş Medya, İzmir, Türkiye:436 sayfa.

Uluslararası Kitaplarda Bölüm Yazarlığı

Candoğan, K., Barbosa Canovas, G. V. and **Çarkcioğlu, E.** 2017. Edible Films and Coatings Fundamentals and Applications, Bölüm adı:(Edible Films and Coatings: Sensory Aspects), CRC Press., Editör:M. Pilar Montero, M. Carmen Gómez-Guillén, M. Elvira López-Caballero, Gustavo V. Barbosa-CánovasHardback sayfa sayısı 618, ISBN:9781482218312, İngilizce (Bilimsel Kitap).