

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİKRODALGA HİBRİTLİ KURUTMA İLE BAL KABAĞI CİPSİ
ÜRETİMİNİN MODELLENMESİ VE KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve GÜVEN

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Gıda Mühendisliği Programı

ARALIK, 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİKRODALGA HİBRİTLİ KURUTMA İLE BAL KABAĞI CİPSİ
ÜRETİMİNİN MODELLENMESİ VE KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Merve GÜVEN
(506141521)**

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK

ARALIK, 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506141521 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Merve GÜVEN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “Mikrodalga Hibritli Kurutma ile Bal Kabağı Cipsi Üretiminin Modellenmesi ve Karakterizasyonu” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Dilara Nilüfer ERDİL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Sevil YÜCEL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **27 Kasım 2015**
Savunma Tarihi : **24 Aralık 2015**

ÖNSÖZ

‘Mikrodalga Hibritli Kurutma ile Bal Kabağı Cipsi Üretiminin Modellenmesi ve Karakterizasyonu’ konulu yüksek lisans tez çalışmam süresince değerli görüş ve önerileri ile çalışmamı şekillendiren ve farklı bakış açıları kazanmamı sağlayan danışmanım Sn. Doç. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK’a tüm katkılarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Arçelik A.Ş. Laboratuvarlarında gerçekleştirilen çalışmalarım için tüm teknik olanakların sunulmasını sağlayan ve desteklerini esirgemeyen Sn. Dr. Bekir ÖZYURT, Sn. Dr. Aslı KAYIHAN, Sn. Dr. Alper SOYSAL, Sn. Dr. Levent AKDAĞ ve Sn. Haluk KARATAŞ’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen Sn. Mehmet MARAŞLI, Sn. Yasin İĞİT, Sn. Esen KUVVET’e çok teşekkür ederim.

Karşılaştığım tüm zorluklarda yanımda olan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen canım ailem başta olmak üzere, biricik kuzenim Zeynep HIZIROĞLU’na ve tezimin her aşamasında manevi desteğini esirgemeyen değerli arkadaşım Öner TOY’a sevgilerimi sunarım.

Aralık 2015

Merve GÜVEN
(Gıda Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.1 Gıdaların Kurutulması	3
2.2 Kurutma İşleminin Avantajları	6
2.3 Gıda Kurutma Teknolojileri.....	6
2.3.1 Güneşte kurutma.....	7
2.3.2 Konvansiyonel kurutma	7
2.3.3 Dondurarak kurutma	8
2.3.4 Kızılötesi kurutma	9
2.3.5 Vakum altında kurutma	10
2.3.6 Mikrodalga kurutma	11
2.4 Önişlem Uygulamalarının Gıda Kalitesi Üzerine Etkileri.....	13
2.4.1 Ultrasonik önişlem uygulaması.....	13
2.4.2 Osmotik önişlem uygulaması.....	15
2.5 Kurutulmuş Gıdalarda Kalite Kriterleri.....	17
2.5.1 Nem miktarı	18
2.5.2 Su aktivitesi.....	18
2.5.3 Tekstür	20
2.5.4 Renk	22
2.5.5 Mikroyapı.....	23
2.5.6 Rehidrasyon kapasitesi	24
2.5.7 Besin değeri.....	25
2.5.7.1 C vitamini (askorbik asit).....	25
2.5.7.2 Protein	26
2.5.7.3 Likopen miktarı	27
2.5.7.4 Toplam fenolik madde miktarı	28
2.5.7.5 β karoten miktarı.....	29
2.5.7.6 Toplam antioksidan kapasitesi	30
3. MATERİYAL VE METOD	33
3.1 Materyal.....	33

3.1.1 Kabakların temini ve hazırlanması	33
3.1.2 Analizlerde kullanılan kimyasallar	33
3.1.3 Analizlerde kullanılan malzemeler ve cihazlar.....	33
3.1.4 Önişlem uygulaması.....	34
3.1.5 Kabak cipslerinin kurutulması	34
3.2 Metod	34
3.2.1 Önişlem uygulaması.....	34
3.2.1.1 Osmotik önişlem uygulaması.....	34
3.2.1.2 Ultrasonik önişlem uygulaması.....	35
3.2.2 Kabak cipslerinin kurutulması için deneysel tasarım.....	35
3.2.3 Analizler	36
3.2.3.1 Toplam fenolik madde.....	36
3.2.3.2 Beta - Karoten Miktarı.....	37
3.2.3.3 Toplam Antioksidan Kapasitesi	37
3.2.3.4 Nem	38
3.2.3.5 Su aktivitesi.....	38
3.2.3.6 Renk.....	39
3.2.3.7 Tekstür.....	39
3.2.3.8 Rehidrasyon oranı	39
3.2.3.9 Brix	40
3.2.3.10 Duyusal değerlendirme	40
3.2.3.11 İstatistiksel analiz	40
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	43
4.1 Önişlem Uygulaması.....	43
4.1.1 Osmotik önişlem uygulaması	43
4.1.2 Ultrasonik önişlem uygulamaları.....	48
4.1.3 Önişlem doğrulama	50
4.2 Kurutma Parametrelerinin Optimizasyonu	53
4.2.1 Rehidrasyon kapasitesi	56
4.2.2 Kuruma süresi	58
4.2.3 Renk	62
4.2.4 Tekstür.....	67
4.2.5 Modelin doğrulanması.....	70
4.3 Optimum Parametrelerin Karakterizasyonu	71
5. SONUÇ.....	755
KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	87

KISALTMALAR

ANOVA	: Analyse of Variances
CCD	: Central Composite Design
DOE	: Deney tasarımı
DPPH	: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
FAO	: Food and Agricultural Organisation
ISO	: International Organisation of Standardization
KO	: Kareler Ortalaması
KT	: Kareler Toplamı
LOX	: Lipoksigenaz
MW	: Mikrodalga
RE	: Retinol eşdeğeri
POD	: Peroksidaz
PPO	: Polifenoloksidaz
RSM	: Response Surface Methodology
SD	: Serbestlik Derecesi
TYY	: Tepki-Yüzey Yöntemi
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

SEMBOLLER

a	: kırmızılık-yeşillik
a_w	: su aktivitesi
A°	: absorpsiyon
b	: sarılık-mavilik
C	: chroma
L	: parlaklık
p	: önem derecesi
ΔE	: toplam renk değişimi
°C	: derece
°B	: briks
μ	: mikro
%	: yüzde
β	: regresyon katsayısı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Bazı gıda çeşitlerinin ortalama aw değerleri	4
Çizelge 2.2 : Kurutma işleminin, gıda kalitesi üzerine etkileri.....	4
Çizelge 2.3 : Gıdaların bileşiminde bulunan ortalama nem miktarları	18
Çizelge 2.4 : Mikroorganizmaların gıdalarda risk oluşturduğu aw değerleri.	20
Çizelge 2.5 : A vitamini için güvenilir limit değerleri	29
Çizelge 3.1 : Merkezil bileşik deney tasarımında belirlenen bağımsız değişkenler ve belirlenen noktoalardaki kodlara karşılık gelen değerler.	36
Çizelge 4.1 : Farklı osmotik önışlemler sonucu kabak cipslerinin nem miktarları, önışlem sonrası kuruma süresi, toplam kuruma süresi ve toplam fenolik madde miktarlarının Tukey testi ile karşılaştırma sonuçları...44	44
Çizelge 4.2 : Osmotik önışlem uygulanarak kurutulan kabak cipslerinin duyusal kalitelerinin Tukey testi ile karşılaştırma sonuçları	46
Çizelge 4.3 : Farklı ultrasonik önışlemler sonucu kabak örneklerinin nem miktarı, önışlem sonrası kuruma süresi, toplam kuruma süresi ve toplam fenolik madde miktarlarının Tukey testi ile karşılaştırma sonuçları...48	48
Çizelge 4.4 : Farklı ultrasonik önışlemler uygulanarak kurutulan kabak cipsleri duyusal kalitelerinin Tukey testi ile karşılaştırma sonuçları.	50
Çizelge 4.5 : Optimum koşullarda kurutulan kabak cipslerinin analiz sonuçlarının Tukey testi ile karşılaştırılması sonuçları.	51
Çizelge 4.6 : Osmotik ve ultrasonik önışlemler uygulanarak kurutulan kabak cipsleri duyusal kalitelerinin Tukey testi ile karşılaştırma sonuçları.	52
Çizelge 4.7 : Merkezil bileşik deney tasarımı ile tasarlanan kabak cipsi kurutma deneylerinin rehidrasyon kapasitesi, kuruma süresi, renk (L ve ΔE) ve tekstür (sertlik) değerleri.	54
Çizelge 4.8 : Modelin rehidrasyon oranına ait regresyon analizi.	56
Çizelge 4.9 : Rehidrasyon oranı için varyans analizi sonuçları.	57
Çizelge 4.10 : Modelin kuruma süresinin regresyon katsayıları ve önem dereceleri.59	59
Çizelge 4.11 : Kuruma süresi için varyans analizi sonuçları	60
Çizelge 4.12 : Modelin ‘L’ değerine ait regresyon katsayıları ve önem dereceleri. ..62	62
Çizelge 4.13 : ‘L’ değeri için varyans analiz sonuçları.	63

Çizelge 4.14 :	Modelin ‘ΔE’ değerine ait regresyon katsayıları ve önem dereceleri.	65
Çizelge 4.15 :	‘ΔE’ değeri için varyans analiz sonuçları.	66
Çizelge 4.16 :	Modelin sertlik (N) değerlerine ait regresyon katsayıları ve önem dereceleri.	68
Çizelge 4.17 :	Sertlik (N) değeri için varyans analiz sonuçları.	69
Çizelge 4.18 :	Model ve doğrulama denemelerinden elde edilen değerler.	71
Çizelge 4.19 :	Optimum parametrelerin toplam fenolik madde, β karoten, antioksidan kapasitesi sonuçları ve Tukey Testi ile karşılaştırılması sonuçları.	72

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : Kakao çekirdeklerinin farklı sıcaklıklarda kuruma eğrileri	3
Şekil 2.2 : Su aktivitesinin gıdalardaki bozulma reaksiyonlarına etkisi	5
Şekil 2.3 : Güneşte kurutma görseli	7
Şekil 2.4 : Kızılötesi kurutma diyagramı.....	9
Şekil 2.5 : Ultrasonik uygulama ile Peroksidaz aktivitesindeki değişim	14
Şekil 2.6 : Osmotik işlem sırasında gerçekleşen 3 farklı kütle transferi.....	16
Şekil 2.7 : Hue tablosu	22
Şekil 3.1 : Mikrodalga deney kabini ve kurutma düzeneği.	34
Şekil 4.1 : Kabakların osmotik önışlem sonrası nem yüzdeleri (1), önışlem sonrası kuruma süreleri (2), toplam kuruma süreleri (3) ve toplam fenolik madde miktarlarının (4) tepki-yüzey grafiği ile gösterimi.	45
Şekil 4.2 : Önışlemsiz ve farklı osmotik önışlemler uygulanarak kurutulan kabak cipsleri duyusal kalite değerlendirmesi.....	46
Şekil 4.3 : Osmotik önışlem optimizasyon grafiği.....	47
Şekil 4.4 : Önışlemsiz ve farklı osmotik önışlemler uygulanarak kurutulan kabak cipslerinin duyusal kalite değerlendirmesi.	49
Şekil 4.5 : Önışlemsiz ve optimum osmotik ve ultrasonik önışlem parametreleri ile kurutulan kabak cipslerinin duyusal kalite değerlendirmesi.	52
Şekil 4.6 : Farklı mikrodalga güçleri ile kurutulan kabak cipsi örneklerinin rehidrasyon oranları.	58
Şekil 4.7 : Farklı mikrodalga güçleri ile kurutulan kabak cipsi örneklerinin kuruma süreleri.....	60
Şekil 4.8 : Kuruma süresi öncelikli optimizasyon grafiği.	61
Şekil 4.9 : MW gücü ve hava sıcaklığı parametrelerinin cips örneklerinin 'L' değerleri üzerine etkisinin Tepki-Yüzey grafiği ile gösterimi.	64
Şekil 4.10 : MW gücü ve hava hızı parametrelerinin cips örneklerinin toplam renk değişimi (ΔE) üzerine etkisinin Tepki-Yüzey grafiği ile gösterimi.	66
Şekil 4.11 : Renk öncelikli optimizasyon grafiği.	67
Şekil 4.12 : Farklı mikrodalga güçleri ile kurutulan kabak cipsi örneklerinin sertlik (N) değerleri.	69

Şekil 4.13 : Tekstür öncelikli optimizasyon grafiği.	70
--	-----------

MİKRODALGA HİBRİTLİ KURUTMA İLE BAL KABAĞI CİPSİ ÜRETİMİNİN MODELLENMESİ VE KARAKTERİZASYONU

ÖZET

Gıdalarda kurutma işlemi, kontrollü şartlar altında, gıdada varolan suyun uzaklaştırılması; ısı ve kütle transferi işlemlerinin kombinasyonu sonucunda, gıdanın serbest su miktarının azaltılmasıdır. Gıda maddelerine uygulanan kurutma işlemi sayesinde, nemi uzaklaştırılmış gıdaların taşınması ve depolanmasındaki verimlilik artmakta ve kurutma sırasında mikrobiyal gelişme ve diğer reaksiyonlar sınırlandırıldığı için ürünün bozulmaları önlenmektedir. Bu sayede arzulanan gıda maddesi, gıdanın yetiştirme mevsimi haricinde de kolayca tüketilebilmektedir.

Gıdaların kurutulması ile kurutulmuş gıdaların işlenerek farklı tatlar elde edilmesi kolaylaşmakta, nem miktarının düşürülmesiyle tat, koku ve besin değeri gibi kalite özelliklerinin de korunması sağlanmaktadır. Ayrıca gıdaların kurutulması için ısı işlem uygulaması, gıdalardaki bazı antioksidatif bileşiklerin artmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, gıdaların kurutulması, sağlık sorunları nedeniyle taze gıda tüketemeyen insanlar için de bir avantaj haline gelmektedir.

Yüzyıllardır süregelen bir proses olan gıdaların kurutulması işlemi, değişen ve gelişen teknolojiye, yaşam şartlarına ve istenen son ürün kalitesine göre geliştirilmiştir. Literatürde güneşte ve konvansiyonel kurutma yöntemlerinden geleneksel kurutma yöntemleri; dondurarak, kızılötesi ve mikrodalga kurutma gibi yöntemlerinden ise yeni gıda kurutma yöntemleri olarak bahsedilmektedir. Gıdaların kurutulmasında geleneksel yöntemlerinin kullanılması, uzun kuruma sürelerine ve düşük kaliteli son ürün eldesine sebep olmaktadır. Yeni yöntemlerden dondurarak kurutma yöntemi, kimyasal ve enzimatik reaksiyonları, vitamin ve fenolik madde kayıplarını engelleyerek son ürün kalitesini korumaktadır. Fakat bu avantajlarının yanında yüksek kurulum ve işleme maliyetine sahiptir. Kızılötesi kurutma yöntemi, besin ve kalite kayıplarını engellerken düşük kuruma süresine sahiptir. Ancak bu yöntemin düşük miktarlardaki gıdalar için uygun olması ve gıda geometrisine bağlılığı sebebiyle kenar ve köşeli gıdalarda homojen olmayan kurumaya sebep olması yöntemin kullanılabilirliğini azaltmaktadır. Mikrodalga yöntemi ise gıdalardaki uçucu organik bileşiklerin ve gıda renginin korunmasını sağlarken gıda yüzeylerinin sertleşmesini ve çatlamasını engellemektedir. Mikrodalga yönteminin çalışması prensibinden kaynaklı olarak ısınmanın gıda merkezinden başlaması, ısı ve kütle transferini hızlandırmakta, böylece gıdanın kuruma hızını arttırmaktadır. Geniş ürün yelpazesinde kullanılabilirliği, kurulum ve işleme kolaylığı ve diğer yöntemlere göre enerji tasarrufu sağlaması, yöntemin kullanılabilirliğini avantajlı kılmaktadır.

Gıda maddelerinden nemin uzaklaştırılması için uygulanan ısı işlemleri, gıdanın fiziksel ve fizikokimyasal yapısına zarar vermektedir. Son ürünün fenolik madde ve antioksidatif bileşikler gibi değerli yapılarına zarar verirken vitamin, renk ve tekstür

kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle, gıdaların kurutulmasından önce osmotik veya ultrasonik gibi gıda tipine göre belirlenen ön işlemlerin uygulanması, farklı kurutma proseslerinin gıda üzerindeki zararlı etkilerini azaltırken, kurutma süresinin kısalması ve son ürün kalitesinin artırılması bakımından büyük önem arz etmektedir.

Ultrasonik uygulama, gıdalarda kavitasyon etkisi yaratarak ısı ve kütle transferini arttırmakta ve suyun gıdadan uzaklaşmasını hızlandırmaktadır. Bunun yanında gıdada yarattığı kavitasyon etkisi, protein denatürasyonuna sebebiyet verdiği için polifenoksidad (PPO), peroksidad (POD) ve lipoksigenaz (LOX) gibi enzimlerin inaktivasyonuna sebep olmakta, bu sayede kurutulan gıdalar daha az renk değişimine uğrayarak, antioksidatif maddeleri korunmaktadır. Osmotik ön işlemler uygulaması ise ürünü oksidatif bozulmadan korurken, uçucu bileşen kaybını azaltmakta ve gıdanın kuruma süresini kısaltmaktadır. Osmotik kurutmanın en önemli dezavantajı ise, gıdadaki çözünür bileşenlerin, osmotik solüsyona geçmesidir. Bu nedenle osmotik uygulamanın başlı başına bir kurutma yöntemi olarak değil, farklı kurutma yöntemleri ile birleştirilerek uygulanması önerilmektedir.

Bu çalışmada, iyi yaşam uygulamaları (wellness) ve sağlıklı atıştırmalık konularına hitap eden kurutulmuş meyve ve sebze ürünleri üzerinde durulmuştur. Mikrodalga hibritli konvansiyonel kurutma ile elde edilen bal kabağı cipsi örneklerinin, osmotik ve ultrasonik ön işlemler uygulanarak kurutulması sırasındaki kalite, kuruma süresi ve duyu sal beğeni değ işimleri incelenmiştir. DOE ile tasarlanan osmotik ön işlemler deney setinde şeker yoğunluğu olarak 25 ve 50°Brix, daldırma süresi olarak 60 ve 90 dakika, ultrasonik ön işlemler deney setinde ise 50 Khz frekansında 10, 20 ve 30 dakikalık ultrasonik ön işlemler parametreleri kullanılmıştır. Ön işlemler denemelerinde her kurutma setinde 200 W mikrodalga gücü, 70°C hava sıcaklığı ve 1.5 m/s hava hızı kullanılmıştır. Kurutma denemeleri, online ağırlık ölçüm düzeneği ile kontrol edilmiş ve %92 ağırlık kaybına ulaştığı anda sonlandırılmıştır. Kabak cipsi örneklerinin ön işlemler sonrası kuruma süresi, toplam fenolik madde miktarı ve duyu sal beğeni sonuçlarına göre optimum ön işlemler tipine karar verilmiştir. Kabak cipsi kurutma parametreleri optimizasyonu analizlerine, 30 dakika ultrasonik ön işlemler uygulaması ile devam edilmesine karar verilmiştir.

Tepki-Yüzey yöntemi (TYT), Merkezil Bileşik deney tasarım metodu kullanılarak tasarlanan kabak cipsi kurutma deney setinde; 200-300 W mikrodalga gücü, 60-70°C hava sıcaklığı ve 1,5-2,5 m/s hava hızı parametreleri kullanılmış ve toplamda 20 deney (çift tekrarlı 40 deney) tasarlanmıştır. Her bir deney sonrasında örneklerin kuruma süresi, rehidrasyon kapasitesi, renk (L, ΔE) ve tekstür değ erleri ölçülmüştür. Devamında, cips kalitesinin belirlenmesindeki en önemli parametreler olan kuruma süresi, renk ve tekstür değ erlerine göre Minitab ‘Response optimizer’ fonksiyonu ile optimizasyon ve modelleme yapılmış, her bir parametre için birer çözüm belirlenmiştir. Optimum kuruma süresi için, 275 W mikrodalga gücü, 73,5°C hava sıcaklığı ve 1,16 m/s hava hızı; optimum renk kalitesi için; 230 W mikrodalga gücü, 73,41°C hava sıcaklığı ve 1,16 m/s hava hızı ve optimum tekstür kalitesi için; 261 W mikrodalga gücü, 73,41°C hava sıcaklığı ve 1,16 m/s hava hızı olmak üzere toplamda üç çözüm elde edilmiştir.

Belirlenen modellerin doğrulanması için elde edilen üç optimum çözüm tekrar denenmiş ve deney çıktıları, model çıktıları ile karşılaştırılmış ve değ erlerin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Model doğrulamasından sonra, optimum çözümlerin

antioksidan kapasitesi, toplam fenolik madde ve beta karoten analizleri sonuçları ile optimum çözümlerin karakterizasyonu yapılmıştır.

CHARACTERIZATION AND MODELLING OF PUMPKIN CHIPS PRODUCTION WITH MICROWAVE ASSISTED DRYING METHOD

SUMMARY

Drying method for foods is, removing the water existing in the food product; decreasing the amount of water of the food with the combination of transferring mass and heat under monitored circumstances. By means of the drying process of foods, the dried food products are transported and stored much more efficiently and spoilage of products are prevented because microbial evolvments and other reactions are limited. As a result of these, the desired food product can be consumed easily, outside of the growing season of the product.

By drying foods, it is made easier to obtain different tastes from the product by means of processing. Similarly, by dehydrating the product, qualities such taste, smell and nutrition values are preserved. Also, using heat treatment during the process of drying foods, increase the amount of some antioxidative compounds in the food products. Therefore, persons who cannot consume fresh food products due to health reasons can easily consume dried food products.

Food drying is a very old process that has been used for centuries, it has been developed through time according to the evolving and changing technology, life standards and the desired end product quality. In literature, the traditional drying methods are drying in sun and conventional methods; and modern methods are freeze drying, ultraviolet drying and microwave drying. Conducting traditional methods to dry foods cause long drying times and low quality end products.

The freeze drying method, prevents; chemical and enzymatic reactions as well as vitamin and phenolic matters therefore preserving the end product quality. However, as opposed to the stated advantages, this method has a costly setup and operation. Ultraviolet drying method prevents nutrient and quality loss and it has a short amount of time to dry products. However, due to the facts that this method is more suitable for low amounts of food and dependent on the product geometry. In dealing with edged products the drying is not homogeneous therefore the method does not have a high utility.

The microwave method preserves the food color and volatile organic compounds in the product; and it is preventing the hardening and cracking of the product surface. Due to the microwave working principle, the heating starts from the center of the product and causes heat and mass transfer faster therefore decreases the drying time. Microwave method can be used with wide range of products; with its low-cost setup and easy operation, and energy saving traits makes it more advantageous compared to the other methods.

Heat treating methods used to remove the hydration from the product harms the physical and physico-chemical structure of the food product. Additionally, it can also harm the end product's phenolic matter and antioxidative compounds while having a negative impact on vitamin, color and texture quality. Because of that it is very important to conduct pre-treatments depending on the product type such as osmotic or ultrasonic; to decrease the harmful effects of various types of drying procedures as well as decreasing the drying time and increasing the end product quality.

Ultrasonic method accelerates the removal of water from the product by causing cavitation effect on the products and increasing the mass and heat transfer. Additionally, the cavitation effect causes protein denaturation thus inactivating polyphenoloxidase (PPO), peroxidase (POD), and lipoxygenase (LOX) enzymes. Therefore the dried products have a lesser change of color while preserving antioxidative matters.

Osmotic pre-treatment method prevents the product from oxidative spoilage while decreasing the volatile compound and increasing the drying speed. In addition, osmotic pretreatment can help to product to protect the their color and texture quality of products. Therefore it is suggested that the osmotic method to be used with other accompanying drying methods instead of using it on its own.

This study focuses on dried fruits and vegetables as healthy snacks and healthy life practices. Microwave supported conventional method is used to make pumpkin chips samples and osmotic and ultrasonic pre-treatments are used to monitor quality, drying time and sensory like changes. Osmotic pre-treatment experiment set is designed with DOE (Designing of Experiment); and sugar density is used as 25 and 50 °Brix; dipping period parameters were 60 and 90 minutes. In ultrasonic pre-treatment experiment set under 50 Khz frequency, 10, 20, and 30 minute pre-treatment parameters were used. During the pre-treatment methods in each drying set 200 W microwave force, 60°C air temperature and 1.5 m/s air speed was used. Drying try-outs were checked with online weight measurement apparatus and stopped when it reached 92% weight-loss.

The optimum pre-treatment was decided according to the results of drying time after pre-treatment, total amount of phenolic matter and sensory like. It was concluded to continue the pumpkin chips samples' parameters optimization analysis with 30 minutes of ultrasonic pre-treatment.

Response Surface Methodology (RSM), Central composite experimental design method was used to design the pumpkin chips drying experiment set with; 200-300W microwave force, 60-70°C air temperature and 1,5-2,5 m/s air speed parameters and 20 experiments (double-repeated 40 experiments) were designed. After each experiment, drying time, rehydration capacity, color (L, ΔE), and texture values were measured. Afterwards, according to the most important parameters to determine the quality of the chips: drying time, color and texture values were used to optimize and model and a solutions were determined for each individual parameter using Minitab 'Response optimizer' function.

For optimum drying time, 275 W microwave force, 73,5°C air temperature and 1,16m/s air speed; for optimum color quality; 230 W microwave force, 73,41°C air temperature and 1,16 m/s air speed solutions were reached.

To verify the above stated models, the three optimum solutions were tried again and experiment prints, model prints were compared and seen that the results were very similar. After verification of model, antioxidant capacity, total phenolic matter and beta carotene were used to characterize the optimum solutions.

1. GİRİŞ

Değişen ve gelişen yaşam şartları ve insanların ‘sağlıklı beslenme’ algısının artması ile birlikte, tüketicilerin kolay hazırlanabilir, depolanabilir, taşınabilir ve tüketilebilir, lif bakımından zengin ve sağlıklı gıdalara ilgisi de artmaktadır. Bu nedenle, yüzyıllardır süregelen bir proses olan gıda kurutma, son zamanlarda oldukça önem kazanmaktadır.

Gıdaların kurutulması, kontrollü şartlar altında, gıdadaki serbest suyun uzaklaştırılması olarak tanımlanmaktadır (Khraisheh ve diğ., 1997). Gıdalardan suyun uzaklaştırılması ile mikrobiyal gelişim engellenebilmekte, fakat kuruma sırasında gerçekleşen fiziksel (büzüşme, rahidrasyon, aroma ve tekstür) ve kimyasal reaksiyonlar (esmerleşme reaksiyonları, yağ oksidasyonları, protein denatürasyonları ve renk değişimleri) ise gıdadaki kalite ve besin değeri kayıplarına sebep olabilmektedir (Heldman, 1992). Bu kalite kayıplarının en aza indirilmesi ve gıdaların yüksek verim ile kurutulabilmesi için, kurutma öncesinde, osmotik ve ultrasonik ön işlemler uygulanmaya ve geleneksel yöntemler yerine yeni kurutma teknolojileri geliştirilmeye başlanmıştır.

Kurutulmuş gıdaların kalite kriterlerini belirleyen faktörler, nem, su aktivitesi, tekstür (sertlik), renk, mikroyapı, rehidrasyon kapasitesi ve besin değeri (vitamin, protein, toplam fenolik madde ve toplam antioksidan miktarındaki değişim) parametreleridir. Dondurarak, kızılötesi, vakumlu ve mikrodalga yöntemleri ile gıdaların kurutulması, bahsedilen gıda kalite parametrelerinin, geleneksel kurutma yöntemlerine göre korunmasını sağlayan yöntemlerdir.

Bu çalışmada, yeni gıda kurutma teknolojileri arasından, kolay koşullar ile gıda kurutmaya en uygun yöntem olan mikrodalga hibritli konvansiyonel kurutma yöntemi kullanılarak, besin değeri ve lif miktarı bakımından oldukça zengin olan bal kabağı meyvesi cipsi üretim parametreleri incelenmiştir. Ön işlemler uygulamalarının, kabak cipslerinin besin değerleri üzerinde olumlu etkisinin olabileceği düşünüldüğü için osmotik ve ultrasonik ön işlemler uygulamaları denenmiştir. Osmotik ön işlemler olarak; 25 ve 50°Brix yoğunluklu, 60 ve 90 dakikalık daldırma süresi ve ultrasonik

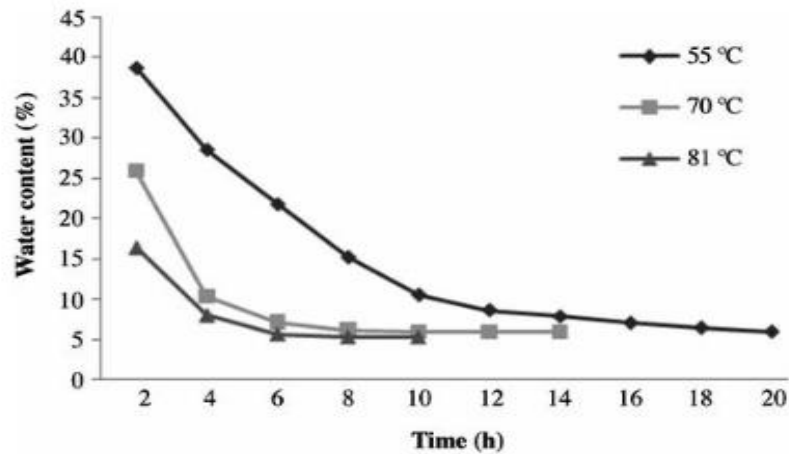
önışlem olarak 10, 20 ve 30 dakikalık önışlem uygulamalarının kabak cipsi kurutma verimi ve cips kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Reaksiyon parametreleri olarak belirlenen mikrodalga gücü, hava sıcaklığı ve hava hızı parametrelerinin, kuruma süresi, rehidrasyon kapasitesi, kabak cipsi renk değerleri ve tekstür (sertlik) kalitesi değişimlerine göre optimizasyonu yapılmıştır. Ayrıca, Tepki-Yüzey yöntemi kullanılarak reaksiyon parametrelerinin optimizasyonu ve modellemesi gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak, belirlenen modellerin doğruluğu için, optimum olarak belirlenen parametrelerde tekrar denemeler yapılmış ve alınan çıktılar model çıktıları ile karşılaştırılmıştır. Devamında, belirlenen optimum parametrelerin toplam fenolik madde, antioksidan kapasitesi ve β karoten miktarı analizleri sonuçlarına göre karakterizasyonu yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Gıdaların Kurutulması

Kurutma işlemi, kontrollü şartlar altında gıdalara ısı uygulanması ile varolan suyun uzaklaştırılması işlemidir. Gıdaların kurutulması, ısı ve kütle transferi işlemlerinin kombinasyonu sonucunda, gıdanın su aktivitesinin azaltılması olarak da tanımlanabilir (Khraisheh ve diğ., 1997).

Gıdanın kuruması 3 aşamaya sahiptir. İlk aşama, gıdadaki suyun buharlaşmaya başladığı aşamadır, ikinci aşama kuruma hızının en yüksek olduğu ve suyun hızla buharlaşıp gıda neminin büyük bir kısmının gıdadan uzaklaştığı aşamadır, üçüncü aşama ise kuruma hızının yavaşladığı ve gıdada uzaklaştırması güç bağlı suyun kaldığı aşamadır. Bu nedenle, gıdaların kurutulması sırasında gıdadan suyun uzaklaşması grafiği, lineer olmayan bir eğriye sahiptir. Şekil 2.1’de kakao çekirdeklerinin konvansiyonel kurutma ile farklı sıcaklıklarda kurutulması sırasındaki kuruma eğrileri görülmektedir (Chinenye ve diğ., 2010).



Şekil 2.1 : Kakao çekirdeklerinin farklı sıcaklıklarda kuruma eğrileri (Chinenye ve diğ., 2010).

Su aktivitesi, gıdalardaki mikrobiyal (bakteri, maya ve küf) gelişme için gerekli olan, kullanılabilir su miktarını ifade etmektedir. Her gıda için spesifik olan su aktivitesi, kurutma işlemi ile düşürülmekte olup, mikroorganizmalar ve ortam arasında osmotik

dengelesizlik oluşarak mikrobiyal yaşam engellenmektedir (Clary ve diğ., 2005). Ayrıca gıdanın su aktivitesinin azalması ile, kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonların oluşması, ikincil metabolit denilen ve mikroorganizmalar tarafından üretilen toksik bileşenlerin oluşması, enzimlerin aktivitesi ve hidroliz reaksiyonları engellenmekte, böylelikle daha stabil ve güvenli gıdalar elde edilmektedir. Bazı gıda çeşitlerinin ortalama su aktivitesi değerleri Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Bazı gıda çeşitlerinin ortalama a_w değerleri (Troller ve Christian, 1978).

a_w	Gıdalar
1,00 - 0,95	Taze et, meyve ve sebzeler, konserve meyveler ve sebzeler, margarin, tereyağı, salam, sosis
0,95 - 0,90	Peynir, fırın ürünleri, kuru sosis, meyve suyu konsantreleri, tuzlu erik, jambon, kürlenmiş et
0,90 – 0,80	Yaşlandırılmış Cheddar peyniri, tatlandırılmış konsantre süt, reçel, şeker, macar salamı
0,80 – 0,70	Pekmez, şurup, kuru incir, tuzlanmış balık
0,70 – 0,60	Permesan peyniri, kurutulmuş meyveler, mısır şurubu, meyankökü
0,60 – 0,50	Çikolata, bal, noddle, şekerlemeler
0,50 – 0,40	Kurutulmuş yumurta, kakao
0,40 – 0,30	Kurutulmuş patates cipsi, kahvaltılık gevrekler, kraker, kek ve pasta mixleri
0,20 -	Kurutulmuş süt, kurutulmuş sebzeler, hazır çorbalar

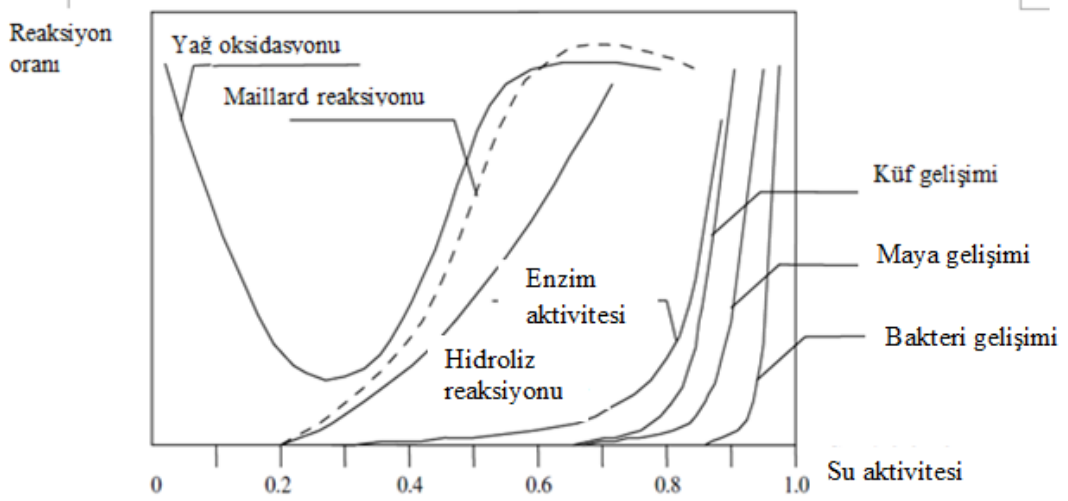
Gıdalar, kurutma sırasında, fiziksel, kimyasal ve besin değeri bakımından değişime uğrayabilmektedirler. Çizelge 2.2’de gıda maddesinde kurutma sırasında meydana gelebilecek kayıplar ve değişimler gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 : Kurutma işleminin, gıda kalitesi üzerine etkileri (Heldman, 1992).

Kimyasal	Fiziksel	Besin değeri
Esmerleşme reaksiyonları	Rehidrasyon	Vitamin kayıpları
Yağ oksidasyonları	Çözünürlük	Protein kayıpları
Renk değişimleri	Tekstür	Fenolik madde kayıpları
	Aroma	

Gıdaların kurutulması sırasında; küf, maya ve bakteri gelişimi gibi mikrobiyolojik olaylar engellenirken, yağ oksidasyonu, esmerleşme reaksiyonları ve hidroliz

reaksiyonları gibi kimyasal olaylar gerçekleşmektedir. Şekil 2.2’de su aktivitesi ve gıdaların bozulma reaksiyonları arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 2.2 : Su aktivitesinin gıdalardaki bozulma reaksiyonlarına etkisi (Timmos, 2007).

Şekil 2.2’den de görüleceği üzere, yüksek sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak gerçekleşen yağ oksidasyonları, üründe oksidatif acılaşmanın sonucu olarak, son ürünün daha düşük kalitede, acı tat ve kokuda olmasına sebep olur. Enzimatik veya enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları ise ürünün renk kalitesinde önemli kayıplara sorunlara yol açmaktadır. Özellikle ön işlem uygulamadan kurutulan gıdalarda, enzim inaktivasyonu tam olarak gerçekleşmediği için yüksek seviyelerde gözlemlenen esmerleşme reaksiyonları; haşlama, osmotik ön işlem, kükürtleme uygulamaları ile engellenebilir (Timmos, 2007).

Gıdaların kurutulması sırasında meydana gelen biyokimyasal ve mikrobiyal değişikliklerin yanında, çözünür madde göçü, kabuk oluşumu, çekme, boyut - şekil değişiklikleri ve rehidrasyon kapasitesindeki değişimler gibi bazı fiziksel değişimler de meydana gelmektedir. Çözünür madde göçü, erik ve kayısı gibi yumuşak dokulu meyvelerde meydana gelen, bazı yararlı bileşenlerin suda çözünerek ürün yüzeyine akması veya su ile buharlaşması şeklinde oluşan ve besin değeri kaybına sebep olan bir fiziksel değişimdir. Kabuk oluşumu ise gıdanın yüzeyinin aşırı kurummasına veya çözünür madde göçüne bağlı olarak oluşan ve nemin gıda içerisinde hapsolmesine sebep olarak ürünün etkili bir şekilde kurummasını engelleyen bir fiziksel değişimdir.

2.2 Kurutma İşleminin Avantajları

Gıdaların kurutulması işlemi, bir çok avantajı beraberinde getirmektedir. Gıda maddelerine uygulanan kurutma işlemi sayesinde; nemi uzaklaştırılmış gıdaların taşınması ve depolanmasındaki verimlilik artmakta ve kurutma sırasında mikrobiyal gelişme ve diğer reaksiyonlar sınırlandırıldığı için ürünün bozulması önlenmektedir (Prabhanjan ve diğ., 1995). Bu sayede arzulanan gıda maddesi gıdanın yetiştirme mevsimi haricinde de kolayca tüketilebilmektedir. Ayrıca, kurutulmuş gıdaların işlenerek farklı tatlar elde edilmesi, yüksek nemli taze gıdalara göre daha kolay olmaktadır. Nem miktarının düşürülmesiyle tat, koku ve besin değeri gibi kalite özelliklerinin de korunması sağlanmaktadır. Bu nedenle, sağlık sorunları nedeniyle taze gıda tüketemeyen insanlar da, bu gıdaların kurutulmuşları ile beslenebilmektedir.

Kurutulmuş meyveler, konsantre meyve şekeri içediklerinden dolayı iyi birer enerji kaynağıdır. Kuru meyvelerin enerji miktarı, aynı miktar taze meyveden çok daha yüksektir (DeLong, 1979). Bu nedenle, kurutulmuş meyveler kilo almak isteyenler ve özellikle çocuklar için oldukça avantajlıdır.

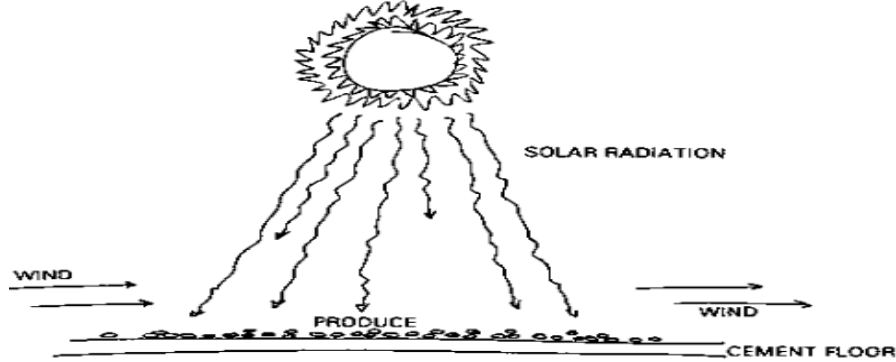
2.3 Gıda Kurutma Teknolojileri

Gıdaların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik bozulmalara karşı korunarak uzun süreler depolanabilmesi için ‘gıdaların kurutulması’ yüzyıllar öncesine dayanan bir prosestir. Değişen ve gelişen yaşam şartlarına ve istenen son ürün özelliklerine göre güneşte, konvansiyonel, dondurarak, kızılötesi ve mikrodalga kurutma gibi bir çok kurutma yöntemi geliştirilmiştir.

Kurutulmuş gıdalar daha yoğun bir tat, aroma ve besin değerine sahip olabilmektedirler. Ancak güneşte ve konvansiyonel kurutma gibi geleneksel gıda kurutma yöntemlerinin üründe ciddi zararlanmalara ve besin değeri kayıplarına neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle geleneksel gıda kurutma yöntemlerinin yanında mikrodalga hibritli kurutma gibi alternatif kurutma yöntemlerinin geliştirilmesi, son ürün kalitesi açısından oldukça tatmin edici olmaktadır (Yıldız ve Ertekin, 2001).

2.3.1 Güneşte kurutma

Gıda kurutma yöntemlerinin ilki olarak bilinen ve yüzyıllardır kullanılan güneşte kurutma yöntemi, meyve ve sebzelerin güneş altına serilerek kurumaya bırakılmasına dayanmaktadır. Şekil 2.3'te güneşte kurutma prosesi görseli gösterilmiştir.



Şekil 2.3 : Güneşte kurutma görseli (Kitinoja, 1992).

Oldukça yavaş bir proses olan güneşte kurutma yönteminde, son ürün kalitesi oldukça düşüktür. Meyve ve sebzelerin güneşte kurutulması sırasında, böcek saldırıları, mikrobiyal gelişim, zararlı ikinci metabolitlerin ve mikotoksinlerin oluşumu, yağmur, rüzgar gibi mevsimsel olaylar sonucunda ürün bozulmaları, kuş ve benzeri hayvanların ürüne zarar vermesi gibi olumsuz durumlarla da sıkça karşılaşmaktadır (Esper ve Muhlbauer, 1998). Güneşte kurutma yönteminin bu dezavantajları, araştırmacıları, daha az zaman alan, daha hijyenik ve yüksek son ürün kalitesine sahip farklı kurutma yöntemleri ni keşfetmeye itmiştir (Doymaz, 2003).

2.3.2 Konvansiyonel kurutma

Konvansiyonel kurutma işlemi, belirli bir sıcaklıktaki ve hızdaki hava sirkülasyonu içerisinde gıdaların kurutulması prensibine dayanmaktadır (Maskan, 2001). Konvansiyonel kurutmada; kullanılan havanın sıcaklığı, hızı, süre, gıda kalınlığı, gıdanın diziliş şekli, gıdanın nem miktarı ve yapısındaki makrobileşen miktarları gibi etmenler, kurutma verimliliğini etkileyen en önemli parametreler arasında sayılabilmektedir (Doymaz, 2003). Sıcak hava kurutma adıyla da bilinen bu yöntem, kurutma işleminin yüksek sıcaklıkta ve uzun sürede gerçekleşmesinden dolayı sahip olduğu dezavantajlar aşağıda sıralanmıştır.

- gıdalardaki uçucu tat ve aroma bileşiklerinin kaybolması sebebiyle kurutulmuş ürünün karakteristik tat-aromasında önemli kayıplar
- besin değerinde kayıplar

- doku sertleşmesi ve büzüşmesi
- gıdadaki su miktarının azalması ile azalan ısı ve kütle transferi
- son ürünün renk kalitesinde azalmalar
- yüksek yağ içerikli gıdalarda acılaşma
- yüksek şeker içerikli gıdalarda yanma
- düşük enerji verimliliği (Bouraout ve diğ., 1994; Feng ve Tang, 1998; Yongsawatdigul ve Gunasekaran, 1996)

Konvansiyonel kurutma prosesinde, gıdaya uygulanan ısı, gıdanın iç kısımlarına kadar homojen bir şekilde iletilemediği için, kurumanın son aşamalarında kütle transferi yavaşlamakta ve bu sebepten dolayı gıda içerisindeki su hapsolmaktadır. Bu durum, yüzeyde çatlamalara, buruşmalara ve istenmeyen son ürün dokusu ve rengine sebep olmaktadır. Bu olumsuzlukları gidermek için, konvansiyonel kurutma işleminin, mikrodalga hibritli kurutma veya vakum destekli kurutma işlemleri ile birleştirilerek gıdaların kurutulması çalışmaları, son yılların yeni kurutma teknolojileri arasında gösterilmektedir (Maskan, 2001; Zank ve diğ., 2006).

2.3.3 Dondurarak kurutma

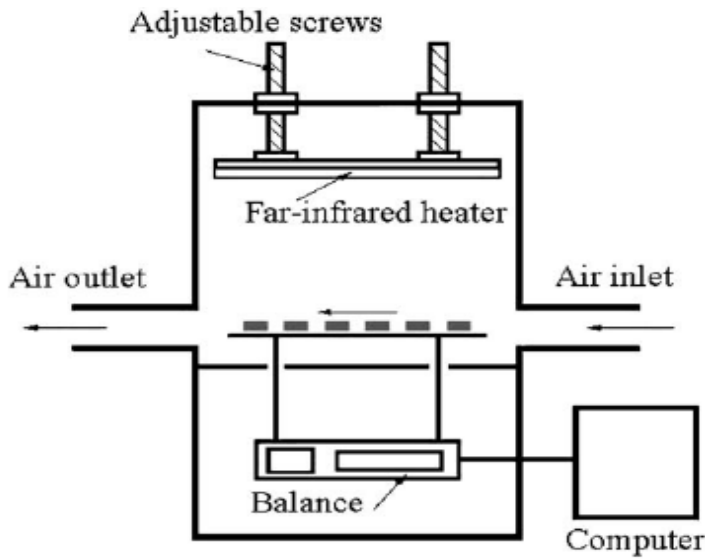
Gıdaların dondurularak kurutulması, ürünün önce dondurulup ardından donmuş üründe bulunan suyun vakum yardımıyla direk süblimasyon ile uzaklaştırılması yöntemine dayanmaktadır. Dondurarak kurutma yöntemi, düşük sıcaklıklarda gerçekleştiği için, mikrobiyal gelişme engellenmekte, ayrıca kurutma esnasında gıdadaki su katı formda olduğu için ürün şekli korunmaktadır (Erbay ve Küçüköner, 2008). Ayrıca, mikrobiyal gelişmenin yanında, kimyasal ve enzimatik reaksiyonlar da engellenerek ürün stabilitesi korunmaktadır (Hammami ve Rene, 1997). Bu yöntem, sıcaklık değişimlerinden olumsuz yönde etkilenen, stabil olmayan ve yüksek şeker içeriğine sahip gıda maddeleri için oldukça uygundur. Ayrıca, dondurarak kurutma yönteminde gıdadaki serbest su tamamıyla uzaklaştırıldığı için diğer yöntemlere göre oldukça güvenilir bir yöntemdir (Baker, 1997).

Dondurarak kurutma işlemi, yüksek kurulum ve işletme maliyeti sebebiyle sık tercih edilen bir yöntem değildir. Bu nedenle farklı kurutma yöntemleri ile beraber kullanılması, dondurarak kurutma yönteminin bu dezavantajını avantaj haline getirmektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar, mikrodalga destekli dondurarak kurutma prosesi ile kurutulan ürünlerin, yalnızca dondurarak kurutulan ürünlere göre

daha ucuz proses maliyetine ve daha yüksek kaliteli son ürünlere sahip olduğunu göstermektedir (Zhang ve diğ., 2006). Lin ve arkadaşlarının, bu konuda yaptıkları bir çalışmada, çilek kurutulması işleminde, dondurarak ve konvansiyonel kurutma yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Konvansiyonel kurutma ile kurutulan çileklerin kalitesi dondurarak kurutulan çileklerin kalitesi ile karşılaştırılmasında, dondurarak kurutulan çileklerin duysal açıdan ve besin içeriği bakımından oldukça yüksek kaliteye sahip olmalarına karşın uçucu organik bileşiklerin kaybı sebebi ile tat ve aroma bakımından daha az beğenildiği görülmüştür. Vakum destekli mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulan çileklerde ise yüksek besin değeri ve tekstürel kalitenin yanında, konvansiyonel kurutma yöntemine kıyasla çileklerin tat ve aromasının daha yüksek beğenilirliğe sahip olduğu görülmüştür (Lin ve diğ., 1998).

2.3.4 Kızılötesi kurutma

Kızılötesi radyasyon (IR), dalgaboyu; 0.76-1000 mm aralığında olup, elektromanyetik spektrumdaki yeri, görünür ışıkla mikrodalga arasında yer alır. Şekil 2.4'de gıdaların kızılötesi kurutma diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 2.4 : Kızılötesi kurutma diyagramı (Wang ve Sheng, 2005).

Gıda maddeleri, kızılötesi radyasyona maruz bırakıldıklarında, ortaya çıkan enerjiyi değişen oranlarda soğurma kabiliyetine sahiptirler (Özkoç, 2009). Gıda ve ısıtıcı arasındaki enerji transfer oranı gıda ve ısıtıcı arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. Hava aracılığıyla ısıtıcıdan yayılan kızılötesi enerji gıda tarafından absorbe edilir; enerji gıda molekülleri interaksyonuyla ısıya çevrilir. Konvansiyonel ısıtmada ise ısı gıdanın yüzeyine sıcak hava sirkülasyonu ile sağlanır.

Gıda endüstrisinde pişirme, çözündürme, haşlama, kavurma, pastörizasyon, sterilizasyon gibi proseslerde kullanılan kızılötesi kurutma yöntemi, son zamanlarda gıdaların kurutulması için de kullanılmaya başlanmıştır. Kızılötesi kurutmanın, geleneksel kurutma yöntemlerine göre (güneşte kurutma ve konvansiyonel kurutma) avantajları, homojen ısınma, besin kayıpları ve diğer kalite kayıplarının azaltılması, ekipmanın esnek kullanım sağlaması ve enerji tasarrufuna sahip olması şeklinde sıralanabilir (Krishnamurthy, 2008). En önemli avantajı ise kısa kurutma süresidir. Kızılötesi radyasyonunun doğrudan materyale nüfuz etme özelliği, materyalin yüzeyini yakmadan enerji akısının artışı mümkün kılar ve böylece geleneksel ısıtma metotlarında kıyasla gıdanın ısınma süresini kısaltır.

Kızılötesi kurutma yönteminin veriminde, kurutulan gıda maddesinin şekli ve kalınlığının etkisi oldukça büyüktür. Homojen olmayan ürünlerde düzensiz ısınma, kalın olan ürünlerde ise yetersiz kuruma gerçekleşmektedir. Das ve arkadaşlarının (2004) yaptığı bir çalışmada, kalın gıdaların veya pirinç gibi yığın halde kurutulan gıdaların homojen olmayan ısınma sorunu yaşadığını belirtmişlerdir. Ayrıca Fasina ve arkadaşlarının (1997) yaptığı bir başka çalışmada, bakliyat tohumlarının sıcaklığının, kızılötesi ısıtma ile 140°C'ye çıkmasının yüzeyde çatlamalara neden olduğu belirtilmiştir. Kızılötesi kurutma yönteminin bu gibi dezavantajları nedeniyle, mikrodalga hibritli kurutma yöntemi ile kombinasyon halinde kullanılmasının, hem enerji verimliliği hem de son ürün kalitesi açısından daha olumlu sonuçlar vereceği düşünülmüş ve yapılan araştırmalar bunu kanıtlamıştır. Kızılötesi ve mikrodalga kombinasyonu ile kurutulan ekmeklerin kuruma süresinin, konvansiyonel kurutmaya göre % 97 oranında daha kısa olduğu, ayrıca ekmek içi renk kalitesinin de daha iyi olduğu gözlemlenmiştir (Tireki ve diğ., 2006).

2.3.5 Vakum altında kurutma

Vakum gıdada bulunan suyun düşük sıcaklıklarda atmosferik kosullardan daha kolay buharlaşmasını sağlamaktadır. Vakum uygulamalı kurutma yöntemlerinde, ortamdaki oksijen konsantrasyonu azaldığı için, oksidasyon reaksiyonları azalmaktadır. Bu nedenle,, vakum kurutucularda kurutulmuş olan ürünlerin renk, tekstür ve aroma kalitelerinin geleneksel kurutma yöntemlerine göre daha iyi korunduğu belirtilmektedir (Erbay ve Küçüköner, 2008). Fakat vakum sistemi ile gıda kurutmak için, ortamda bir ısı transferine ihtiyaç vardır. Bu yüzden vakum

sistemi, diğer kurutma yöntemlerine destek olarak kullanılmaktadır. Yapılan pek çok araştırmada, vakumlu kurutma sistemlerinin kolay bozulabilen ve ısıl zararlanmaya uğrayabilen gıdalar için oldukça avantajlı bir yöntem olduğu belirtilmektedir (Giri ve Prasad, 2007).

Mantarların vakum destekli mikrodalga kurutma ve konvansiyonel kurutma yöntemleri ile kurutulması sonucunda kuruma sürelerinin ve rehidrasyon karakterlerinin incelendiği bir çalışmada, 115, 200, 285 W mikrodalga güçleri, 50, 60 ve 70°C hava sıcaklıkları, 6,5 15 ve 23,5 kPa basınç parametreleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda 285 W + 15 kPa parametresinin % 90 oranında kuruma süresini kısalttığı belirtilmiştir. Ayrıca vakumlu kurutma, gıdaları kuruturken yüksek poroziteye sebep olduğu için, son ürünlerin rehidrasyon kapasitesi daha yüksektir. Bu çalışmada da vakum destekli kurutulan mantarlar, konvansiyonel kurutulanlara göre % 50 oranında daha yüksek rehidrasyon kapasitesine sahiptir (Giri ve Prasad, 2007).

2.3.6 Mikrodalga kurutma

Gıdaların mikrodalga ile kurutulması prosesi, magnetrondan çıkan ve kurutma haznesi duvarlarından yansıyan mikrodalgaları emen moleküllerin, dalgaların elektrik alanına göre düzenli bir yapıya geçme eğilimi göstermesi, elektrik alanın saniyede yaklaşık 2,45 milyar kez salınarak su moleküllerinin konumlarını değiştiği ve bu sayede meydana gelen sürtünmenin etkisiyle gıdanın ısınması prensibine dayanır (Gowen, 2006). Gıdaya mikrodalga uygulamasında, gıdanın her bölgesi eşit düzeyde ve böylece homojen bir kurutma sağlanır.

Mikrodalga frekansı, mikrodalga gücü ve ısıtma hızı, uygulanan sıcaklık ve süre, gıdanın su içeriği, kütlesi, kalınlığı, yoğunluğu, termal özellikleri ve elektriksel iletkenliği gibi özellikler mikrodalga kurutma verimini etkileyen parametrelerdir (George ve Burnett, 1991; Schiffmann, 1986).

Mikrodalga hibritli konvansiyonel kurutma yönteminin (mikrodalga ve konvansiyonel kurutma yöntemlerinin birleştirilmesi) geleneksel kurutma yöntemlerine göre avantajları aşağıda sıralanmıştır;

- yüksek son ürün kalitesi (renk, aroma, besin değeri)
- minimum yüzey sertleşmesi ve çatlaması

- düşük kuruma süresi
- geniş ürün yelpazesine uygulanabilirlik
- hızlı ısı transferi
- hızlı kütle transferi
- uçucu organik bileşenlerin korunması
- yüzeyde sertleşmenin engellenmesi
- enerji tasarrufu
- ekipmanın kolaylıkla temizlenmesi
- parametrelerin kolaylıkla değiştirilebilmesi (Bondaruk ve diğ., 2007; Maskan, 2000; Özkan ve diğ., 2007).

Muzun kurutulması prosesinde kullanılan, konvansiyonel kurutma, mikrodalga kurutma ve konvansiyonel + mikrodalga kurutma proseslerinin ürünün kuruma süresi ve son ürün kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada; 4,3, 7,4 ve 14 mm kalınlıklarında kesilen muz dilimlerine konvansiyonel kurutmada 60°C sıcaklıktaki ve 1,45 m/s hızındaki hava akımı, mikrodalga kurutmada 350 W, 490 W ve 700 W güç seviyelerindeki mikrodalga, konvansiyonel+mikrodalga kurutmada ise öncelikle 60°C sıcaklıktaki ve 1,45 m/s hızındaki hava akımı, ardından 350 W mikrodalga uygulaması uygulanmıştır. Sonuç olarak, mikrodalga + konvansiyonel kurutma prosesi, konvansiyonel kurutmaya göre, kurutma süresini % 65 oranında kısaltırken son ürün parlaklığını arttırmıştır (Maskan, 1999).

Elma ve mantarın konvansiyonel ve mikrodalga + konvansiyonel olarak kurutulması proseslerinin kuruma süresi ve renk kalitesi üzerinde etkisinin incelendiği bir diğer çalışmada; elma ve havuç dilimleri; 2450 MHz mikrodalgada 40, 60 ve 80°C hava sıcaklıklarında, 0,5, 1 ve 1,5 m/s hava hızları ile kurutulmuştur. Çalışmanın sonucunda, düşük hava hızının yüzey kararmasına neden olduğu, bu nedenle hava hızının minimum 1 m/s olması gerektiği vurgulanmıştır. Mikrodalga kurutma prosesinde, mantarlar üzerinde elmalara göre daha olumlu sonuçlar alınmıştır. Mikrodalga destekli konvansiyonel kurutmada; her iki ürün için de 80°C hava sıcaklığı ve 1,5 m/s hava hızı, kurutmada optimum koşul olarak belirlenmiştir (Funebo ve Ohlsson, 1998).

Mikrodalga güç seviyelerinin, ıspanak bitkisinin kuruma süresi ve renk kalitesinin üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, 50'şer gramlık ıspanak örneklerine, 90, 160, 350, 500, 650, 750, 850 ve 1000 W'luk mikrodalga güç seviyeleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, Şekil 3.4'da de görüldüğü üzere 90 W seviyesindeki 68 dakikalık kuruma, 1000 W seviyesi ile 5 dakikaya inmektedir. 90 W kurutmada renk kalitesi, 500 W kurutmada ise parlaklık yüksek derecede beğenilmiş olup, 750 W kurutma optimum renk kalitesi, askorbik asit miktarı ve en kısa kurutma süresi olarak belirlenmiştir (Özkan ve diğ., 2007).

Günümüz hayat şartlarında her prosesin en hızlı olanı tercih edildiği gibi gıdaların kurutulması prosesinde de hızlı yöntemler büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle, geleneksel kurutma yöntemleri ile gıdaların günlerce hatta haftalarca kuruması beklemek, hem de son ürün kalitesi düşük ürünler elde etmek yerine mikrodalga ve mikrodalga hibritli gıda kurutma yöntemlerinin kullanılması, tüketicilere her açıdan büyük avantaj sağlamaktadır.

2.4 Önişlem Uygulamalarının Gıda Kalitesi Üzerine Etkileri

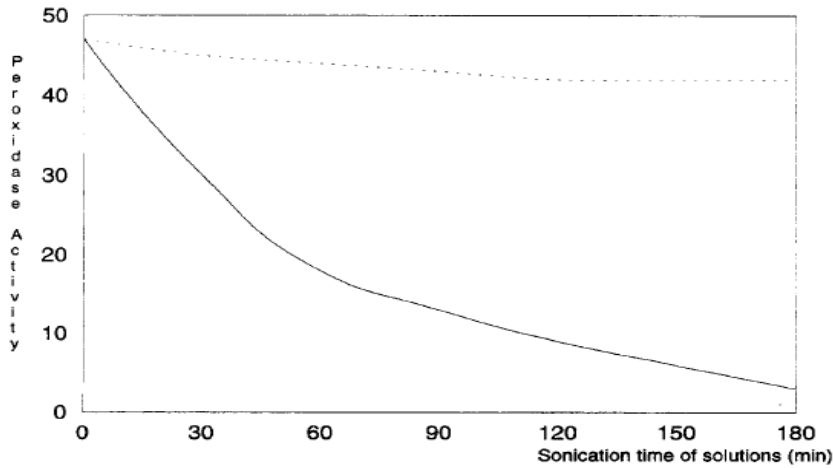
Gıdaların kurutulmadan önce gıda tipine göre belirlenen önişlemlerin uygulanması, farklı kurutma proseslerinin gıda üzerindeki zararlı etkilerini azaltırken, kurutma süresinin kısalması ve son ürün kalitesinin artırılması bakımından büyük önem arz etmektedir. Ultrasonik veya osmotik önişlemler uygulanarak kurutulan gıda maddelerinin besin değerlerinin ve fonksiyonel özelliklerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Mrad ve diğ., 2012).

2.4.1 Ultrasonik önişlem uygulaması

Ultrasonik, mekaniksel nitelikte olan ve insanların işitebileceği, 20 kHz - 100 kHz frekans aralığındaki ses dalgalarıdır (Nowacka ve diğ., 2012). Son yıllarda gıda endüstrisinde kullanımı artan ultrasonik uygulaması, katılardan fenolik bileşiklerin ekstraksiyonu, kırmızı ve sarı pigmentlerin ekstraksiyonu, soya fasulyesinden yağ ve proteinlerin ekstraksiyonu, üzüm, erik, mango gibi meyvelerde hücre zarının geçirgen hale getirilmesinden, meyve suları, püre, sos gibi kıvamlı gıdaların stabilizasyonuna kadar pek çok alanda kullanılmaktadır (Bayraktaroglu ve Obuz, 2006).

Ultrasonik uygulama, gıdalarda kavitasyon etkisi yaratarak ısı ve kütle transferini hızlandırmakta ve suyun uzaklaşmasını kolaylaştırmaktadır (Balanco ve diğ., 2006). Ayrıca, ultrasonik uygulamaların gıdada yarattığı kavitasyon etkisi, protein denatürasyonu ve polifenoloksidaz (PPO), peroksidaz (POD) ve lipoksigenaz (LOX) gibi enzimlerin inaktivasyonuna sebep olmaktadır (Chemat ve diğ., 2011; Day ve diğ., 2012; Nielsan ve diğ., 1998). Bu durum, ultrasonik uygulamaları, enzim aktivitesi çok yüksek olan ve bu nedenle ısıl işlem ile kurutulurken hızlı bozulan meyve ve sebzeler için bir avantaja dönüştürmektedir.

Yapılan bir çalışmada, 20°C ve 7 Ph değerindeki 0,1N Potasyum sorbat içerisinde çözündürülen peroxidase:sigma-P8000'in 3 saatlik 30 kHz ultrasonik uygulama boyunca aktivitesindeki değişim incelenmiştir (Mason ve diğ., 1996). Şekil 2.5'de Peroksidaz aktivitesinin 3 saatlik uygulama sonunda yaklaşık % 90 oranında azaldığı görülmektedir.



Şekil 2.5 : Ultrasonik uygulama ile Peroksidaz aktivitesindeki değişim (Mason ve diğ., 1996).

Nowacka ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, konvansiyonel kurutmadan önce ultrasonik önışlem uygulanan elma dilimlerinin büzüşmelerinin % 9-11 azaldığı, porozitelerinin ise % 9-14 arttığı görülmüştür. Ayrıca, ultrasonik önışlem sayesinde elma dilimlerinin kuruma süreleri kuruma sürelerinin % 31 oranında azalmıştır (Nowacka ve diğ., 2012).

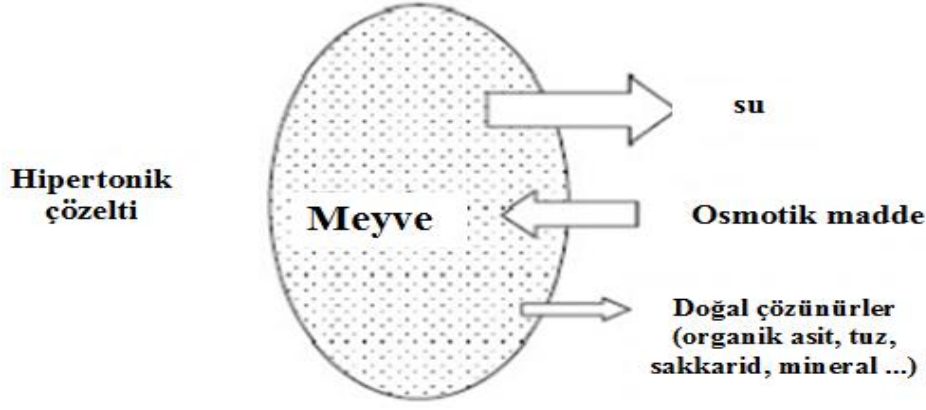
Ultrasonik önışlem uygulamasının, böğürtlen meyvesinin konvansiyonel kuruma oranı ve antioksidan kapasitesi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada; LDPE poşetlerle paketlenen 150 gramlık böğürtlen örneklerine, ultrasonik prob ile 400 W güç ve 25 Khz frekansında 10, 20 ve 30 dakikalık sürelerde ultrasonik önışlem

uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, önışlem süresi arttıkça böğürtlenlerin kuruma oranının 5 kat arttığı, antioksidan kapasitesinin ise 4 kat azaldığı (taze böğürtlen: $82 \pm 0.3\%$, 30 dk ultrasonik önışlemlle kurutulmuş böğürtlen: $20.1 \pm 3.1 \mu\text{mol TE / g FW}$) görölmüşür. Ultrasonik işleml, böğürtlenle bulunan antioksidan bileşiklerinin, ortamdaki suya geçmesine sebep olduğu, buyüzden antioksidan miktarını düşürdüğu belirtilmektedir (Romero ve Yepez, 2015).

Ultrasonik önışleml uygulamaları, kurutma proseslerinden önce önışleml olarak uygulanabildiği gibi, proses sırasında kurutma havası yoluyla da uygulanabilmektedir. Rodriguez ve arkadaşlarının bu alanda yaptığı bir çalışmada, elmaların konvansiyonel olarak kurutulması sırasında ortama farklı frekanslarda ultrason uygulanmıştır. Çalışmada ultrason uygulamasının kuruma süresi ve son ürünlerin flavonoid ve polifenol miktarları ve mikroyapıları üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, ultrason uygulamasının elmaların flavonoid ve polifenol miktarlarını ciddi anlamda koruduğu, mikroyapıları üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ve elmaların kurutma süresini % 30-50 arasında kısalttığı, gözlemlenmişlerdir.

2.4.2 Osmotik önışleml uygulaması

Osmotik kurutma özellikle meyve ve sebze gibi materyallerin, yüksek derişimli çözeltilerin içine konması ve üründen su uzaklaştırılması işlemdir. Çok eski yıllardan beri bilinen bu yöntem, son zamanlarda, farklı kurutma yöntemlerinden önce önışleml olarak kullanılmaya başlamıştır. Şekil 2.6'da gösterildiği şekilde, osmotik önışleml sırasında, gıda ürünü ve konsantre çözelti arasında; gıdadan çözeltiye su geçişi, çözeltilen gıdaya madde geçişi ve gıdadan çözeltiye çözünene madde (şeker, mineral, organik asit vb.) geçişi olmak üzere 3 farklı kütle transferi gerçekleşmektedir.



Şekil 2.6 : Osmotik işlem sırasında gerçekleşen 3 farklı kütle transferi (Singh ve Hathan, 2014).

Gıdaların farklı yöntemlerle kurutulmasından önce, osmotik kurutma yönteminin bir ön işlem olarak uygulanması, ürünü oksidatif bozulmadan korunmakta, uçucu bileşen kaybını azaltmakta ve gıdanın kuruma süresini kısaltmaktadır. Osmotik kurutmanın en önemli dezavantajı ise, gıdadaki çözünür bileşenlerin, osmotik solüsyona geçmesidir. Bu yüzden osmotik kurutma, başlı başına bir kurutma yöntemi olarak değil, farklı kurutma yöntemlerinden önce bir ön işlem olarak önerilmektedir (Bekele ve Ramaswamy, 2010). Ayrıca, osmotik kurutma ürün kalitesini iyileştirmenin yanı sıra gıdaların kurutulmasında enerji sarfiyatını da azaltmaktadır. Osmotik kurutma öncesi ya da osmotik kurutma ile birleştirilerek uygulanan bu teknikler hücre zarında gözenek oluşumunu artırmaktadır. Dolayısıyla katı kazancı ve su kaybı daha hızlı gerçekleşmektedir (Eroğlu ve Yıldız, 2011).

Torrington ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, mantarın mikrodalga ve sıcak hava kombinasyonu ile kurutulması prosesinde, osmotik ön işlem uygulamasının kurutma kalitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada % 10 ve % 15’lik tuz çözeltileri, 10, 30, 50, 70 ve 110 dakika daldırma süreleri ve 20°C ve 40°C su banyosu sıcaklıkları kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda; % 15’lik tuz çözeltisinde bekletilen mantarların, mikrodalga hibritli kurutmada 10 dakikada kururken, osmotik ön işlem uygulanmamış mantarların 13 dakikada kuruduğu, ayrıca % 15’lik tuz çözeltisinde bekletilen mantarların kurutma sonrasında tuz miktarlarının maksimum olduğu gözlemlenmiştir. Osmotik ön işlemin ürün büzüşmesini % 30 oranında azalttığı ve ürünün rahidrasyon özelliklerini iyileştirdiği belirtilmiştir (2001).

Elma dilimlerinin mikrodalga hibritli kurutulmasından önce, % 33’lük sakkaroz çözeltisi ile osmotik ön işlem uygulamasının son ürün kalitesi üzerine etkisinin

incelendiği bir çalışmada; osmotik önışlemin renk kalitesi üzerine önemli bir etkisi gözlemlenmezken, son ürün yumuşaklığını arttırdığı ve büzüşmeyi engellediği görülmüştür (Azarpazhooh ve Ramasmway, 2011).

Muzun konvansiyonel olarak kurutulması işleminde 10, 20 ve 30 dakikalık ultrasonik önışlem ve 50 °Brix şeker yoğunluklu 60 ve 120 dakikalık daldırma süreli osmotik önışlem uygulamalarının kuruma zamanı üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, önışlem uygulamalarının kuruma süresini ortalama % 11 oranında azalttığı görülmüştür (Fernandes ve Rodrigues, 2007).

Konvansiyonel olarak kurutulan tatlı kabağın kalitesi üzerine osmotik önışlem etkisini inceleyen bir çalışmada, Tepki-Yüzey yöntemi, Merkezil bileşik deney tasarımı kullanılarak 3 parametre ile deney tasarımı yapılmıştır. Deneyde, 35 – 65 °C sıcaklıklarındaki 30 – 60 °Brix sükroz çözeltilerine 90 ve 120 dakika daldırılan kabak cipsleri duyusal açıdan değerlendirilmiştir. Duyusal analizlerin sonucunda, osmotik önışlem süresi arttıkça büzüşme ve genel beğenilirliğin arttığı, önışlem sıcaklığı arttıkça renk ve aromada beğenilirliğin azaldığı ve çözelti şeker yoğunluğu arttıkça tatlılığın ve genel beğenilirliğin arttığı fakat renk beğenilirliğinin azaldığı gözlemlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, optimum önışlem parametresi, 58.3 °C’de, 57.8 °Brix sükroz çözeltisinde, 146.7 dakika daldırma olarak belirlenmiştir (Lee ve Lim, 2011).

2.5 Kurutulmuş Gıdalarda Kalite Kriterleri

Gıda maddeleri kurutulma prosesinde fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak pek çok değişime uğramaktadır. Bu değişimler kuru gıda kalitesi için hem avantaj hem de dezavantaj olabilmektedir. Gıdaların yüksek sıcaklıklarda uzun süreler kurutulmasının, gıdanın toplam kalite kriterleri üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğu, yapılan pek çok çalışma ile kanıtlanmıştır (Marfil ve diğ., 2008).

Günümüze kadar yapılmış olan farklı gıda kurutma teknikleri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, kurutulmuş gıdaların kalitesinin antioksidan aktivitesi, vitamin miktarı, protein miktarı, mikroyapı, renk, tekstür ve rehidrasyon kapasitesi gibi parametreler ile belirlendiği görülmektedir (Deng ve diğ., 2011; Deng ve diğ., 2014; Di Scala ve Crapiste, 2008).

2.5.1 Nem miktarı

Nem miktarı, bir gıda maddesinde bulunan su miktarı olarak ifade edilmektedir. Nem miktarı, gıdanın raf ömrünü etkileyen önemli parametrelerden biri olup, her gıdanın ortalama nem miktarı, standartlarda belirtilmektedir. Gıdada su, bağıl su, serbest su ve absorbe su olmak üzere 3 farklı şekilde bulunmaktadır. Bağıl su; protein ve karbonhidrat moleküllerine bağlı su, absorbe su; gıdaların üst yüzeyinde bulunan su, serbest su ise hücreler arasında bulunan, gıda raf ömrü açısından kritik olan, mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetleri için kullanabildiği ve kurutma ile uzaklaştırılabilen sudur.

Tıpkı su aktivitesi gibi her gıdanın nem miktarı da kendisine özgü olarak farklılık göstermektedir. Çizelge 2.3’de farklı gıda gruplarının ortalama nem miktarları belirtilmiştir.

Çizelge 2.3 : Gıdaların bileşiminde bulunan ortalama nem miktarları (Timmes, 2007).

Gıdalar	Nem miktarları (%)
Taze sebze ve meyveler	75-95
Süt	85
Taze yumurta	70-75
Et	45-65
Tahıl, kuru baklagil, kuru yemiş	5-15

Bir gıda maddesini değerli kılan kuru madde miktarıdır ve kuru madde miktarı, gıdanın nem miktarı ile ters orantılıdır. Gıdadaki su miktarının artması ile besin içeriği azalacağı için gıdanın ticari değeri düşer. Bunun yanında; gıdanın su miktarının artması ile enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları (maillard reaksiyonları) ortaya çıkacaktır. Ayrıca; mikroorganizmaların gelişmesi, gıdanın su miktarı ile doğru orantılı olarak değişmektedir (Alanyalı ve diğ., 2009). Bu nedenle, gıdanın nem miktarı, ürünün stabilitesi ve raf ömrü açısından oldukça önemlidir.

2.5.2 Su aktivitesi

Su aktivitesi (a_w), bir gıda maddesinin su buharı basıncının, aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranı olup, gıdaların optimum koşullarda işlenebilmesi ve uzun süreler depolanabilmesi için önemli bir faktördür. Su aktivitesi, nem içeriğine

kıyasla, gıdaların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine daha farklı etkilere sahiptir. Su aktivitesi, gıdaların;

- hangi mikroorganizmanın potansiyel enfeksiyon riski taşıdığı hakkında,
- ürünün kimyasal stabilitesinin sürdürülüp sürdürülemeyeceği konusunda,
- enzimatik olmayan esmerleşme ve otokatalitik lipid oksidasyon reaksiyonlarının azaltılması hakkında
- enzim ve vitaminlerin aktivitesinin kaybı hakkında
- nem kaybı, tekstür ve raf ömrü gibi ürünün fiziksel özelliklerinin optimizasyonu hakkında bilgi verir (Fontana, 2000).

Mikroorganizmaların gelişebilmeleri için önemli parametrelerden biri de su aktivitesidir. Su aktivitesi değeri, mikroorganizmaların gıdada kullanabilecekleri suyun matematiksel ifadesidir. Her mikroorganizmanın gelişebileceği su aktivitesi değeri vardır.

Gıdada toksik üreten mikroorganizmaların bulunması, aynı ortamda mikotoksinlerin bulunduğunu göstermez. Bu nedenle, tıpkı mikroorganizmalar gibi, mikotoksinlerin de üretilebilmeleri için belli a_w değerleri vardır. Çizelge 2.4’de bazı bakteri, küf ve mayaların gıda ürünlerinde risk oluşturduğu a_w değerleri verilmektedir.

Çizelge 2.4 : Mikroorganizmaların gıdalarda risk oluşturduğu a_w değerleri (Labuza, 1975).

a_w	Mikroorganizmalar (bakteri-küf-maya)
0.97	Clostridium botulinum, Pseudomonas fluorescens
0.95	Escherichia coli, Clostridium perfringens, Salmonella spp., Vibrio cholerae
0.94	Clostridium botulinum, Vibrio parahaemolyticus, Stachybotrys atra
0.93	Bacillus cereus, Rhizopus nigricans
0.92	Listeria monocytogenes
0.91	Bacillus subtilis
0.90	Staphylococcus aureus(anaerobik), Saccharomyces cerevisiae
0.88	Candida
0.87	Staphylococcus aureus(aerobik)
0.85	Aspergillus clavatus
0.84	Byssosclamyces nivea
0.83	Penicillium expansum, Penicillium islandicum, Penicillium viridicatum
0.82	Aspergillus fumigatus, Aspergillus parasiticus
0.81	Penicillium cyclopium, Penicillium patulum
0.80	Saccharomyces bailii
0.79	Penicillium martensii
0.78	Aspergillus flavus
0.77	Aspergillus niger, Aspergillus ochraceous
0.75	Aspergillus restrictus, Aspergillus candidus
0.71	Eurotium chevalieri
0.62	Saccharomyces rouxii
0.61	Monascus bisporus
0.60	MİKROBİYAL ÇOĞALMA YOK.

Görüldüğü üzere her mikroorganizmanın gelişebileceği a_w aralığı farklı olup 0.6 a_w 'den sonra mikroorganizma gelişimi görülmemektedir. Hem gıdaların kuruma verimi hem de kurutulduktan sonra depolama kalitesi için, kurutulmuş gıdaların su aktiviteleri önemli bir parametredir.

2.5.3 Tekstür

Tekstür, hem işlenmiş hem de taze gıdaların reolojik ve yapısal özelliklerinin tümü olarak tanımlanmaktadır. Gıdanın kalitesi ve tüketici algısı için önemli faktörlerden

birisidir. Gıdaların kurutulması sırasında meydana gelen kimyasal değişimler, gıdanın tekstürünü büyük ölçüde etkilemektedir. Örneğin; kurutma yöntemine bağlı olarak gıdada meydana gelen selüloz kristalizasyonu, pektin degradasyonu ve nişasta jelatinizasyonu gibi kimyasal olaylar, gıda tekstürünü olumsuz etkiler. Ayrıca, yüksek sıcaklıklarda gıdaların kurutulması, yüzeyde kabuklaşmasına (case hardening) neden olur. Bu durum, suyun gıdadan uzaklaşmasını engellediği için gıdanın kuruma oranını düşürür ve tekstürü olumsuz etkiler. Bu nedenle gıda tipine uygun kurutma yöntemlerinin seçilmesi, son ürün tekstür kalitesi bakımından oldukça önemlidir (Fellows, 1988).

Gıdaların tekstürü duysal veya enstrümental olarak ölçülebilmektedir. Enstrümental yöntemler; gıdaya hasar verenler (penetrasyon testi, SENB testi, delme testi, akustik emisyon metodu) ve gıdaya hasar vermeyenler (ultrasonik metod, MRI, visible and shortwave near infrared, online hiperspektal tarama) olarak ikiye ayrılmaktadır. Uygun yöntem seçilirken, yöntemin deneysel çalışma maliyetine, gıda tipine ve proses tipine bakılmalıdır (Chen ve Opara, 2013).

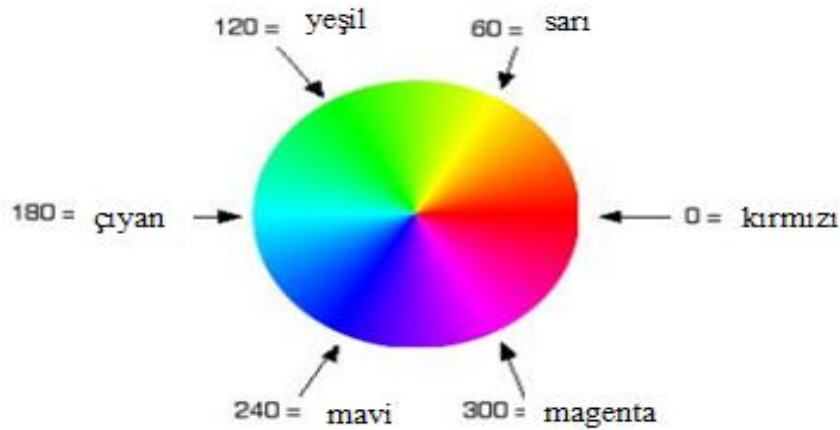
Paengkanya ve arkadaşlarının (2015) yaptığı bir çalışmada, durian tropikal meyvesinin mikrodalga + konvansiyonel ve mikrodalga + vakum kurutma metodları ile elde edilen cipslerin tekstür kalitesi incelenmiştir. Çalışmada, 100, 200 ve 300 W değerlerinde mikrodalga gücü, 60 ve 65°C hava sıcaklığı ve 10 ve 30 kPa vakum uygulaması kullanılmıştır. Tekstür analizi için, 30 mm/sn hızına ayarlanan 5 mm çapında prob kullanılmıştır. Cipslerin tekstürü, probun delmek için uyguladığı kuvvet (N) ile cipslerin sertlik değeri (Hardness) olarak ifade edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, 150 W mikrodalga + 65°C hava sıcaklığı ile elde edilen cipslerin sertlik değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

Konvansiyonel kurutma ve dondurarak kurutma proseslerinin, kabak cipsi tekstür kalitesi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, taze kabak örneklerinin en yüksek sertlik değeri sahip olduğu fakat kurutma hava sıcaklığının artmasıyla, cipslerin sertlik değerlerinin düştüğü belirtilmiştir. Dondurarak kurutma yönteminin, daha yumuşak kabak cipsi eldesine sebep olduğu vurgulanmıştır (Guine ve Barroca, 2012).

2.5.4 Renk

Kurutulmuş gıdalarda, tüketicilerin beğeni algısı, gıdaların görünüşü ve rengi ile yakından ilgilidir. Gıdaların yüksek sıcaklıklarda kurutulması esnasında, enzimatik veya enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları nedeniyle, renk değişimleri ve bozulmaları gözlemlenmektedir. Gıdaların renk kalitesi parlaklık; L, kırmızılık-yeşillik; a, sarılık ve mavilik; b olarak ölçülmektedir. Ölçümler sonucu çıkan yüksek a değeri, gıdada esmerleşme reaksiyonlarının gerçekleştiğinin göstergesidir. Meyve ve sebzelerin mikrodalga hibritli kurutulması sonucu, minimum 'a' değerleri gözlemlenmektedir (Sharma and Prasad, 2001).

Gıdaların L, a ve b renk parametrelerinin ortak olarak değerlendirilebilmesi için Hue açısı ve Chroma (C) sayısı kullanılmaktadır. Chroma, gıdaların parlaklığı ve matlığı hakkında karşılaştırma yapılabilmesine olanak sağlarken, Hue açısı ise, gıdaların işlem öncesi veya işlem sonrası renklerinin belirlenmesine yardımcı olur. Şekil 2.7'de hesaplanan Hue açılarına karşılık gelen renkler gösterilmiştir (Briggs, 2012).



Şekil 2.7 : Hue tablosu (Briggs, 2012).

Meyve, sebze, aromatik bitkiler ve baharatların kendilerine has pigmentleri (karetonoid, klorofil, antosiyanin, betalain) bulunmaktadır. Bu pigmentler kurutma sırasındaki yüksek sıcaklık uygulamalarında enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonlar sonucunda bozulurlar ve depolama süresince de bozulmaya devam ederler (Marty-Audouin ve diğ., 1992). Yağda çözünebilen yeşil pigmentler olarak bilinen klorofiller, yüksek sıcaklık ve H iyonlarına karşı, sarı ve turuncu pigmentler olarak bilinen karetonoidler ise sıcaklık, ışık ve oksijene karşı ve mor ve pembe renk pigmentleri olarak bilinen antosiyaninler ve mavi renk pigmentleri olarak bilinen betalainler ise ortam asitliği, sıcaklık ve oksijene karşı duyarlıdır (Bonazzi ve

Dumoulin, 2011). Bu yüzden kurutulacak gıda ürününe göre kurutma yöntemlerinin seçilmesi, gıdaların son ürün renk kalitesi bakımından oldukça önemlidir.

Konvansiyonel ve dondurarak kurutma yöntemleri ile kurutulan yeşil biber ve bal kabağı örneklerinin renk değişimleri üzerine kurutma parametrelerinin etkisinin incelendiği bir çalışmada L, a ve b değerleri ölçülerek hesaplanan Chroma (C), Hue açısı ve toplam renk eğişimi (ΔE) değerleri, biber için Çizelge 2.9'da, kabak için Çizelge 2.10'da gösterilmiştir. Yapılan renk analizlerinde, biber için kurutma sıcaklığının artmasıyla, 'L' (parlaklık) ve 'b' (sarılık) değerlerinin azaldığı, 'a' (yeşillik) değerinin ve toplam renk değişiminin arttığı belirtilmiştir. Çalışmada elde edilen Hue değerleri, Şekil 2.11'deki Hue tablosu ile yorumlandığında, kurutma sıcaklığının artması, biber renklerinin yeşilden sarıya kaydıyı görülmektedir. Dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulan biber örneklerinin parlaklığı, en fazla, toplam renk değişimi en azdır. Diğer parametreler arasında önemli bir fark belirtilmemiştir (Guine ve Barroca, 2012).

Bal kabağının kurutulması sırasında, kurutma sıcaklığının artması, 'L' (parlaklık) değerini düşürürken, 'a' (kırmızılık) ve 'b' (sarılık) değerlerini ve toplam renk değişimini arttırmaktadır. Çalışmada elde edilne Hue değerleri, Şekil 2.11'deki Hue tablosu ile yorumlandığında, kurutma sıcaklığının artması, bal kabağının renginin kurutma ile beraber açık sarıdan koyu sarıya kaydığı görülmektedir. Dondurarak kurutma yöntemi ile kurutulan kabak örneklerinin parlaklığı en fazla iken diğer parametreler arasında önemli bir fark belirtilmemiştir (Guine ve Barroca, 2012).

2.5.5 Mikroyapı

Gıdaların kurutulması sırasında, hücreler içerisindeki suyun uzaklaşması ile hücre duvarlarının yavaş yavaş çökmesi nedeniyle gıdanın yapısı bozulmakta ve gıda yüzeyinde büzüşmeler meydana gelmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, kurutma süresince, gıdanın yarıçapı, yüzey alanı, boyu, eni ve kalınlığında azalmaların meydana geldiği ve bunun gıdanın mikroyapısındaki değişimler sonucu olduğu gözlemlenmiştir (Ramos ve diğ., 2004).

Kurutma işlemi sırasında, gıdanın mikroyapısının bozulması; son ürünün görsel kalite algısında azalma yaratacağı için istenmemektedir. Ayrıca, mikroyapıdaki bozulmalar, kurutma sırasında gıdanın ısı ve kütle transferinde azalmalara ve değerli bileşenlerin gıda içerisinde tutulamayarak su ile birlikte uzaklaşmasına sebebiyet

vereceği için, uygun kurutma yöntemi, uygun önişlem ve uygun kurutma zamanının seçilmesi, son ürün görsel kalitesi ve biyoyararlılığı bakımından oldukça önemlidir (Niamnuy ve diğ., 2014). Gıdaların yüksek sıcaklıklarda kurutulması sonucunda, mikroyapının daha çok bozulduğunu belirtilmektedir (Reeve, 1943). Ramos ve arkadaşları, üzümün farklı sıcaklıklarda (20, 30, 40, 50 ve 60°C) kurutulması sırasında mikroyapısındaki değişimleri Stereo mikroskobu ile incelemişler ve 60°C’de kurutulan örneklerin hücresel alanlarının çok daha hızlı azaldığını gözlemlemişlerdir (2004).

Gıdanın kurutulmasından önce sıcak su banyosunda bekletilmesi, ışınlaması, ultrasonik, osmotik, darbeli elektrik alan veya yüksek basınç uygulanması gibi önişlemlerin ürüne göre seçilerek uygulanması, gıdanın mikroyapısının kurutma sırasında korunmasını sağlamaktadır. Yapılan başka bir çalışmada, kırmızı biberin konvansiyonel olarak kurutulmasında önişlem uygulamasının etkisi incelenmiştir. Çalışmada önişlem olarak; CaCl_2 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ve NaCl kombinasyonu solüsyon haline getirilmiş, biberler kurutma öncesi bu solüsyon karışımında bir süre bekletilmiştir. Çalışma sonucunda, önişlem uygulanan biberlerin mikroyapısının, önişlem uygulanmayanlara göre, kurutma sırasında ve sonrasında korunduğu gözlemlenmiştir (Vega-Galvez ve diğ., 2008).

2.5.6 Rehidrasyon kapasitesi

Rehidrasyon kapasitesi, farklı gıda kurutma parametrelerine göre değişen, kurutulmuş gıdaların kalitesinin belirlenmesinde kullanılan en önemli parametrelerden biridir (Seremet ve diğ., 2015). Gıdaların rehidrasyon karakteristiği, gıdanın tekrar nemlendirilmesi sırasındaki su çekme miktarı ve su çekme hızına göre değerlendirilir. Kurutulmuş gıdaların rehidrasyon karakteristikleri, gıdaların kurutulduktan sonra tekrar işlenebilirliği veya depolanmaları sırasındaki nem çekme özellikleri hakkında bilgi verir.

Rehidrasyon kapasitesi, kurutma metodu, hava sıcaklığı, uygulanan önişlem tipi ve önişlem parametreleri, gıdanın tipini ve nemlendirme suyunun sıcaklığını parametrelerine göre değişiklik gösterebilen bir kalite kriteridir. Ispanakların mikrodalga yöntemi ile kurutulmasında, mikrodalga gücünün rehidrasyon zamanına etkisinin incelendiği bir çalışmada, 180, 360, 540, 720 ve 900 W mikrodalga güçleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, mikrodalga gücü arttıkça, ıspanakların

rehidrasyon hızlarının da arttığı ve daha fazla nem çektiği gözlenmiştir (Dadalı ve diğ., 2008).

Kurutma yönteminin rehidrasyon kapasitesi üzerine etkisinin incelendiği bir başka çalışmada, bal kabakları konvansiyonel (50, 60 ve 70°C) ve mikrodalga destekli (105, 210 ve 315 W) konvansiyonel olarak kurutulmuş, rehidrasyon karakteristikleri incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, yüksek hava sıcaklıkları ve mikrodalga güçlerinin, kabakların hücresel yapısını bozduğu, bu nedenle hücrelerin tekrar nem çekmesinin zorlaştığı belirtilmiştir. Bu söylemin sonucu olarak, yüksek mikrodalga ve hava sıcaklığı parametreleri ile kurutulan kabakların rehidrasyon oranları daha düşüktür. Ayrıca, konvansiyonel olarak kurutulan kabakların rehidrasyon oranlarının, mikrodalga destekli konvansiyonel kurutulanlara göre daha yüksek olduğu vurgulanmıştır (Seremet ve diğ., 2015). Şekil 2.13’de kurutma sıcaklığı ve kurutma yönteminin, kabakların rehidrasyon oranı üzerine etkisi gösterilmiştir.

2.5.7 Besin değeri

Gıdaların yüksek sıcaklıklarda kurutulması veya uzun proses süreli işlemlere tabi tutulması, özellikle meyve ve sebzelerin yapısındaki askorbik asit, likopen ve fenolik madde miktar ve kalitesini olumsuz olarak etkilemektedir (Gregory, 1996). Hayvansal ürünlerin yüksek sıcaklıklarda uzun süreler kurutulması ise, ürünlerin protein miktarı ve kalitesini olumsuz yönde etkilediği, yapılan bir çok çalışmada belirtilmiştir (Deng ve diğ., 2015).

2.5.7.1 C vitamini (askorbik asit)

C vitamini, diğer vitaminlere göre sıcaklık ve gıdanın nem miktarındaki değişimlerden çok fazla etkilenen ve kurutma sonucu gıdanın besin değeri kayıpları yaşamasından sorumlu vitamindir. Bu nedenle; yapılan farklı çalışmalarda, kurutulmuş gıdalardaki askorbik asit miktarı referans değer olarak kabul edilmiş, ‘eğer gıdanın askorbik asit miktarı kurutma sırasında korunabildiyse, diğer besinsel değerleri de korunmuştur’ diye varsayımlar yapılmıştır (Georgy, 1996).

Askorbik asit, aerobik ortamda çok hızlı okside olabilen ve pH, sıcaklık, ortam nemi, ortam metal iyon miktarı, oksijen ve proses süresinden çok fazla etkilenen bir vitamindir (Uddin ve diğ., 2001). Bu nedenlerden dolayı, gıdanın kurutulması sırasında ortamdaki oksijenin olabildiğince uzaklaştırılması, gıdanın C vitamini

miktarının korunması açısından önemlidir. Dondurarak kurutma, gıdanın C vitaminini koruması bakımından oldukça etkili bir prosestir (Bonazzi ve Dumoulin, 2011).

Kaya ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, farklı sıcaklık (35, 45, 55 ve 65°C) ve bağıl nem parametreleri (%40, %55, %70 ve %85) ile konvansiyonel kurutma uygulamasının domatesin C vitamini kaybı üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucuna; kurutma sıcaklığının artmasının ve bağıl nemin azalmasının, C vitamini degradasyonunu hızlandırdığı görülmüştür (2010). Yapılan bir başka çalışmada, pizza ve sebze yemeklerinde kullanılmak üzere domatesler, 60, 70, 80, 90, 100 ve 110°C arasındaki sıcaklıklarda 0,5 – 2 m/s arasındaki hava hızlarında, 2 - 10 saat arasında değişen sürelerde, maksimum %15 nem içeriğine sahip olacak şekilde kurutulmuştur. 80°C ve daha yüksek sıcaklıklarda yapılan kurutma sırasında önemli seviyelerde askorbik asit kaybı meydana geldiği raporlanmıştır (Dewanto ve diğ., 2000).

2.5.7.2 Protein

Gıda maddelerindeki peptid ve aminoasitler, gıdanın tat ve aromasından direkt olarak sorumlu bileşenlerdir. Proteinlerin yüksek sıcaklık veya başka nedenlerle degrade olması gıdanın besin değerini olumsuz etkileyeceği gibi gıdada istenmeyen koku oluşumuna sebep olur. (Dima ve diğ., 2012). Bu açıdan her gıda tipinde olduğu gibi kuru gıdalarda da protein miktarı ve kalitesi oldukça önemlidir.

Gıdalardaki protein kalitesi; aminoasit miktarı ve sindirilebilirliği ile alakalıdır. Aminoasitler yüksek sıcaklıklarda hızla bozunabilen bileşikler olup, gıda kurutma sıcaklığı, aminoasit kalitesi ve miktarı için oldukça önemlidir. Gıda tipine uygun olmayan kurutma sıcaklıklar; maillard reaksiyonlarına ve protein oksidasyonlarına neden olabilmektedir (Wu ve Mao, 2008).

Kalamar filetosunun farklı kurutma yöntemleri (dondurarak kurutma, ısı pompalı kurutma, konvansiyonel kurutma) ile kurutulması sonucu aminoasit miktarı ve protein sindirilebilirliğinin karşılaştırılması amacıyla yapılan bir çalışmada; bu yöntemler sonucu elde edilen son ürünlerin protein sindirilebilirlikleri; dondurarak kurutma (FD) (76.81%) > ısı pompalı kurutma (HDP) (70.51%) > taze et (raw) (67.99%) > konvansiyonel kurutma (AD) (61.47%) olarak belirlenmiştir. Ayrıca konvansiyonel kurutmada, ürünlere doğrudan yüksek sıcaklık uygulandığı için,

kalamarın myosin miktarının önemli miktarda düştüğü gözlemlenmiştir (Deng ve diğ., 2015).

2.5.7.3 Likopen miktarı

Likopen, gıdalara kırmızı rengini veren bir karetonoid pigmentidir. Likopen, antikanserojenik, antiallerjenik ve antimutajenik bir maddedir (Pfander, 1992) ve gıdalardaki likopen düzeyi, gıdanın olgunlaşma düzeyi ile doğrudan ilişkilidir (Wawrzyniak ve diğ., 2005).

Domates, karpuz gibi likopen miktarı yüksek olan gıdaların farklı prosesler sonucu likopen miktarlarının değişimlerinin incelendiği çalışmalarda, likopen bileşeninin ortamdaki oksijen miktarı, sıcaklık ve ışık gibi parametrelere oldukça duyarlı olduğu görülmüştür. Domatesin konvansiyonel olarak kurutulması sırasında 60, 70, 80, 90 ve 100°C sıcaklık parametrelerinin, domatesin likopen miktarı üzerindeki etkisinin incelendiği bir çalışmada; işlem görmemiş domatesin likopen miktarı 54 mg likopen / 100 g örnek olarak belirtilmiştir. 60°C ve 70°C’de kurutulan domateslerin likopen miktarlarında önemli bir değişim olmadığı fakat 80 °C’den sonra likopen miktarı, başlangıç duruma göre yarıya indiği belirtilmiştir. 100°C sıcaklığında kurutulan domateslerde ise likopen miktarı başlangıç seviyesinin 0,25’i kadar olduğu gözlemlenmiştir (Demiray ve diğ., 2013).

Bir diğer çalışmada, domatesteki likopen miktarının kurutma ile değişimi üzerine yapılan bir başka çalışmada, yarım domateslerin 80°C’de kurutulmasıyla %2 oranında, domates püresinin 70°C’de kurutulmasıyla ise % 0,7 oranında likopen azalması görülmüştür (Lavelli ve diğ., 2001).

Dewanto ve arkadaşlarının yaptığı bir başka çalışmada, domateslere uygulanan ısıl işlemin, domatesin C vitamini değerini düşürmesine rağmen, besin değerini, likopen miktarını ve toplam antioksidan miktarını arttırdığı görülmüştür. Ham domatesin likopen miktarı $2,01 \pm 0,4$ mg iken 88°C’de 2, 15 ve 30 dakika ısıl işlem uygulanması sonucunda, likopen miktarının sırasıyla $3,11 \pm 0,04$, $5,45 \pm 0,02$, ve $5,32 \pm 0,05$ mg olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, ısıl işlemin domatesin likopen miktarını arttırdığı görülmüştür (2000).

2.5.7.4 Toplam fenolik madde miktarı

Fenolik bileşikler, meyve ve sebzelerin kendilerine has aroma ve renklerini oluşturan, antimikrobiyal ve antioksidatif kapasitesi yüksek bileşenlerdir. Bu bileşikler; fenolik asitler ve flavonoidlerdir (Hekimoğlu, 2011). Gıdaların fenolik bileşenleri, serbest radikallerin neden olduğu reaksiyonları durdurarak veya yavaşlatarak kanser, kalp hastalığı ve akciğer hastalıkları gibi pek çok hastalıkların oluşumuna engel olduğu belirtilmektedir (Nizamlioğlu ve Nas, 2010).

Farklı gıda prosesleri ile elde edilen gıdaların fenolik miktarlarındaki değişimlerin karşılaştırılması ile ilgili yapılan çalışmalarda, gıdaların fenolik miktarlarının proses süreleri ile çok etkilenmediği, fakat proses sıcaklıklarının değişimiyle ters orantılı olarak değiştiği belirlenmiştir (Manzocco ve diğ., 2001). Yüksek sıcaklık uygulamalarının, gıdaların fenolik maddelerini geri dönüşümü olmayan kimyasal reaksiyonlara soktuğu ve böylelikle fenolik maddelerin degrade olduğu farklı araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Lin ve diğ., 1998; Mejia-Meza ve diğ., 2008).

Galvez ve arkadaşları, elmaların konvansiyonel olarak kurutulması prosesinde; 40, 60 ve 80°C sıcaklık parametrelerinin elmanın toplam fenolik madde miktarı üzerinde etkilerini incelemiştir. Çalışmada, işlem görmemiş elmaların fenolik madde miktarı 158.28 ± 0.65 mg GAE/100 g bulunurken 40, 60 ve 80°C’de kurutulmuş elmaların fenolik madde miktarları sırası ile 31,94 mgGAE/100g, 27,39 mgGAE/100g ve 27,34 mgGAE/100g olarak bulunmuştur (Galvez ve diğ., 2012). Sonuçlardan da görüleceği üzere, gıdadaki fenolik madde miktarı, işlem sıcaklığı ile ters orantılı olarak değişmektedir.

Tatlı kabağın farklı işlemler sonucu kalite kriterlerinin incelendiği bir çalışmada, ızgarada, buharda ve marineli pişirme, kaynatma, kızartma, şarapla pişirme, mikrodalga işlemi ile kurutma ve dondurarak kurutma işlemleri uygulanmaktadır. Çalışmanın sonucunda, işlem görmemiş ham kabağın toplam fenolik madde miktarı 47,1 mgGAE/10g iken, işlem görmüşlerin ise sırasıyla; ızgarda pişirme: 48,03; buharda pişirme: 53,77; marineli pişirme: 57,41; kaynatma: 53,77; kızartma: 50,07; şarapla pişirme: 85,57; mikrodalga kurutma: 55,72; dondurarak kurutma: 63,22 mgGAE/10g olduğu görülmektedir. Şarapla pişirilmiş kabakların yüksek fenolik madde miktarına sahip olmasının sebebi, şarabın yüksek fenolik içeriğidir.

Mikrodalga kurutma işlemi sonucundaki kabakların toplam fenolik madde miktarı ise diğer pişirme yöntemlerine göre daha yüksektir (Dini ve diğ., 2013). Bu nedenle, fenolik madde miktarı bu kadar yüksek olan kabağın, ham tüketilmesi yerine farklı pişirme yöntemleri ile veya kurutularak tüketilmesi tavsiye edilebilir. Kurutularak tüketilen kabağın hem fenolik madde miktarı korunmuş olacak hem de nem miktarındaki azalma nedeniyle raf ömrü uzayacaktır.

2.5.7.5 β karoten miktarı

Karotenoidler, yağda çözünen ve meyve ve sebzelere sarıdan turuncuya renk veren antioksidatif bileşikleridir. Doğada 600 çeşit karotenoid bulunmaktadır. Vücuda alınan karotenoidlerin büyük çoğunluğu retinol tarafından dönüştürülürken beta karoten yani A vitamini olarak depolanabilmektedir. Karotenoidler antioksidan özelliklerinden dolayı hücreleri serbest radikallerden korumakta, bu sayede erken yaşlanma, kronik kalp rahatsızlıkları, kanser, katarakt ve kas rahatsızlıklarını önlemektedir (Murkovic ve diğ., 2002; Ötleş ve Atlı, 1997).

Diğer besin maddelerinde olduğu gibi A vitamini için alınması önerilen günlük miktar ülkeden ülkeye değişmekle birlikte ortalama olarak yetişkinler için 600-1500 μg RE (retinol eşdeğeri, 1RE = 6 μg β -karoten) arası bir değerdir. A vitamini alımı için FAO/WHO tarafından önerilen güvenilir limit Çizelge 2.5'te gösterilmiştir (Tee, 1992).

Çizelge 2.5 : A vitamini için güvenilir limit değerleri (Tee, 1992).

Kişiler	Yaş	RE/gün (μg)
Bebek ve çocuklar (Erkek ve Kız)	0-1	350
	1-6	400
	6-10	400
	12-15	600
Gençler Erkek Kız	15-18	600
	15-18	500
Erişkinler Erkek Kadın Hamileler Süt emziren kadınlar	+18	600
	+18	500
	+18	600
	+18	850

Gıdalara uygulanan çeşitli işlemler, gıdalardaki karotenoidlerin bozunmasına (oksidasyon veya izomerizasyon) veya daha fazla açığa çıkmasına sebep olabilmekte, böylece karoten miktarını değiştirebilmektedir. Farklı pişirme

yöntemlerinin kabaktaki karoten miktarı üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, *C. moschata* türündeki kabak 3 farklı yöntem ile pişirilmiştir. Çalışmanın sonunda karoten miktarları ham kabak için 172,20 µg/g, suda pişirme için 184,80 µg/g, buharda pişirme için 202,0 µg/g ve % 60 şeker çözeltisinde pişirme için 168,80 µg/g olarak bulunmuştur (Carvalho ve diğ., 2014). Elde edilen sonuçlara göre, karotenoid miktarının farklı pişirme yöntemleri ile değişebildiği ve ısı işlemi ile artabildiği görülmektedir.

Farklı kabak türlerindeki karoten miktarlarını karşılaştırmak için yapılan bir çalışmada *Cucurbita pepo*, *C. maxima*, *C. moschata* olmak üzere 3 kabak türü kullanılmıştır. Kabaklardan homojen olarak 100'er gram örneklem yapılmış ve kabukları analize dahil edilmemiştir. Çalışmanın sonucunda kabak türlerindeki β karoten miktarları; *Cucurbita pepo* için 1,34 mg/100g; *C. maxima* için 4,31 mg/100g ve *C. moschata* için 5,1 mg/100g olarak bulunmuştur (Murkovic ve diğ., 2002). Bu sonuçlara göre, günlük 100 gram kabak tüketen bir kişinin günlük alması gereken beta karoten miktarı karşılanmış olmakta ve bu da kabağın A vitamini bakımından ne kadar zengin olduğunu kanıtlamaktadır.

2.5.7.6 Toplam antioksidan kapasitesi

Antioksidan maddeler, serbest radikal oluşumunu engelleyerek ve oluşan serbest radikallerin aktivitesini durdurarak veya azaltarak oksidasyonun neden olabileceği hasarların önüne geçen bileşikler ya da sistemlerdir. Farklı ısı uygulamaları, gıdaların antioksidan maddelerini olumsuz yönde etkileyebileceği gibi, Maillard benzeri kimyasal reaksiyonlar sonucunda da oluşabilirler (Cemeroğlu, 2010). Bu yüzden gıdaların kurutulması sonucu gıda kalitesinin belirlenmesinde bir kriter olarak değerlendirilmektedir. İncelenen araştırmalarda, kurutulmuş gıdaların antioksidan kapasitelerinin genel olarak DPPH yöntemi ile ölçüldüğü ve % antioksidan kapasitesi ve/veya IC₅₀ değeri şeklinde ifade edildiği görülmüştür. IC₅₀ değeri, DPPH radikalinin %50'sinin inhibisyonunu sağlayan örnek konsantrasyonu değerini ifade etmekte ve örnek konsantrasyonu-% inhibisyon değeri grafiğinden elde edilen formül ile hesaplanmaktadır (Cemeroğlu, B., 2010).

Domatesin kurutulması sırasında antioksidan değişimi üzerine yapılan bir çalışmada, 88°C'de 2, 15 ve 30 dakikalık ısı işlemlerin domatesin toplam antioksidan miktarını arttırdığı görülmüştür. Ham domatesin antioksidan miktarı 10.42 µmol iken 2, 15 ve

30 dakikalık ısıt ışlemler sonucundaki toplam antioksidan miktarı sırasıyla; 28.1, 33.9 ve 62.2 μmol olarak bulunmuştur (Dewanto ve diğ., 2002).

Kırmızı dolmalık biber örneklerinin farklı yöntemlerle kurutulması sırasındaki antioksidan kapasitesindeki değişimin incelendiği bir çalışmada, güneşte kurutma, konvansiyonel (50 ve 70°C) kurutma ve mikrodalga (210 ve 700 W) kurutma yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, kurutulmuş biberlerin antioksidan kapasitelerinin taze biberde yüksek olduğu ve kurutma sıcaklığının ve mikrodalga gücünün arttırılmasıyla biber örneklerinin antioksidan kapasitesinin arttığı belirtilmiştir. Güneşte kurutulan biber örneklerinin en yüksek antioksidan kapasitesine sahip olduğu vurgulanmıştır (Arslan ve zcan, 2011).

Farklı kurutma ve pişirme yöntemleri ile kurutulan havuç, bal kabağı, pırasa ve siyah turp örneklerinin toplam antioksidan kapasitesi miktarlarındaki değişimin incelendiği bir çalışmada, buharla pişirme (1,5, 3, 6, 8 ve 10 dakika), mikrodalga+vakum kurutma ve konvansiyonel kurutma (45°C) yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, buhar uygulaması gıdaların toplam antioksidan kapasitelerini arttırdığı, kurutma proseslerinin bal kabağı ve pırasanın toplam antioksidan kapasitesini azaltırken, havuç ve siyah turpun toplam antioksidan kapasitesini ise arttırdığı görülmektedir (Priecina ve Karklina, 2013).

3. MATERİYAL VE METOD

3.1 Materyal

3.1.1 Kabakların temini ve hazırlanması

Çalışmada kullanılan *C. moschata* türü kabaklar, İstanbul Tuzla Metro Toptan marketinden temin edilmiştir. Ürünler markete ulaştığı aynı gün içerisinde araçla laboratuara getirilmiş ve 4°C’de depolanmıştır.

Denemelerden önce kabaklar ayıklanmış, soyulmuş ve temizlenmiştir. Ayıklanan ve temizlenen kabaklar Oxo Good Grips (İngiltere) gıda doğrama cihazı ile 3 mm ($\pm 0,4$ mm) kalınlığında parçalar halinde dilimlenmiştir.

3.1.2 Analizlerde kullanılan kimyasallar

Analizlerde kullanılan β -Karoten, sodyum karbonat (Na_2CO_3), potasyum karbonat (K_2CO_3), gallik asit, metanol, aseton, Follin Ciocalteu reaktifi, sıvı azot ve DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) reaktifi Merk (Darmstadt, Almanya) firmasından temin edilmiştir.

3.1.3 Analizlerde kullanılan malzemeler ve cihazlar

Analizlerde kullanılan malzemeler; mikro pipet (100-1000 μl), el blender, balon joje, ağız vidalı deney tüpü, beher, puar, cam pipet (5-10 μl), havan/havan eli, erlen, huni ve kilitli poşet şeklinde sıralanabilir.

Analizlerde kullanılan cihazlar; Oxo Good Grips (İngiltere) gıda doğrama cihazı, Perkin Elmer UV-Vis Lambda 35 spektrofotometre cihazı (Waltham, ABD), Memmert WNB22 Su banyosu (Schwabach, Almanya), Mettler Toledo ML204 hassas terazi (Columbus, ABD), Biosan Bio Vortex V1 Karıştırıcı (Sofya, Bulgaristan), Retch Cyromill Kriyojenik öğütücü 112952 (Düsseldorf, Almanya), Nüve Soğutmalı Santrifüj NF800R (Esenboğa, Ankara), çeker ocak, Texture Analyzer Model TA Plus tekstür cihazı (Hampshire, İngiltere), Minolta Chromometer CR-300 renk ölçüm cihazı (Williams DR, ABD), Sous-Vide ultrasonik

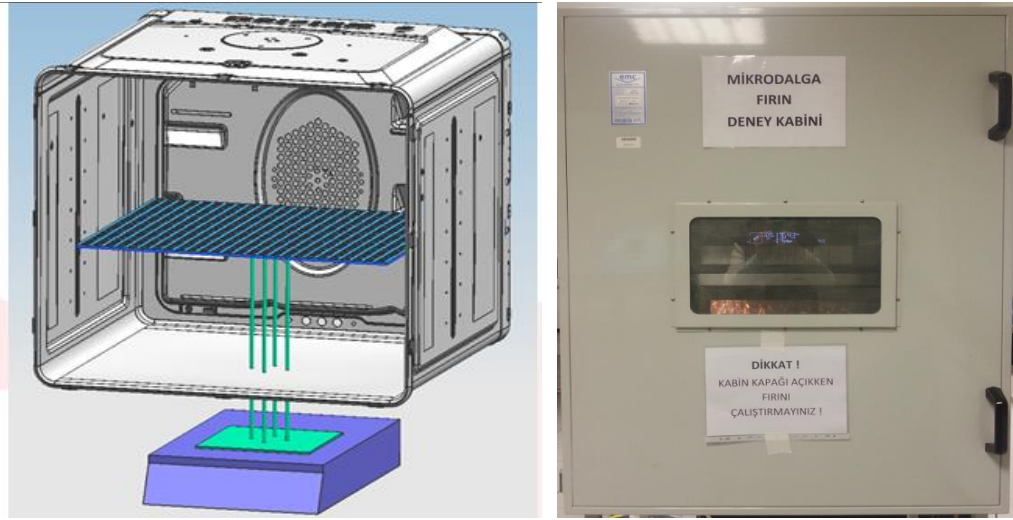
banyo (Shenzhen, Çin), Mettler Toledo HB43-S nem ölçme cihazı (Columbus, ABD), Pocket Refractometer brix cihazı (Tokyo, Japonya) ve Testo 650 Su Aktivitesi ölçüm cihazı (Burlington, ABD) şeklinde sıralanabilir.

3.1.4 Önişlem uygulaması

Önişlem uygulaması osmotik ve ultrasonik olmak üzere 2 farklı şekilde yapılmıştır. Osmotik önişlem uygulaması için Balküpu marka şeker ile hazırlanan şeker çözeltileri kullanılmıştır. Ultrasonik önişlem uygulamaları, 40 KHz frekanslı ve 6 litre tank hacimli Sous-Vide ultrasonik banyosunda gerçekleştirilmiştir.

3.1.5 Kabak cipslerinin kurutulması

Kurutma işlemi uygulanan önişlemlerinin devamında mikrodalga kurutma prototipinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.1’de, manyetik alan geçirmeyen kabin, mikrodalga kombi özellikteki cihaz ve Mettler Toledo ML204 hassas terazi ile kurulan online ağırlık ölçüm cihazından oluşan kurutma düzeneği gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Mikrodalga deney kabini ve kurutma düzeneği.

3.2 Metod

3.2.1 Önişlem uygulaması

3.2.1.1 Osmotik önişlem uygulaması

Osmotik önişlem uygulaması için Balküpu marka şeker ile hazırlanan şeker çözeltileri, denemelerden birer gün önce hazırlanmış ve oda sıcaklığında ($25 \pm 2^{\circ}\text{C}$) depolanmıştır. Osmotik uygulama, osmotik sıvı miktarı/gıda miktarı oranı kütlege

4:1 olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Lee ve Lim, 2011). Literatüre bakıldığı zaman kurutma işlemi öncesinde meyvelere uygulanan osmotik ön işlemlerde osmotik sıvı yoğunluğunun genellikle 20-70°Brix arasında olduğu görülmüştür (Azarpazhooh ve Ramasmway, 2011; Fernandes ve Rodrigues, 2007; Lee ve Lim, 2011). Bu sebeple, çalışmada kullanılan osmotik ön işlem sıvısı için Brix yoğunluğu, 25 - 50°Brix aralığında seçilmiştir. Osmotik ön işlem parametreleri deney tasarımı (DOE) ile planlanmış olup 50°Brix – 60 dakika, 50°Brix - 90 dakika, 25°Brix - 60 dakika, 25°Brix-90 dakika ve orta nokta olarak 37,5°Brix - 75 dakika olarak belirlenmiştir. Her deney setinde 120 ± 2 gram kabak numunesi kullanılmış ve denemeler ikişer tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.2 Ultrasonik ön işlem uygulaması

Ultrasonik ön işlem uygulamaları 150 W güç, 50 KHz frekans ve 6 litre tank hacimli Sous-Vide ultrasonik banyosunda 10, 20 ve 30 dakikalık sürelerde gerçekleştirilmiştir. İşlemler literatürde belirtildiği şekilde, dilimlenen kabakların Koroplast (20x25cm) markalı kilitli poşetlere konulması ve ultrasonik banyo içindeki saf suya daldırılması ile gerçekleştirilmiştir (Romero ve Yopez, 2015). Her deney setinde 120 ± 2 gram kabak numunesi kullanılmış ve denemeler ikişer tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Ultrasonik banyodaki sıcaklık artışı, 30 dakikalık ultrasonik uygulamada 2°C'den az olarak ölçülmüştür.

Osmotik ve ultrasonik ön işlem uygulamalarında çalışılacak parametrelerin belirlenmesi için toplam fenolik madde, toplam kuruma süresi ve duyusal değerlendirme sonuçları ANOVA yöntemi ile analiz edilmiştir. Devamında yapılacak olan kurutma parametreleri optimizasyonu çalışmasına hangi ön işlem tipi ile devam edileceğinin belirlenmesi için, osmotik ve ultrasonik ön işlem parametrelerinin optimizasyonu ve doğrulaması yapılmıştır. Uygun görülen parametreler tekrar denenerek, uygulanan analizler tekrarlanmış ve devam edilecek ön işlem tipine karar verilmiştir.

3.2.2 Kabak cipslerinin kurutulması için deneysel tasarım

Labaratuara getirilen kabaklar günlük olarak çekirdekleri temizlenip soyulduktan sonra Oxo Good Grips gıda doğrama cihazı ile $3 \pm 0,4$ mm kalınlığında parçalar halinde dilimlenmiş, cips haline getirilmiştir. Dilimlenen kabaklar,

planlanan önışlemlerin devamında mikrodalga kombi özellikli cihazda tasarlanan parametreler ile kurutulmuştur.

Kurutma deneysel çalışmaları, 3 faktörlü, 5 seviyeli (-a, -1, 0, 1, +a) Merkezil Bileşik deney tasarımı'nda, faktör kombinasyonları Minitab (USA) paket programı kullanılarak oluşturulmuştur. Kurutma parametresinin optimizasyonu için, mikrodalga gücü (W) (200 - 300), kurutma sıcaklığı (°C) (60 - 70) ve hava hızı (m/s) (1,5 - 2,5) bağımsız değişkenleri (faktör) seçilmiş ve kullanıldıkları seviyeler Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 : Merkezil bileşik deney tasarımında belirlenen bağımsız değişkenler ve belirlenen noktoalardaki kodlara karşılık gelen değerler.

Bağımsız değişkenler ve semboller	Kullanılan değerler ve seviyeleri				
	- a	- 1	0	+ 1	+ a
MW = Mikrodalga gücü (W)	165	200	250	300	334
T = Hava sıcaklığı (°C)	56	60	65	70	73
H = Hava hızı (m/s)	1,2	1,5	2	2,5	2,8

Kabakların kurutuması ile eş zamanlı olarak ağırlık kayıpları online ölçüm düzeneği ile kaydedilmiştir. Kabak cipsleri % 90 kütle kaybına ulaştığı anda kurutma işlemi durdurulmuştur.

3.2.3 Analizler

3.2.3.1 Toplam fenolik madde

Kabakların toplam fenolik madde miktarı analizleri spektrofotometrik yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Analizler ham kabak, önışlem görmüş kabak ve kurutulmuş kabak örnekleri için paralel olarak yapılmıştır. Analizin amacı, kabakta bulunan fenolik bileşiklerin Folin-Ciocalteau fenol reaktifi ve K_2CO_3 (Potasyum karbonat) çözeltisi ile reaksiyonu sonucunda oluşturduğu mavi renkli bileşiğin absorbansının 750 nm'de ölçülmesi ile kabağın fenolik madde miktarının hesaplanmasıdır. Öncelikle 50 mg gallik asit metanolde çözündürülerek 10 ml'ye tamamlanmış, stok gallik asit çözeltisi ve 7 gram K_2CO_3 saf su ile 100 ml'ye tamamlanmış ve % 7'lik K_2CO_3 çözeltisi hazırlanmıştır. Ardından 5 gram tartılan kabak örneği öğütüldükten sonra 50 ml metanol ile blendır yardımıyla homojenize edilerek 60 dakika süre ile 40°C su banyosunda ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Daha sonra stokgallik asit

çözeltisinden sırayla 0 ml, 5 ml, 10 ml, 15 ml, 20 ml ve 25 ml alınarak metanolle 15 ml'ye tamamlanarak 0, 100, 200, 300 ve 400 ppm'lik gallik asit çalışma çözeltisi hazırlanmıştır. Devamında örnekleme aşamasına geçilmiş, 50 µl örnek ekstraktı üzerine 3 ml saf su, 250 µl Folin Ciocalteu fenol reaktifi ve 750 µl % 7'lik K₂CO₃ çözeltisi ilave edilmiştir. Vorteks cihazında iyice karışması sağlanarak 8 dakika oda sıcaklığında bekletilmiş ve karışıma 950 µl saf su ilave edilerek tekrar vortekslenmiştir. Sonrasında 2 saat oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilerek 750 nm'de spektrofotometrede absorbansları ölçülmüştür. Hesaplamalar standart kalibrasyon eğrisine göre yapılmıştır. Elde edilen değerler seyreltme faktörü ile çarpılarak kabakların toplam fenolik madde miktarları, kuru madde bazında gallik asit eşdeğeri (mg GAE/100g k.m) cinsinden ifade edilmiştir. Deneyler, iki işlem, iki analiz olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.2 Beta - Karoten Miktarı

Kabakların Beta karoten madde miktarı analizleri spektrofotometrik yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Analizler ham kabak ve kurutulmuş kabaklar için paralel olarak yapılmıştır. Standart kalibrasyon eğrisinin hazırlanmasının ardından kabaklar ilk olarak sıvı azot ile kriyojenik öğütücüde öğütülmüş ve 1'er gram hassas terazide tartılmıştır. Tartılan örneklerle 4°C'de soğutulan, 5 ml aseton eklenerek havanda dikkatlice ezilmiştir. Ezilen karışım tüpe alınarak 15 dakika 4°C'de bekletilmiştir. Bekleme süresince belirli aralıklarla tüpler çalkalanmış, 15 dakikanın sonunda tüpler vortekslenerek iyice karışması sağlanmıştır. Karışım daha sonra 1370 rpm'de 10 dakika santrifüjlenmiştir. Santrifüj sonrası tüpün üst kısmında kalan sıvı başka bir deney tüpüne aktarılmış, tüpte kalan alt faz üzerine tekrar aseton ilave edilmiş ve vortekslenip santrifüjlenmiştir. Ardından 1. üst faz ile 2. üst faz birleştirilmiş, Whatman 42 ile süzölmüştür. Süzöntü daha sonra 449 nm'de asetona karşı okutulmuştur. Hesaplamalar standart kalibrasyon eğrisine göre yapılmıştır. Deneyler, iki işlem, iki analiz olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.3 Toplam Antioksidan Kapasitesi

Kabakların toplam antioksidan kapasitesi analizleri spektrofotometrik yöntemle göre gerçekleştirilmiştir. Analizler ham kabak ve kurutulmuş kabaklar için paralel olarak yapılmıştır. İlk olarak 0,03943 gram DPPH tartılmış ve ölçü balonunda metanol ile çözündürülerek ve 100 ml'ye tamamlanarak 1 mM'lık 100 ml DPPH çözeltisi

hazırlanmıştır. Ardından 1 gram kabak örneği öğütülerek, 20 ml metanol ile örnek ekstraktı hazırlanmıştır. 5 test tüpü alınarak her birine 600 µl DPPH çözeltisi alınmış, devamında örnek ekstraktından 20-40-60-80 ve 100 µl alınarak içlerinde radikal çözelti bulunan tüplere aktarılmıştır. Bu işlemten sonra her bir tüp metanolle 6 ml'ye tamamlanmıştır. Tüpler vortekslendikten sonra oda sıcaklığında 25 dakika süreyle inkübasyona bırakılmıştır. Şahit olarak kullanılmak üzere bir tüpe 600 µl DPPH çözeltisi alınarak ve üzerine 5.4 ml metanol eklenmiştir (6 mililitreye tamamlanmıştır). Benzer şekilde şahit tüp de oda sıcaklığında 15 dakika inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda spektrofotometrede 517 nm dalga boyunda tüp içeriklerinin absorbans değerleri okunmuş, ve yüzde inkübasyon değerleri 3.1 numaralı eşitliğe göre hesaplanmıştır. Ayrıca, % inhibisyon (radikal yakalama aktivitesi) değerinin yanında, örneklerin IC₅₀ değerleri de hesaplanabilmektedir. IC₅₀ değerleri, DPPH radikalinin %50'sinin inhibisyonunu sağlayan konsantrasyon değerini ifade etmektedir. Deneyler, iki işlem, iki analiz olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

$$\% \text{İnkübasyon} = ((A^{\circ}\text{DPPH} - A^{\circ}\text{örnek ekstraktı}) / (A^{\circ}\text{DPPH})) * 100 \quad (3.1)$$

3.2.3.4 Nem

Kabak cipsi örneklerinin nem değişimlerini incelemek için, örneklerin önışlemden önce, önışlemden sonra ve kurutma işlemlerinden sonra nem miktarları Mettler Toledo HB43-S (Columbus, USA), nem ölçme cihazı ile ölçülmüştür. Nem ölçme işleminde, öncelikle örnekler öğütülmüş ve $2 \pm 0,05$ gram ağırlığındaki örnekler sırayla cihaz içerisindeki hazneye yerleştirilmiştir. Cihazın örnek ağırlığını algılaması tamamlandıktan sonra cihaz kapağı kapatılarak ölçüme başlanmıştır. Deneyler, iki işlem, iki analiz olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.5 Su aktivitesi

Kurutulmuş kabak örneklerinin su aktivitelerinin (a_w) belirlenmesinde, Testo 650 Su Aktivitesi ölçüm cihazı (Burlington, ABD) kullanılmıştır. Su aktivitesi ölçme işleminde, öncelikle 1-3 gram numune 1-3 mm eninde öğütülerek numune kabına, hiç boşluk kalmayacak şekilde sıkıca yerleştirilmiştir. Cihaz probu numune kabının ilgili kısmına takıldıktan sonra numune haznesi kapağı kapatılmış ve dikkatlice sabitlenerek ölçüm başlatılmıştır. Ölçümün oda sıcaklığında yapıldığından emin olunmalıdır. Deneyler, iki işlem, iki analiz olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.6 Renk

Kurutulmuş kabak örneklerinin renklerinin belirlenmesinde, Minolta Chromometer CR-300 model renk ölçüm cihazı (Williams DR, ABD), kullanılarak Hunter L, a, b değerleri ölçülmüş, ve toplam renk değişimi (ΔE) değeri 3.2 numaralı eşitliğe göre hesaplanmıştır. Tüm örneklemelerde her bir örnekten ikişer okuma yapılmış ve her okumada iki ayrı noktadan ölçüm yapılarak ortalama değer alınmıştır (Guine ve Barroca, 2012). Deneyler, iki işlem, iki analiz olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

$$\Delta E = \sqrt{(L^0 - L)^2 + (a^0 - a)^2 + (b^0 - b)^2} \quad (3.2)$$

L : parlaklık

a : kırmızı (+0), yeşil (-0)

b : sarı (+0), mavi (-0)

L^0, a^0, b^0 : ham kabak değerleri

3.2.3.7 Tekstür

Kurutulmuş kabak örneklerinin tekstür özellikleri Texture Analyzer Model TA Plus (Hampshire, İngiltere) cihazı kullanılarak test edilmiştir. 5 mm çapında delme probu kullanılarak, 0,5 mm/s hız değerinde çalışılmıştır (Nawirska ve diğ., 2009). Ölçümlerden elde edilen maksimum güç değeri sertlik olarak değerlendirilmiştir.

İncelenen çalışmalarda, bak kabağı cipsi örneklerinin sertlik değerlerinin kabuk kısmına olan mesafeye göre farklılık gösterdiği belirtilmiştir (Guine ve Barroca, 2012). Bu yüzden ölçümler cips örneklerinin kabuğa en yakın olan kısmından, ortasından ve kabuğa en uzak kısmından alınarak yapılmıştır. Deneyler, iki işlem, iki analiz olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.8 Rehidrasyon oranı

Kabak cipsi örneklerinin rehidrasyon oranlarının hesaplanması için, 100 ml.lik 4 beher içerisine 1'er gram ($\pm 0,05$ g) kuru kabak cipsi örnekleri 50 ml su ile beraber koyulmuştur. 5, 30, 60 ve 120. Dakikalarda sırasıyla her bir beherdeki kabak cipsi örnekleri çıkarılmış, alt ve üst kısımlarına filtre kağıdı koyularak üzerlerindeki fazla nem alınmıştır (Seremet ve diğ., 2015). Ardından tek tek tartılmış ve rehidrasyon oranları (RO) 3.4 numaralı eşitliğe göre hesaplanmıştır. Deneyler, iki işlem, iki analiz olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

$$RO = W_i / W_s \quad (3.3)$$

Wi : ilk ağırlık

Ws : son ağırlık

3.2.3.9 Brix

20, 37,5 ve 50°Brix değerlerindeki osmotik önişlem çözeltilerinin hazırlanması sırasında, Brix değerlerinin doğruluğunu kontrol etmek için Pocket Refractometer Brix (Tokyo, Japan) cihazı kullanılmıştır. Cihaza öncelikle saf su okutularak kalibrasyonu yapılmış, ardından ölçülmek istenen sıvı okutulmuştur. Her okutma, sıvının farklı kısımlarından alınan örneklerle 4 tekrarlı şekilde gerçekleştirilmiştir. Her işlem, önce cihazın kalibrasyonu, sonra sıvının okutulması şeklinde yapılmıştır.

3.2.3.10 Duyusal değerlendirme

Cips kalitesini duyusal olarak belirleyen etmenler; renk, osmotik önişlemde gelen tatlılık, ultrasonik önişlemde kaynaklanan büzüşme derecesi, sertlik, çıtırılık ve genel beğeni parametreleridir (Nawirska ve diğ., 2009; Paengkanya ve diğ., 2015; Zou ve diğ., 2013). Kabak cipsi örnekleri 6 kişilik eğitimli panelist grubu tarafından gerçekleştirilmiştir. Duyusal kalite analizleri, ISO 8589:1988 standardına uygun özellikteki duyusal laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Kurutulan kabak cipsi örnekleri, kontrol grubu ile beraber duyusal analize alınmıştır. Örnek duyusal beğeni kalitesi 5'lik skala üzerinden değerlendirmeye alınmıştır (5:çok beğendim, 4:beğendim, 3:orta derecede beğendim, 2:beğenmedim, 1:hiç beğenmedim). Deneyler, iki işlem, iki analiz olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

3.2.3.11 İstatistiksel analiz

Tepki-Yüzey yöntemi ile yapılan optimizasyon çalışmalarında, deneylerden elde edilen sonuçlara regresyon analizi, istatistiksel olarak önem derecesi analizi uygulanmış, tepki-yüzey grafiklerinin çizimi Minitab (Minitab 16 Statistical Software for Windows®, Minitab Inc., Pennsylvania, USA) programı kullanılarak yapılmıştır. Optimum reaksiyon koşullar, 'mikrodalga gücü', 'hava sıcaklığı' ve 'hava hızı' terimleri kullanılarak, tepki-yüzey yöntemi ile tahminlenen eşitlikler elde edilmiştir. İkinci derece terimlerin katsayıları, regresyon analizi ve geriye dönük eleme yöntemleri ile saptanmıştır. Modellerin uygunluğu R² model katsayısı ve

varyans analizi (ANOVA) sonuçları ile değerlendirilmiştir. Önemli farklılıklar, Tukey testi ile analiz edilmiştir. Tepki için sonuç modellemesinde 3.4 numaralı eşitlikte gösterilen ikinci derece polinom model kullanılmıştır.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^3 \beta_i X_i + \sum_{i=1}^3 \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^3 \beta_{ij} X_i X_j \quad (3.4)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Önişlem Uygulaması

Önişlem uygulamasının kabak cipslerinin kurutma verimi üzerine etkisinin incelenmesi amacıyla, kabak cipslerine, önceden belirlenen parametrelere göre osmotik ve ultrasonik önişlemler uygulanmıştır. Önişlem uygulanan kabak cipsi örnekleri 200 W mikrodalga gücü, 70°C hava sıcaklığı ve 1,5 metre/saniye hava hızı ile kurutulmuştur. Kurutulan örneklerle, toplam fenolik madde analizleri ve duyusal beğeni testleri uygulanmıştır.

Önişlemlerin seçimi için, en kısa kuruma süresi, en yüksek genel beğeni ve en yüksek toplam fenolik madde değerlerine sahip işlem kullanılmıştır. Ham kabağın (kurutulmamış, taze kabak) toplam fenolik madde miktarı, 70,90 mg GAE/100 gram'dır.

4.1.1 Osmotik önişlem uygulaması

Deney tasarımı (DOE) ile planlanan 50°Brix – 60 dakika, 50°Brix - 90 dakika, 25°Brix - 60 dakika, 25°Brix-90 dakika ve 37,5°Brix - 75 dakika daldırma süreli önişlem denemeleri yapılmıştır. Her deney setinde 120 ± 2 gram kabak numunesi kullanılmış ve denemeler ikiye tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Osmotik önişlem etkinliğini belirlemek için, önişlem görmüş kabak örneklerinin nem miktarları, önişlem sonrası kuruma süreleri, toplam kuruma süreleri (önişlem süresi + kuruma süresi) ve toplam fenolik madde miktarları kendi aralarında ve kontrol grubu (önişlemsiz kurutulan kabak cipsi örnekleri) değerleri ile karşılaştırılmıştır. Tukey testine göre, denemeler sonrasındaki nem miktarları, kuruma süreleri, toplam kuruma süreleri ve toplam fenolik madde miktarları değerleri arasındaki farklar istatistiksel açıdan incelenmiş olup Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Çizelge'de, ayrı üst harfler önişlem uygulamaları ve kontrol grubu arasındaki farkları, alt harfler ise önişlem uygulamalarının kendi aralarındaki farkları göstermektedir.

Çizelge 4.1 : Farklı osmotik önışlemler sonucu kabak cipslerinin nem miktarı, önışlem sonrası kuruma süresi, toplam kuruma süresi ve toplam fenolik madde miktarlarının Tukey testi ile karşılaştırma sonuçları.*

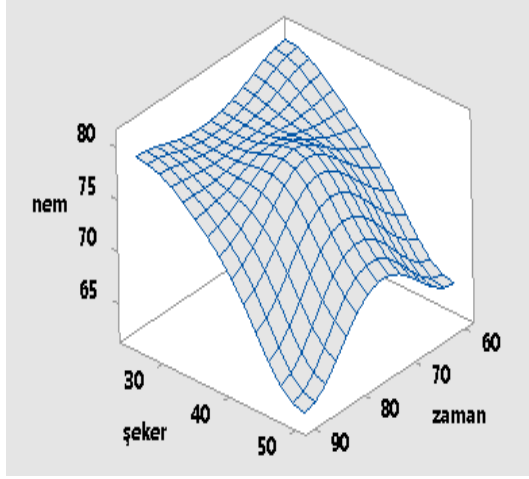
<i>Önişlem Tipi</i>	<i>% Nem miktarları</i>	<i>Önişlem sonrası kuruma süresi (dk)</i>	<i>Toplam kuruma süresi (dk)</i>	<i>Toplam fenolik madde (mg GAE/100g k.m)</i>
Kontrol	95,34±1,45 ^a	55±0,53 ^a	55±0,53 ^f	45,85±0,72 ^a
25°Brix–60dk	80,83±0,16 ^b _a	26±1,11 ^b _a	86±1,01 ^d _d	35,15±0,79 ^b _a
25°Brix–90dk	78,93±1,05 ^{bc} _{ab}	24±1,09 ^d _b	114±1,09 ^a _a	33,48±0,88 ^b _{ab}
37,5°Brix–75dk	77,01±1,33 ^c _b	25±1,21 ^c _c	100±1,21 ^c _c	30,33±0,91 ^b _b
50°Brix–60dk	65,09±1,02 ^d _c	22±1,34 ^e _d	82±1,34 ^e _e	30,03±0,74 ^b _{bc}
50°Brix–90dk	62,42±1,05 ^e _d	20±1,67 ^f _e	110±1,67 ^b _b	26,75±1,01 ^b _c

* Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

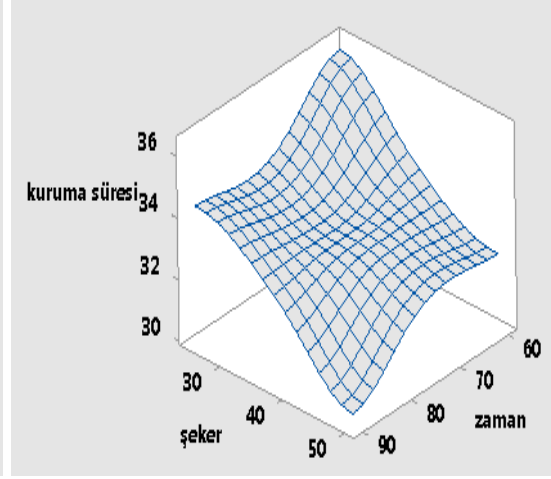
Aynı sütunda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Çizelge 4.1’den görüldüğü üzere, osmotik önışlem uygulaması, kabak cipsi örneklerinin önışlem sonrası kuruma sürelerini % 63 oranında kısaltmaktadır. Fakat örneklerin toplam kuruma süreleri üzerinde pozitif bir etkisi bulunmamaktadır. Örneğin kontrol grubu örneklerinin kuruma süresi 55 dakika iken, 50°Brix–90dk önışlem ile kurutulan örneklerin toplam kuruma süresi 110 dakika olarak belirlenmiştir. Cips örneklerinin toplam fenolik madde miktarları incelendiğinde, osmotik önışlem brix yoğunluğu arttıkça, örneklerin kuru madde bazındaki toplam fenolik madde miktarlarının azaldığı görülmüştür. Literatüre bakıldığı zaman, osmotik önışlem görmüş bal kabağının kurutulması sonucu fenolik madde değişimine ait bir bilgiye rastlanmamıştır. Fakat osmotik önışlem uygulamasının, farklı türdeki meyvelerin toplam fenolik madde miktarını düşürdüğü belirtilmektedir (Rozek ve diğ., 2009).

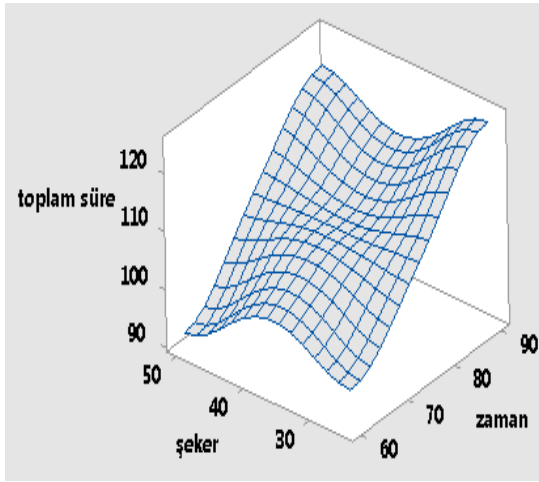
İstatistiksel analiz sonucunda kabak cipsi örneklerinin osmotik önışlem sonrası nem miktarları, kuruma süreleri, toplam kuruma süreleri ve toplam fenolik madde miktarlarının, çözelti şeker yoğunluğu (Brix) ve osmotik önışlem süresi değerleri ile ilişkileri, Şekil 4.1’de tepki-yüzey grafikleri ile gösterilmiştir.



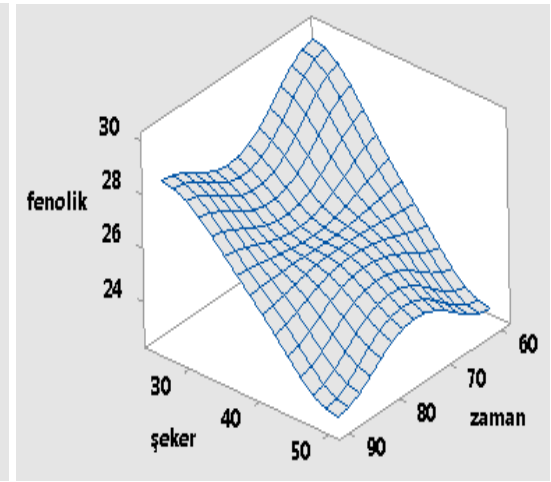
(1)



(2)



(3)

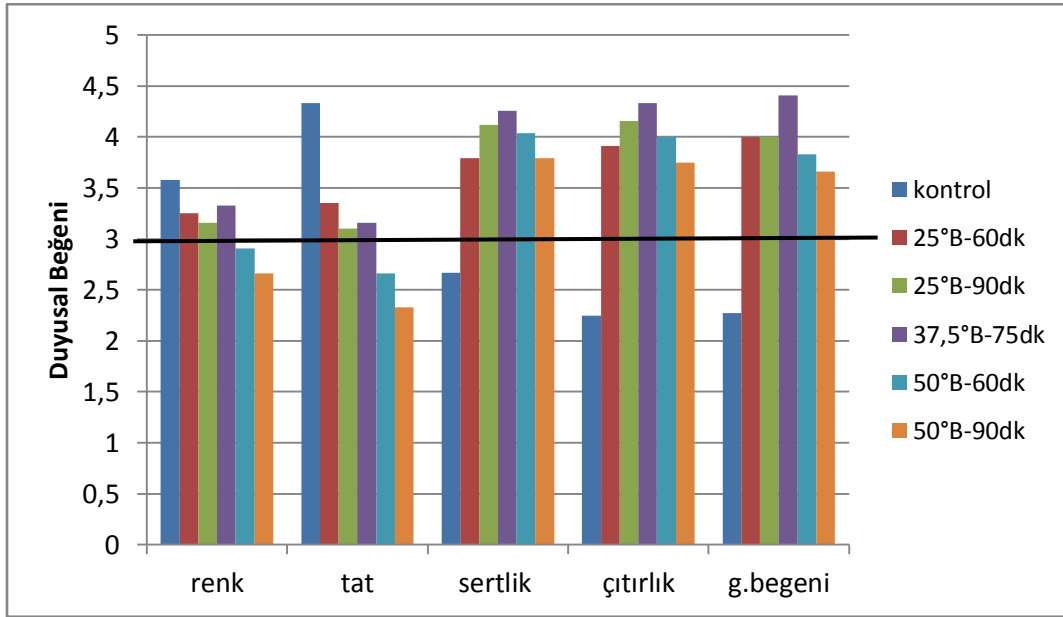


(4)

Şekil 4.1 : Kabakların osmotik önışlem sonrası nem yüzdeleri (1), önışlem sonrası kuruma süreleri (2), toplam kuruma süreleri (3) ve toplam fenolik madde miktarlarının (4) tepki-yüzey grafiğı ile gösterimi.

Şekil 4.1'den de görüleceğı üzere, çözelti şeker yoğunluğu ve daldırma süresi arttıkça, örneklerin önışlem sonrası nem miktarları azalmakta, önışlem sonrası kuruma süresi kısaltmakta, toplam kuruma süresi daldırma süresine bağılı olarak değişmekte ve toplam fenolik madde miktarı ise azalmaktadır.

Cips kalitesini duyuşal olarak belirleyen etmenler; renk, tat, sertlik, çıtırılık ve genel beğeni parametreleridir (Paengkanya ve diğ., 2015; Zou ve diğ., 2013). Şekil 4.2'de önışlemlili ve önışlemsiz kurutulan kabak cipsi örneklerinin duyuşal kalite değerlendirmesi gösterilmiştir. Kalite kriteri olarak '3' sınır değer kabul edilmiştir. Şekil 4.2'deki grafiğe bakıldığında, kontrol grubu cips örneklerinin bu değerin altında kaldığı görölmektedir.



Şekil 4.2 : Önişlemsiz ve farklı osmotik önişlemler uygulanarak kurutulan kabak cipsleri duyusal kalite değerlendirmesi.

Tukey testi ile ilk olarak panelistler arasındaki farklılık test edilmiş ve istatistiksel açıdan önemli bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0,05$). Tukey testine göre, kabak cipsi örneklerinin renk, tat, çıtırılık, sertlik ve genel beğeni dereceleri arasındaki farklar istatistiksel açıdan incelenmiş olup Çizelge 4.2’de gösterilmiştir. Çizelge’de, ayrı üst harfler önişlem uygulamaları ve kontrol grubu arasındaki farkları, alt harfler ise önişlem uygulamalarının kendi aralarındaki farkları göstermektedir.

Çizelge 4.2 : Osmotik önişlem uygulanarak kurutulan kabak cipslerinin duyusal kalitelerinin Tukey testi ile karşılaştırma sonuçları.*

Osmotik önişlem	renk	tat	Sertlik	çıtırılık	genel beğeni
kontrol	3,58±0,20 ^a	4,33±0,25 ^a	2,67±0,36 ^c	2,25±0,41 ^b	2,27±0,27 ^c
25°B-60dk	3,25±0,27 ^{abc} _{ab}	3,35±0,40 ^b _a	3,79±0,24 ^b _a	3,91±0,37 ^a _a	4,00±0,31 ^{ab} _{ab}
25°B-90dk	3,16±0,25 ^{abc} _{ab}	3,10±0,49 ^b _a	4,12±0,34 ^{ab} _a	4,16±0,25 ^a _a	4,08±0,37 ^{ab} _{ab}
37,5°B-75dk	3,33±0,41 ^{ab} _a	3,16±0,25 ^b _a	4,26±0,44 ^a _a	4,33±0,52 ^a _a	4,41±0,37 ^a _a
50°B-60dk	2,91±0,49 ^{bc} _{ab}	2,66±0,40 ^{bc} _b	4,04±0,71 ^a _a	4,00±0,89 ^a _a	3,83±0,60 ^{ab} _{ab}
50°B-90dk	2,66±0,40 ^c _b	2,33±0,17 ^c _b	3,79±0,24 ^b _a	3,75±0,41 ^a _a	3,66±0,25 ^b _b

* Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Aynı sütunda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Çizelge 4.2’deki veriler renk bakımından incelendiğinde, önişlem uygulanan cips örnekleri daha koyu renklidir, bunun sebebinin çözültiden kabak örneklerine geçen şekerin karamelizasyonu olabileceği düşünülmektedir. Bu yüzden, osmotik önişlem uygulanan örneklerin renkleri, kontrol grubu örneklerinin renklerine göre daha az

Osmotik önışlem analizleri sonucunda, hangi önışlem tipinin seçileceğine karar vermek için genel beğeni, toplam kuruma süresi ve fenolik madde miktarı sonuçlarını ile DOE ‘Response Optimizer’ fonksiyonu kullanılarak optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon grafiği Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



47

sürelili osmotik önişlem tipi %73 kabul edilebilirlikle optimum parametre olarak belirlenmiştir.

4.1.2 Ultrasonik önişlem uygulamaları

Ultrasonik önişlem uygulamaları 150W güç, 50 KHz frekans ve 6 litre tank hacimli Sous-Vide Ultrasonic Bath (Almanya) ultrasonik banyosunda gerçekleştirilmiştir. Ultrasonik önişlem parametreleri 10, 20 ve 30 dakikalık işlemler olarak belirlenmiştir. Ultrasonik önişlem uygulaması literatürde belirtildiği şekilde kilitli poşetlere gıdanın konulması ve ultrasonik banyoya daldırılması şeklinde gerçekleştirilmiştir (Romero ve Yopez, 2015). Kabak örnekleri, Koroplast (20x25cm) markalı kilitli poşetlere konulduktan sonra ultrasonik banyo içersisindeki saf suya daldırılmıştır.

Ultrasonik önişlem etkinliğini belirlemek için, önişlem görmüş kabak örneklerinin nem miktarları, önişlem sonrası kuruma süreleri, toplam kuruma süreleri (önişlem süresi + kuruma süresi) ve toplam fenolik madde miktarları kendi aralarında ve kontrol grubu (önişlemsiz kurutulan kabak cipsi örnekleri) değerleri ile karşılaştırılmıştır. Tukey testine göre, denemelerin önişlem sonrası kuruma süreleri, toplam kuruma süreleri ve toplam fenolik madde miktarları değerleri arasındaki farklar istatistiksel açıdan inceleniş olup Çizelge 4.3’de gösterilmiştir. Çizelge’de, ayrı üst harfler önişlem uygulamaları ve kontrol grubu arasındaki farkları, alt harfler ise önişlem uygulamalarının kendi aralarındaki farkları göstermektedir.

Çizelge 4.3 : Farklı ultrasonik önişlemler sonucu kabak örneklerinin nem miktarı, önişlem sonrası kuruma süresi, toplam kuruma süresi ve toplam fenolik madde miktarlarının Tukey testi ile karşılaştırma sonuçları.*

<i>Ultrasonik Önişlem</i>	<i>Önişlem sonrası kuruma süresi (dk)</i>	<i>Toplam kuruma süresi (dk)</i>	<i>Toplam fenolik madde (mg GAE/100g k.m)</i>
Kontrol	55±0,53 ^a	55±0,53 ^a	45,85±1,72 ^c
10 dk ultrasonik	34±0,19 ^b _a	44±0,19 ^c _c	43,36±1,76 ^c _c
20 dk ultrasonik	30±0,11 ^c _b	50±0,11 ^b _b	47,30±1,87 ^b _b
30 dk ultrasonik	25±0,12 ^d _c	55±0,12 ^a _a	52,98±1,78 ^a _a

* Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

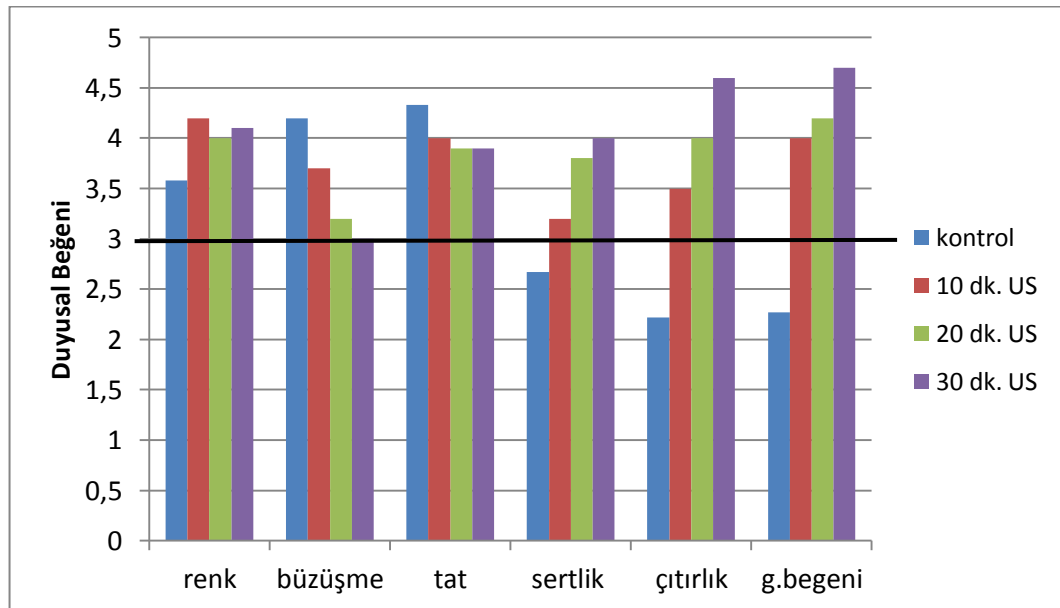
Aynı sütunda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Çizelge 4.3’den görüldüğü üzere, ultrasonik önişlem uygulaması kabak cipslerinin önişlem sonrası kuruma sürelerini kısaltmaktadır. Balanco ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, ultrasonik önişlemin gıdada yarattığı kavitasyon sebebiyle ısı ve kütle

transferini kolaylaştırdığı, bu sayede su çıkışını hızlandırdığı belirtilmektedir (2006). Fakat ultrasonik önışlem uygulamasının, örneklerin toplam kuruma süresi üzerinde pozitif etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Örneğin kontrol grubu örneklerinin kuruma süresi 55,25 dakika iken, 30 dakika daldırma süreli ultrasonik önışlem uygulanan kabak cipsi örneklerinin toplam kuruma süresinin 55,19 dakika olduğu ve istatistiksel açıdan aralarındaki farkın önemli olmadığı görülmektedir.

Ultrasonik uygulamaların gıdalardaki kavitasyon etkisi, hücre içerisinde kayma gerilimi oluşturmakta ve bu da proteinlerin denatürasyonuna sebep olmaktadır. Protein denatürasyonu ile pek çok enzim, aktivitesini yitirmektedir. Yapılan çalışmalarda, ultrasonik önışlem uygulamalarının, uygulama süresine bağlı olarak polifenoloksidaz (PPO), peroksidaz (POD) ve lipoksigenaz (LOX) enzimleri inaktivasyonunda önemli rol oynadığı görülmüştür (Chemat ve diğ., 2011; Day ve diğ., 2012; Mason ve diğ., 1996; Nielsan ve diğ., 1998). Çizelge 4.3’de görüldüğü üzere, yapılan çalışmada ultrasonik önışlem süresinin artmasıyla, kabak cipsi örneklerinin fenolik madde miktarlarının arttığı görülmektedir (Çizelge 4.3), sonuçlar literatür ile uyumludur.

Şekil 4.4’te önışlemli ve önışlemsiz kurutulmuş kabak cipsi örneklerinin duysal kalite değerlendirmesi gösterilmiştir. Kalite kriteri olarak ‘3’ sınır değeri kabul edilmiştir. Grafik incelendiğinde, kontrol grubundaki cips örneklerinin bu sınırın altında kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.4 :Önışlemsiz ve farklı osmotik önışlemler uygulanarak kurutulmuş kabak cipslerinin duysal kalite değerlendirmesi.

Tukey testi ile ilk olarak panelistler arasındaki farklılık test edilmiş ve istatistiksel açıdan önemli bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0,05$). Tukey testine göre, kabak cipsi örneklerinin renk, tat, çıtırlık, sertlik ve genel beğeni dereceleri arasındaki farklar istatistiksel açıdan incelenmiş olup Çizelge 4.4’de gösterilmiştir. Çizelge’de, ayrı üst harfler önışlem uygulamaları ve kontrol grubu arasındaki farkları, alt harfler ise önışlem uygulamalarının kendi aralarındaki farkları göstermektedir.

Çizelge 4.4 : Farklı ultrasonik önışlemler uygulanarak kurutulan kabak cipsleri duyuusal kalitelerinin Tukey testi ile karşılaştırma sonuçları.

<i>önışlem tipi</i>	<i>renk*</i>	<i>Büzüşme derecesi*</i>	<i>tat*</i>	<i>sertlik*</i>	<i>çıtırlık*</i>	<i>genel beğeni*</i>
Kontrol	3,58±0,20 ^a	4,20±0,27 ^a	4,33±0,25 ^a	2,67±0,36 ^b	2,22±0,41 ^c	2,27±0,27 ^c
10dk U.	4,20±0,74 ^a _a	3,70±0,57 ^{ab} _a	4,00±0,54 ^a _a	3,20±0,44 ^a _a	3,50±0,52 ^b	4,00±0,27 ^b _b
20dk U.	4,00±0,79 ^a _a	3,20±0,35 ^b _{ab}	3,90±0,42 ^a _a	3,80±0,27 ^a _a	4,00±0,35 ^{ab}	4,20±0,35 ^{ab} _{ab}
30dk U.	4,10±0,81 ^a _a	3,00±0,37 ^c _b	3,90±0,44 ^a _a	4,00±0,36 ^a _a	4,60±0,41 ^a	4,70±0,27 ^a _a

* Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Aynı sütunda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Çizelge 4.4’deki veriler renk ve tat bakımından incelendiğinde, cips örneklerinin renk ve tat değerleri arasındaki farkların istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmektedir ($p>0,05$). Bu sonuç panelistlerin kabak cipsi örneklerinin renk ve tatlarını benzer bulduğunu göstermektedir. Panelistler, önışlem görmüş cips örneklerinin sertlik ve çıtırlık parametrelerini daha çok beğenerek, genel beğeni parametresini daha yüksek puanlandırmışlardır.

Ultrasonik uygulamalar, hücrede deformasyonlara ve poroziteye neden olduğu için, ultrasonik önışlem uygulanan gıdaların daha porlu ve büzüşük yapıda olması beklenen bir durumdur (Nowacka ve diğ., 2012). Bu nedenle, yapılan çalışmada, ultrasonik önışlem uygulanan cips örnekleri, kontrol grubuna göre daha büzüşük yapıda olduğu için panelistler tarafından düşük puanlandırılmıştır. Çıtırlık ve genel beğeni parametrelerinde, 30 dakika ultrasonik önışlem uygulanan kabak cipslerinin beğeni puanlamaları, 10 ve 20 dakikalık ultrasonik önışlemlere göre daha yüksek bulunmaktadır.

4.1.3 Önışlem doğrulama

Çalışmaya hangi önışlem tipi ile devam edileceğinin belirlenebilmesi için osmotik önışlem parametrelerinden optimum olarak belirlenen 25 Brix-60 dakika önışlem uygulaması ve ultrasonik önışlem parametrelerinden optimum olarak belirlenen 30

dakika ultrasonik önişlem uygulaması tekrarlanarak aynı analizler tekrar edilmiştir. Ultrasonik ve osmotik önişlemlerin optimum belirlenen parametrelerinin etkinliğini belirlemek için, önişlem görmüş kabak örneklerinin önişlem sonrası kuruma süreleri, toplam kuruma süreleri (önişlem süresi + kuruma süresi) ve toplam fenolik madde miktarları kendi aralarında ve kontrol grubu (önişlemsiz kurutulan kabak cipsi örnekleri) değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Tukey testine göre, denemelerin önişlem sonrası kuruma süreleri, toplam kuruma süreleri ve toplam fenolik madde miktarları değerleri arasındaki farklar istatistiksel açıdan inceleniş olup Çizelge 4.5’de gösterilmiştir. Çizelge’de, ayrı üst harfler önişlem uygulamaları ve kontrol grubu arasındaki farkları, alt harfler ise önişlem uygulamalarının kendi aralarındaki farkları göstermektedir.

Çizelge 4.5 : Optimum koşullarda kurutulan kabak cipslerinin analiz sonuçlarının Tukey testi ile karşılaştırılması sonuçları.

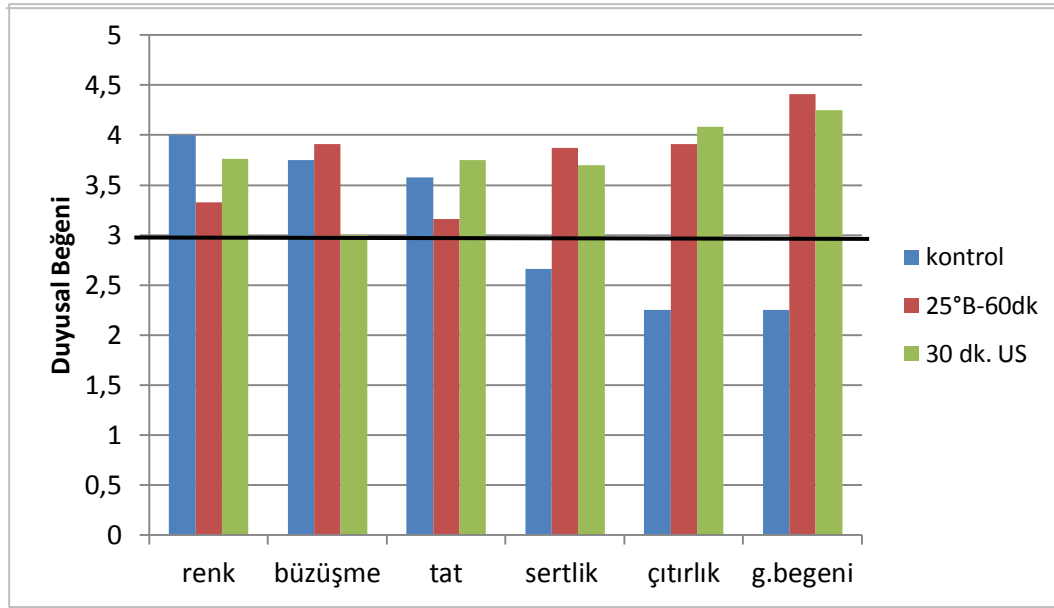
<i>Önişlem Tipi</i>	<i>Önişlem sonrası kuruma süresi (dk) *</i>	<i>Toplam kuruma süresi (dk) *</i>	<i>Toplam fenolik madde (mg GAE/100g k.m) *</i>
Kontrol	55±0,5 ^a	55±0,53 ^c	45,85±1,72 ^b
25°Brix-60dk osmotik	26±0,62 ^b _a	86±0,42 ^a _a	40,72±1,23 ^b _b
30dk ultrasonik	25±0,87 ^b _a	55±0,87 ^b _b	61,67±1,40 ^a _a

*Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Aynı sütunda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Sonuçlar incelendiğinde, ultrasonik ve osmotik önişlem uygulanarak kurutulan kabak cipslerinin önişlem sonrası kuruma süreleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). Ancak, 30 dakika ultrasonik önişlem uygulamasında, kabak cipslerinin toplam kuruma süreleri daha kısa bulunmuştur. Toplam fenolik madde miktarları incelendiğinde ise iki önişlem arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). 30 dakikalık ultrasonik önişlem uygulanarak kurutulan kabak cipsi örneklerinin toplam fenolik madde miktarlarının en yüksek olduğu görülmektedir.

Şekil 4.5’de optimum parametreler olarak belirlenen 25Brix-60 dakika osmotik ve 30 dakika ultrasonik önişlemlerle ve önişlemsiz olarak kurutulan kabak cipsi örneklerinin yapılan duyusal kalite değerlendirmesi gösterilmiştir.



Şekil 4.5 : Önişlemsiz ve optimum osmotik ve ultrasonik önişlem parametreleri ile kurutulan kabak cipslerinin duyusal kalite değerlendirmesi.

Şekil 4.5’deki grafik incelendiğinde, kontrol grubu cips örneklerinin ‘sertlik’, ‘çıtırlık’ ve ‘genel beğeni’ parametrelerinin, sınır kabul edilen ‘3’ değerinin altında kaldığı görülmektedir.

Tukey testi ile ilk olarak panelistler arasındaki farklılık test edilmiş ve istatistiksel açıdan önemli bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0,05$). Tukey testine göre, kabak cipsi örneklerinin renk, tat, çıtırlık, sertlik ve genel beğeni dereceleri arasındaki farklar istatistiksel açıdan incelenmiş olup Çizelge 4.6’de gösterilmiştir. Çizelge’de, ayrı üst harfler önişlem uygulamaları ve kontrol grubu arasındaki farkları, alt harfler ise önişlem uygulamalarının kendi aralarındaki farkları göstermektedir.

Çizelge 4.6 : Osmotik ve ultrasonik önişlemler uygulanarak kurutulan kabak cipsleri duyusal kalitelerinin Tukey testi ile karşılaştırma sonuçları.

önişlem tipi	renk*	Büzüşme derecesi*	tat*	sertlik*	çıtırlık*	genel beğeni*
kontrol	4,00±0,63 ^a	3,75±0,61 ^a	3,58±0,80	2,66±0,81 ^b	2,25±0,75 ^b	2,25±0,27 ^b
25°B-60dk O.	3,33±0,51 ^{a_b}	3,91±0,66 ^{ab_a}	3,16±0,68	3,87±0,44 ^{a_a}	3,91±0,52 ^{a_a}	4,41±0,49 ^{a_a}
30dk U.	3,76±0,40 ^{a_a}	3,00±0,31 ^{b_b}	3,75±0,52	3,70±0,55 ^{a_a}	4,08±0,37 ^{a_a}	4,25±0,52 ^{a_a}

* Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Aynı sütunda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Önişlemler ve kontrol grubu arasında, renk ve tat bakımından istatistiksel açıdan önemli bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). Büzüşme derecesi bakımından ultrasonik önişlem uygulanan cips örnekleri, renk bakımından ise osmotik önişlem uygulanan

cips örnekleri daha az beğenilmiştir. Genel beğeni değerleri incelendiğinde, önişlem uygulanan cips örneklerinin, kontrol grubu örneklerine göre daha çok beğenildiği görülmektedir. Osmotik ve ultrasonik önişlem uygulanarak kurutulan cips örneklerinin genel beğeni puanlamaları arasındaki fark, istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

Toplam kuruma süresi ve toplam fenolik madde miktarı değerleri göz önünde tutulduğunda, kabak cipsi kurutma parametreleri optimizasyon çalışmalarına 30 dakikalık ultrasonik önişlem uygulaması ile devam edilmesine karar verilmiştir.

4.2 Kurutma Parametrelerinin Optimizasyonu

Önişlem yönteminin seçiminin ardından kabak cipsi kurutma parametrelerine 30 dakikalık ultrasonik önişlem uygulaması ile devam edilmesine karar verilmiştir. Tepki-Yüzey yöntemi, Merkezil bileşik deney tasarımı yardımıyla Minitab (USA) paket programı kullanılarak kurutma parametreleri için 3 faktörlü, 5 seviyeli (-a, -1, 0, 1, +a) desen oluşturulmuştur. Her bir deney setindeki örneklerin rehidrasyon oranı, kuruma süresi, renk (L ve ΔE) ve tekstür değerlerine göre analiz yapılmıştır. Çizelge 4.7’de Tepki-Yüzey yöntemi, Merkezil bileşik deney tasarımı yardımıyla tasarlanan deney setindeki bağımsız değişkenler (mikrodalga gücü, hava sıcaklığı ve hava hızı) ve tepkiler (rehidrasyon kapasitesi, kuruma süresi, renk (L ve ΔE) ve tekstür (sertlik) değerleri) gösterilmiştir.

Cips kalitesinin belirlenmesindeki en önemli fiziksel parametreler tekstür, kuruma süresi ve renk değerleridir. Bu nedenle kuruma parametrelerinin optimizasyonu gerçekleştirilirken bu parametreler kullanılmış ve optimizasyon sonucunda üç çözüm elde edilmiştir. İlk çözümde cips örneklerinin kuruma süresi, ikinci çözümde tekstür kalitesi ve üçüncü çözümde ise renk kalitesi (L ve ΔE) öncelikli alınarak optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon, Minitab programının ‘Response-Surface Optimizer’ fonksiyonu ile gerçekleştirilmiştir.

Optimizasyon analizleri sonucunda elde edilen üç çözümün doğruluğu test edilerek kurutma deneyleri yapılmış ve elde edilen ürünlerdeki toplam antioksidan kapasitesi, toplam fenolik madde ve β karoten analizleri uygulanarak optimum çözümlerin karakterizasyonu yapılmıştır.

Çizelge 4.7 : Merkezil bileşik deney tasarımı ile tasarlanan kabak cipsi kurutma deneylerinin rehidrasyon kapasitesi, kuruma süresi, renk (L ve ΔE) ve tekstür (sertlik) değerleri.

Bağımsız değişkenler				Tepkiler						
MW gücü (W)	Hava sıcaklığı (°C)	Hava hızı (m/s)	Kuruma süresi (dk)	RO 5	RO 15	RO 30	RO 60	L	ΔE	Sertlik (N)
200	60	2,5	38	2,00	3,45	4,34	6,10	61,01	5,99	2,50
250	65	2,0	23	2,86	4,09	4,13	4,33	52,33	14,55	2,85
250	65	2,8	23	2,84	4,27	4,46	4,92	57,85	6,73	2,99
250	73	2,0	21	2,96	3,73	4,33	4,64	58,61	6,53	2,85
250	65	2,0	21	3,04	3,70	4,61	4,65	52,42	13,61	2,90
250	65	2,0	22	3,12	3,42	4,10	4,25	54,45	11,88	3,00
300	60	1,5	21	3,09	3,77	3,82	4,78	52,38	15,45	3,25
334	65	2,0	18	2,87	3,04	3,61	3,87	45,05	24,43	3,63
250	65	1,2	21	2,90	3,09	4,56	4,58	60,52	4,62	3,03
200	70	1,5	36	2,41	3,26	4,80	5,56	62,99	3,24	2,43

Çizelge 4.7 devamı : Merkezil bileşik deney tasarımı ile tasarlanan kabak cipsi kurutma deneylerinin rehidrasyon kapasitesi, kuruma süresi, renk (L ve ΔE) ve tekstür (sertlik) değerleri

Bağımsız değişkenler				Tepkiler						
MW gücü (W)	Hava sıcaklığı (°C)	Hava hızı (m/s)	Kuruma süresi (dk)	RO 5	RO 15	RO 30	RO 60	L	ΔE	Sertlik (N)
250	65	2,0	21	3,00	3,30	3,97	4,08	51,22	16,63	3,05
300	70	1,5	21	2,89	3,84	4,33	4,79	52,89	17,07	3,43
300	70	2,5	20	3,66	4,83	4,95	5,38	52,73	17,88	3,19
250	65	2,0	20	2,92	3,65	3,83	4,37	53,47	14,59	2,78
200	70	2,5	36	2,92	4,40	4,65	5,35	63,81	4,79	2,35
250	65	2,0	22	2,59	3,80	4,21	4,97	54,25	13,11	2,99
165	65	2,0	47	2,40	3,92	4,65	5,19	65,77	6,20	2,10
300	60	2,5	20	3,84	4,44	5,45	5,64	53,43	17,42	3,36
200	60	1,5	39	2,86	4,01	4,90	5,46	63,11	3,32	2,47
250	56	2,0	23	3,08	3,96	4,93	5,10	51,00	17,39	3,01

RO : rehidrasyon oranı
L : parlaklık
 ΔE : toplam renk değişimi
N : Newton

4.2.1 Rehidrasyon kapasitesi

Tepki-Yüzey deney tasarımı ile tasarlanan deney setindeki parametrelerin rehidrasyon kapasiteleri, rehidrasyon oranı olarak ifade edilmiş ve Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Deney setindeki parametrelerin, cips örneklerinin rehidrasyon kapasiteleri üzerine etkisinin belirlenmesi için Tepki-Yüzey metodu ile analiz edilerek çoklu regresyon analizi ile tepkilere ait modeller oluşturulmuş, varyans analizi yapılarak, elde edilen veriler ile oluşturulan modelin uygunluğu incelenmiştir. Regresyon analizinde, cips örneklerinin 5. dakikadaki rehidrasyon oranları (RO 5) kullanılmıştır. Elde edilen modelde, kuruma süresine ait regresyon katsayıları (β) ve önem dereceleri (P -değeri) istatistiksel olarak hesaplanmış ve Çizelge 4.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 : Modelin rehidrasyon oranına ait regresyon analizi.

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları (β)	P-değeri (önem derecesi)
Kesişim/Sabit	4,39	<0,0001
Lineer (1. derece)		
W	-0,30	0,03
T	-0,13	0,29
H	0,17	0,18
Kuadratik (2. derece)		
W*W	0,19	0,12
T*T	0,29	0,03
H*H	0,23	0,07
Etkileşim		
W*T	0,07	0,67
W*H	0,14	0,38
T*H	0,16	0,34

Çizelge 4.8’de yer alan değerler incelendiğinde, $p < 0,05$ önem düzeyinde, birinci derece terimlerden biri olan Mikrodalga gücü (W) parametresinin cips örneklerinin rehidrasyon oranları üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu ve rehidrasyon oranını negatif yönde etkilediği görülmektedir. Rehidrasyon oranına etki eden ikinci dereceden terim ise ‘hava sıcaklığı*hava sıcaklığı’ terimidir ve rehidrasyon oranını pozitif yönde etkilemektedir. Literatürde de, mikrodalga gücü parametresi ile cips örneklerinin rehidrasyon oranları arasında negatif korelasyon olduğu belirtilmektedir (Seremet ve diğ., 2015).

Modelin katsayısı (R^2) ve düzeltilmiş katsayısı ($R^2_{düz}$) değerleri sırasıyla 0,83 ve 0,79 şeklindedir.

Rehidrasyon oranı için oluşturulan modele en iyi uyan denklem aşağıda ifade edildiği gibidir. 4.1 denkleminde yer alan ‘W’ mikrodalga gücü, ‘T’ hava sıcaklığı ve ‘H’ hava hızı parametrelerini göstermektedir.

$$\text{Rehidrasyon oranı} = 7,9 + 0,029 W - 0,384 T - 6,93 H + 0,003 T*T + 0,058 H*H + 0,010 W*H + 0,070 T*H \quad (4.1)$$

Elde edilen modelin uygunluğu varyans analizi (ANOVA) yapılarak irdelenmiş olup sonuçlar Çizelge 4.9’da verilmiştir. ANOVA analizine göre, $F_{\text{model}} (4,16) > F_{3,15} (3,29)$ olduğundan, kuruma süresi modelinin tahminleme için uygun olduğu saptanmıştır. Ayrıca, modelin elde edilen veriler ile uyumlu olup olmadığı, ‘model yetersizliği’ ile tespit edilmektedir. Çizelge 4.9’dan görüleceği üzere model hatası, yani model yetersizliği istatistiksel açıdan önemli bulunmamış olup ($p>0,05$), kurutma süresi için oluşturulan modelin, verilerle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

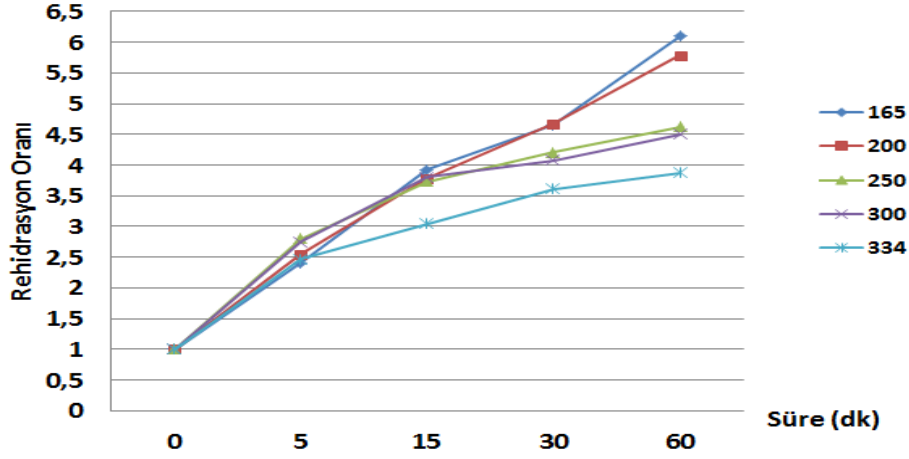
Çizelge 4.9 : Rehidrasyon oranı için varyans analizi sonuçları.

Kuruma süresi	SD	KT	KO	F değeri	P- değeri
Regresyon	3	1,30	0,43	4,16	0,02
MW gücü	1	1,12	1,21	11,66	<0,0001
Sıcaklık	1	0,00	0,00	0,01	0,92
Hava hızı	1	0,08	0,08	0,80	0,24
Hata	16	1,67	0,10		
Model yetersizliği	11	1,53	0,13	5,07	0,06
Tekrar hatası	5	0,13	0,02		
Toplam	19	2,97			

SD: Serbestlik derecesi; KT: Kareler toplamı; KO: Kareler ortalaması; P: Olasılık değeri.

Çizelge 4.9’da gösterilen varyans analiz tablosundaki değerler, regresyon analizi sonuçlarını doğrular niteliktedir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, kabak cipsi örneklerinin rehidrasyon oranı değerleri için geliştirilen modelin, model katsayısı (R^2) ve düzeltilmiş katsayı ($R^2_{düz}$) değerlerinin sırasıyla 0,78 ve 0,65 olduğu belirtilmiştir.

Varyans analizine göre, kabak cipsi rehidrasyon oranı değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunan mikrodalga gücü parametresinin, cipslerin rehidrasyon oranı değerleri üzerine etkisi Şekil 4.6’daki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 4.6 : Farklı mikrodalga güçleri ile kurutulan kabak cipsi örneklerinin rehidrasyon oranları.

Şekil 4.6’da görüldüğü üzere, kabak cipslerinin kurutulması sırasında yüksek mikrodalga gücü uygulamasının, örneklerin rehidrasyon oranlarını düşürdüğü görülmektedir. Bu sonuçlar, literatür ile uyumludur (Seremet ve diğ., 2015). Örneklerin düşük rehidrasyon oranları, kuruma sonrasında geri nem kazanımını engellemekte, fakat cips örneklerinin farklı prosesler için tekrar işlenebilirliğini düşürmektedir. Bu olgu tekstür sonuçlarını da desteklemektedir.

Bu nedenle, yüksek mikrodalga gücü ile kurutulan kabak cipsi örnekleri, sertlik değerlerini daha uzun süre koruyabilmektedir. Fakat, düşük su emme kapasitelerinden dolayı, farklı prosesler için tekrar işlenebilirlikleri de düşük olmaktadır.

4.2.2 Kuruma süresi

Tepki-Yüzey yöntemi deney tasarımı ile tasarlanan deney setindeki parametreler ile kurutulan cips örneklerinin kuruma süreleri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Deney setindeki parametrelerin, cips örneklerinin kuruma süreleri üzerine etkisinin belirlenmesi için Tepki-Yüzey metodu analiz edilerek çoklu regresyon analizi ile tepkilere ait modeller oluşturulmuş, varyans analizi yapılarak, elde edilen veriler ile oluşturulan modelin uygunluğu incelenmiştir. Elde edilen modelde, kuruma süresine ait regresyon katsayıları (β) ve önem dereceleri (P -değeri) istatistiksel olarak hesaplanmış ve Çizelge 4.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.10 : Modelin kuruma süresine ait regresyon katsayıları ve önem dereceleri.

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları (β)	P-değeri (önem derecesi)
Kesim/Sabit	21,86	<0,0001
Lineer (1. derece)		
W	-8,54	<0,0001
T	-0,66	0,604
H	-0,05	0,966
Kuadratik (2. derece)		
W*W	4,5	<0,0001
T*T	0,94	0,106
H*H	0,85	0,13
Etkileşim		
W*T	0,7	0,349
W*H	-0,07	0,89
T*H	0,18	0,26

Çizelge 4.10’da yer alan değerler incelendiğinde, $p < 0,05$ önem düzeyinde, birinci derece terimlerden biri olan Mikrodalga gücü (W) parametresinin cips örneklerinin kuruma süresi üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu ve kuruma süresini negatif yönde etkilediği görülmektedir. Kuruma süresine etki eden ikinci dereceden terim ise “mikrodalga güç*mikrodalga güç” terimidir. Bu terimin, kuruma süresini pozitif yönde etkilediği görülmektedir. Literatürde de, mikrodalga gücü parametresi ile cips örneklerinin kuruma süresi arasında negatif korelasyon olduğu belirtilmektedir (Alibaş, 2007; Maskan, 2000; Nawirska ve diğ., 2009; Özkan ve diğ., 2007).

Kuruma süresi için oluşturulan modele en iyi uyan denklem aşağıda ifade edildiği gibidir. 4.2 denkleminde yer alan ‘W’ mikrodalga gücü, ‘T’ hava sıcaklığı ve ‘H’ hava hızı parametrelerini göstermektedir.

$$\begin{aligned} \text{Kuruma süresi} = & 454 - 1,253 W - 5,891 T - 18,510 H + 0,002 W^2 + 0,038 T^2 \\ & + 3,420 H^2 + 0,003 W*T - 0,001 W*H + 0,074 T*H \end{aligned} \quad (4.2)$$

Elde edilen modelin uygunluğu varyans analizi (ANOVA) yapılarak irdelenmiş olup sonuçlar Çizelge 4.11’de verilmiştir. ANOVA analizine göre, $F_{\text{model}} (15,59) > F_{3,16} (3,24)$ olduğundan, kuruma süresi modelinin tahminleme için uygun olduğu saptanmıştır. Ayrıca, modelin elde edilen veriler ile uyumlu olup olmadığı, ‘model yetersizliği’ ile tespit edilmektedir. Çizelge 4.11’den görüleceği üzere model hatası,

yani model yetersizliği istatistiksel açıdan önemli bulunmamış olup ($p>0,05$), kurutma süresi için oluşturulan modelin, verilerle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

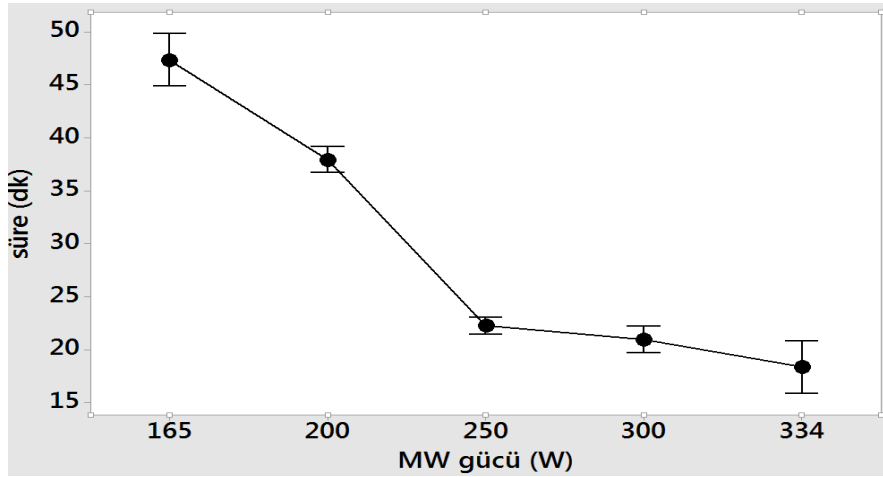
Çizelge 4.11: Kuruma süresi için varyans analizi sonuçları

Kurutma süresi	SD	KT	KO	F değereri	P- değereri
Regresyon	3	1002,08	334,03	15,59	<0,0001
MW gücü	1	996,06	996,058	46,48	<0,0001
Sıcaklık	1	5,98	5,99	0,28	0,604
Hava hızı	1	0,04	0,04	0,00	0,966
Hata	16	20,12	1,34		
Model yetersizliği	11	13,20	1,33	0,98	0,547
Tekrar hatası	5	6,82	1,363		
Toplam	19	1344,92			

SD: Serbestlik derecesi; KT: Kareler toplamı; KO: Kareler ortalaması; P: Olasılık değereri.

Çizelge 4.11’de verilen varyans analiz tablosundaki değerler, regresyon analizi sonuçlarını doğrular niteliktedir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, kabak cipsi örneklerinin kuruma süreleri için geliştirilen modelin, model katsayısı (R^2) ve dzeltiľmiř katsayı ($R^2_{düz}$) değerlerinin sırasıyla 0,96 ve 0,95 olduğu belirtilmiştir.

Varyans analizine göre, kabak cipsi kuruma süresi üzerindeki etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunan mikrodalga gücü parametresinin, cipslerin kuruma süreleri üzerine etkisi şekil 4.7’deki grafikte gösterilmiştir.

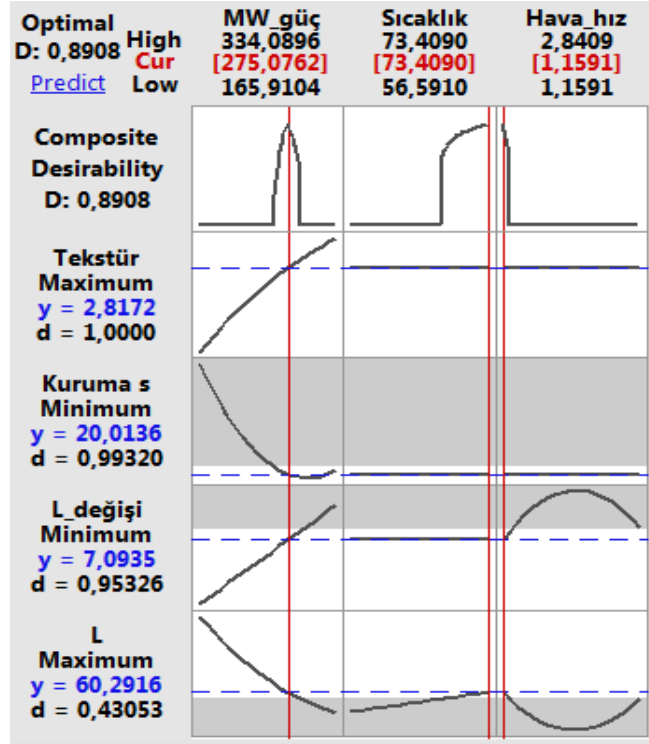


şekil 4.7 : Farklı mikrodalga güçleri ile kurutulan kabak cipsi örneklerinin kuruma süreleri.

şekil 4.7’de gösterildiği üzere, 165W mikrodalga gücü ile kurutulan kabak cipsi örnekleri en yüksek kuruma süresine sahipken, 334W mikrodalga gücü ile kurutulan örneklerin kuruma süresi en düşüktür. Kabak cipslerinin kuruma süresi, 250W’a

kadar keskin bir düşüşe sahipken, 250W sonrasında azalan bir eğimle düşmektedir. Kabak cipslerinin 250W mikrodalga gücünden daha yüksek güç değerlerinde kurutulması, önemli süre kazançları sağlamazken, son ürün renk kalite kayıplarına sebebiyet vermektedir.

Uygulanan mikrodalga gücünün artmasıyla, örneklerin kuruma süresi kısalmaktadır. Kuruma süresi öncelikli yapılan optimizasyon analizinde, tekstür maksimum (minimum izin verilen: 2,3 N, hedeflenen: 2,5 N), kuruma süresi minimum (hedeflenen: 20 dk maksimum izin verilen: 22 dk), toplam renk değişimi minimum (hedeflenen: 7, maksimum izin verilen: 9) ve L değeri maksimum (minimum izin verilen: 59, hedeflenen: 62) olarak belirlenmiştir. Optimizasyon analizinde, kuruma süresi önem değeri 5, diğer parametrelerin önem değeri 1 olarak girilmiştir. Şekil 4.8’de kuruma süresi öncelikli optimizasyon grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.8 : Kuruma süresi öncelikli optimizasyon grafiği.

Kuruma süresi öncelikli yapılan optimizasyonda, 275W mikrodalga gücü, 73,5°C hava sıcaklığı ve 1,16 m/s hava hızı parametreleri, %89 kabul edilebilirlik ile optimum parametre olarak belirlenmiştir.

4.2.3 Renk

➤ L değeri

Tepki-Yüzey yöntemi deney tasarımı ile tasarlanan deney setindeki parametreler ile kurutulan cips örneklerinin parlaklık (L) değerleri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Deney setindeki parametrelerin, cips örneklerinin ‘L’ değerleri üzerine etkisinin belirlenmesi için Tepki-Yüzey metodu ile analiz edilerek çoklu regresyon analizi ile tepkilere ait modeller oluşturulmuş, varyans analizi yapılarak, elde edilen veriler ile oluşturulan modelin uygunluğu incelenmiştir. Elde edilen modelde, ‘L’ değerlerine ait regresyon katsayıları (β) ve önem dereceleri (*P*-değeri) istatistiksel olarak hesaplanmış ve Çizelge 4.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.12 : Modelin ‘L’ değerlerine ait regresyon katsayıları ve önem dereceleri.

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları (β)	<i>P</i>-değeri (önem derecesi)
Kesişim/Sabit	52,98	<0,0001
Lineer (1. derece)		
W	-5,44	<0,0001
T	1,12	0,04
H	-0,35	0,48
Kuadratik (2. derece)		
W*W	1,08	0,04
T*T	-0,86	0,10
H*H	2,41	0,00
Etkileşim		
W*T	-0,35	0,59
W*H	0,27	0,68
T*H	0,21	0,74

Çizelge 4.12’de yer alan değerler incelendiğinde, $p < 0,05$ önem düzeyinde, birinci derece terimlerden mikrodalga gücü (W) ve hava sıcaklığı (T) parametrelerinin cips örneklerinin ‘L’ değerleri üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmektedir. Ayrıca, Mikrodalga gücü parametresi, örneklerin ‘L’ değerlerini negatif yönde etkilerken, hava sıcaklığı ise pozitif yönde etkilediği görülmektedir. Cips örneklerinin ‘L’ değerlerine etki eden ikinci dereceden terim ise ‘mikrodalga gücü*mikrodalga gücü’ ve ‘hava hızı*hava hızı’ terimleridir. Bu terimlerin, ‘L’ değerini pozitif yönde etkilediği görülmektedir. Sonuçlar literatür ile uyumludur (Guine ve Barroca, 2012).

‘L’ değeri için oluşturulan modele en iyi uyan denklem aşağıda ifade edildiği gibidir. .3 denkleminde yer alan ‘W’ mikrodalga gücü, ‘T’ hava sıcaklığı ve ‘H’ hava hızı parametrelerini göstermektedir.

$$L = 272 - 0,453 W - 4,092 T - 47,6 H + 0,001 W^2 + 0,035 T^2 + 9,660 H^2 - 0,001 W*T + 0,011 W*H + 0,085 T*H \quad (4.3)$$

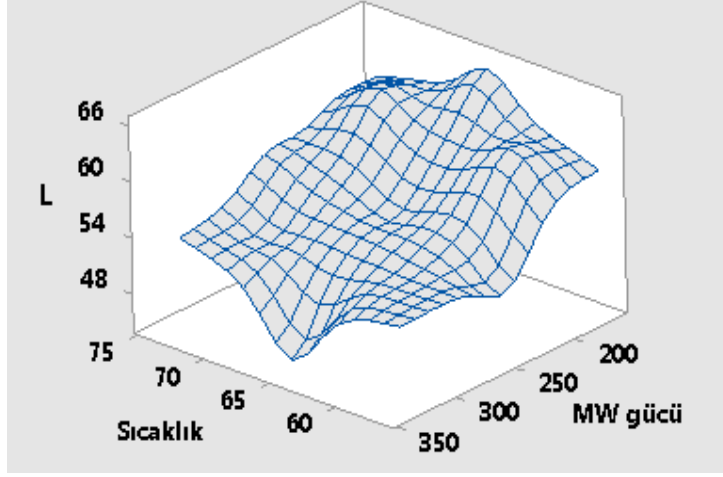
Elde edilen modelin uygunluğu varyans analizi (ANOVA) yapılarak irdelenmiş olup sonuçlar Çizelge 4.13’de verilmiştir. ANOVA analizine göre, $F_{\text{model}} (16,83) > F_{3,16} (3,24)$ olduğundan, ‘L’ değeri modelinin tahminleme için uygun olduğu saptanmıştır. Ayrıca, modelin elde edilen veriler ile uyumlu olup olmadığı, ‘model yetersizliği’ ile tespit edilmektedir. Çizelge 4.13’den görüleceği üzere model hatası, yani model yetersizliği istatistiksel açıdan önemli bulunmamış olup ($p>0,05$), kurutma süresi için oluşturulan modelin, verilerle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.13 : ‘L’ değeri için varyans analiz sonuçları.

Parlaklık	SD	KT	KO	F değeri	P- değeri
Regresyon	3	423,57	141,19	16,83	<0,0001
MW gücü	1	404,66	404,66	48,23	<0,0001
Sıcaklık	1	17,15	17,15	2,04	0,047
Hava hızı	1	1,75	1,75	0,21	0,485
Hata	16	134,25	8,39		
Model yetersizliği	11	126,40	11,49	7,32	0,065
Tekrar hatası	5	7,85	1,57		
Toplam	19	557,83			

Çizelge 4.13’de verilen varyans analiz tablosundaki değerler, regresyon analizi sonuçlarını doğrular niteliktedir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, kabak cipsi örneklerinin ‘L’ değerleri için geliştirilen modelin, model katsayısı (R^2) ve düzeltilmiş katsayı ($R^2_{\text{düz}}$) değerlerinin sırasıyla 0,94 ve 0,88 olduğu belirtilmiştir.

Varyans analizine göre, kabak cipsi ‘L’ değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunan mikrodalga gücü ve hava hızı parametrelerinin, cipslerin ‘L’ değerleri üzerine etkisi Şekil 4.9’daki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 4.9 : MW gücü ve hava sıcaklığı parametrelerinin cips örneklerinin ‘L’ değerleri üzerine etkisinin Tepki-Yüzey grafiği ile gösterimi.

Şekil 4.9’da gösterildiği üzere, mikrodalga gücü parametresi arttıkça, cips örneklerinin parlaklık (L) değerleri düşmektedir. Bu durum, cips kalitesi için istenmeyen bir durumdur. Hava sıcaklığı parametresi incelendiğinde, düşük (56, 60°C) ve yüksek (70, 73°C) hava sıcaklığında kurutulan cips örneklerinin ‘L’ değeri en iyi seviyede olmasına rağmen, orta nokta sıcaklık parametreleri (65°C) ile kurutulan örneklerin en düşük ‘L’ değerine sahip olduğu görülmüştür.

➤ Renk değişimi (ΔE)

Tepki-Yüzey deney tasarımı ile tasarlanan deney setindeki parametreler ile kurutulan cips örneklerinin toplam renk değişimi (ΔE) değerleri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Deney setindeki parametrelerin, cips örneklerinin ‘ ΔE ’ değerleri üzerine etkisinin belirlenmesi için Tepki-Yüzey metodu ile analiz edilerek çoklu regresyon analizi ile tepkilere ait modeller oluşturulmuş, varyans analizi yapılarak, elde edilen veriler ile oluşturulan modelin uygunluğu incelenmiştir. Elde edilen modelde, ‘ ΔE ’ değerlerine ait regresyon katsayıları (β) ve önem dereceleri (P -değeri) istatistiksel olarak hesaplanmış ve Çizelge 4.14’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14 : Modelin ‘ΔE’ değerlerine ait regresyon katsayıları ve önem dereceleri.

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları (β)	P-değeri (önem derecesi)
Kesişim/Sabit	13,96	<0,0001
Lineer (1. derece)		
W	5,94	<0,0001
T	-0,88	0,266
H	2,11	0,014
Kuadratik (2. derece)		
W*W	-0,06	0,94
T*T	-0,69	0,39
H*H	-1,53	0,07
Etkileşim		
W*T	0,40	0,71
W*H	-0,16	0,88
T*H	-0,27	0,79

Çizelge 4.14’de yer alan değerler incelendiğinde, $p < 0,05$ önem düzeyinde, birinci derece terimlerden mikrodalga gücü (W) ve hava hızı (H) parametrelerinin cips örneklerinin ‘ΔE’ değerleri üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu ve ‘ΔE’ değerini pozitif yönde etkilediği görülmektedir. Cips örneklerinin ‘ΔE’ değerlerine etki eden ikinci dereceden terim ise “hava hızı*hava hızı” terimidir. Bu terimin, ‘ΔE’ değerini negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sonuçlar literatür ile uyumludur (Alibaş, 2007).

‘ΔE’ değeri için oluşturulan modele en iyi uyan denklem aşağıda ifade edildiği gibidir. 4.3 denkleminde yer alan ‘W’ mikrodalga gücü, ‘T’ hava sıcaklığı ve ‘H’ hava hızı parametrelerini göstermektedir.

$$\Delta E = -148 + 0,059 W + 3,264 T + 37,508 H - 0,029 T^2 - 6,148 H^2 + 0,002 W*T - 0,006 W*H - 0,110 T*H \quad (4.4)$$

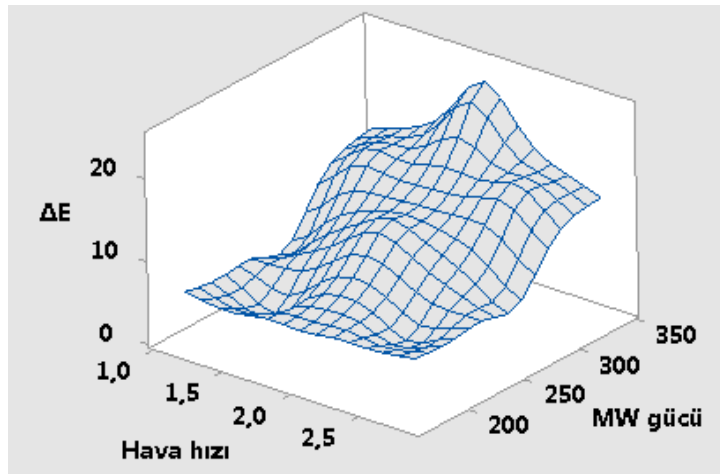
Elde edilen modelin uygunluğu varyans analizi (ANOVA) yapılarak irdelenmiş olup sonuçlar Çizelge 4.15’de verilmiştir. ANOVA analizine göre, $F_{\text{model}} (22,98) > F_{3,16} (3,24)$ olduğundan, ‘ΔE’ değeri modelinin tahminleme için uygun olduğu saptanmıştır. Ayrıca, modelin elde edilen veriler ile uyumlu olup olmadığı, ‘model yetersizliği’ ile tespit edilmektedir. Çizelge 4.15’den görüleceği üzere model hatası, yani model yetersizliği istatistiksel açıdan önemli bulunmamış olup ($p > 0,05$), kurutma süresi için oluşturulan modelin, verilerle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.15 : ‘ ΔE ’ değeri için varyans analiz sonuçları.

Parlaklık	SD	KT	KO	F değeri	P- değeri
Regresyon	3	554,33	184,77	22,98	0,000
MW gücü	1	482,78	182,78	60,04	0,000
Sıcaklık	1	10,67	10,67	1,33	0,266
Hava hızı	1	60,88	60,88	7,57	0,014
Hata	16	128,65	8,04		
Model yetersizliği	11	116,34	10,55	4,30	0,065
Tekrar hatası	5	12,30	2,46		
Toplam	19	682,98			

Çizelge 4.15’de verilen varyans analiz tablosundaki değerler, regresyon analizi sonuçlarını doğrular niteliktedir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, kabak cipsi örneklerinin ‘ ΔE ’ değerleri için geliştirilen modelin, model katsayısı (R^2) ve düzeltilmiş katsayı ($R^2_{düz}$) değerlerinin sırasıyla 0,81 ve 0,78 olduğu belirtilmiştir.

Varyans analizine göre, kabak cipsi ‘ ΔE ’ değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunan mikrodalga gücü ve hava hızı parametrelerinin, cipslerin ‘ ΔE ’ değerleri üzerine etkisi Şekil 4.10’daki grafikte gösterilmiştir.

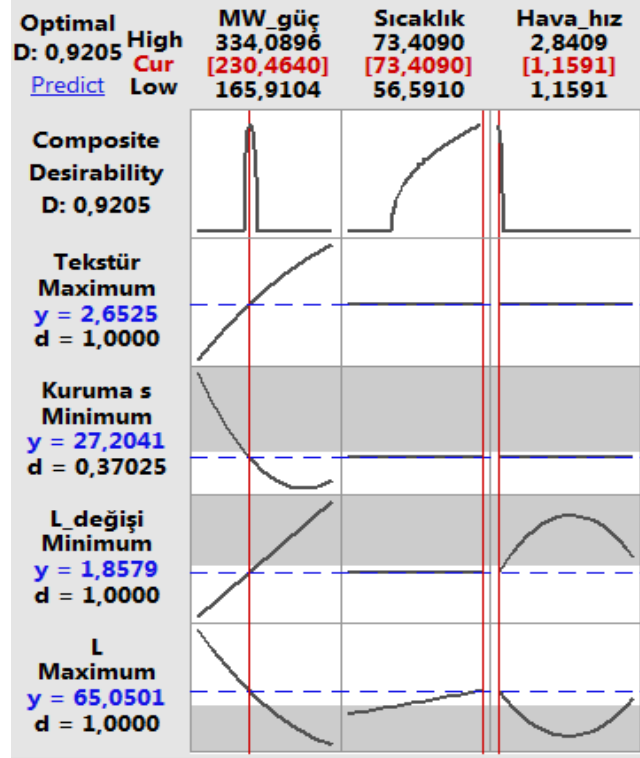


Şekil 4.10 : MW gücü ve hava hızı parametrelerinin cips örneklerinin toplam renk değişimi (ΔE) üzerine etkisinin Tepki-Yüzey grafiği ile gösterimi.

Şekil 4.11’de gösterildiği üzere, hava sıcaklığı ve mikrodalga gücü parametreleri arttıkça, kabak cipslerinin renk değişimleri de artmaktadır. Bu durum cips kalitesi bakımından istenmeyen bir durumdur.

Cips örneklerinin renk kalitesinin göstergesi olan L (parlaklık) ve ΔE (toplam renk değişimi) değerlerinin analiz edilmesinin ardından, uygulanan mikrodalga gücünün artmasıyla, örneklerin parlaklığı azaldığı ve toplam renk değişiminin arttığı görülmüştür. Örneklerin renk kalitesi değerleri öncelik alınarak yapılan optimizasyon

analizinde, tekstür maksimum (minimum izin verilen: 2,3 N, hedeflenen: 2,5 N), kuruma süresi minimum (hedeflenen: 25 dk maksimum izin verilen: 28,5 dk), toplam renk değişimi minimum (hedeflenen: 2,5, maksimum izin verilen: 3) ve L değeri maksimum (minimum izin verilen: 62,5, hedeflenen: 65) olarak belirlenmiştir. Optimizasyon analizinde, L ve ΔE önem değeri 5, diğer parametrelerin önem değeri 1 olarak girilmiştir. Şekil 4.11’de renk öncelikli optimizasyon grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.11 : Renk öncelikli optimizasyon grafiği.

Renk kalitesi öncelikli yapılan optimizasyonda, 230W mikrodalga gücü, 73,41°C hava sıcaklığı ve 1,16 m/s hava hızı parametreleri, %92 kabul edilebilirlik ile optimum parametre olarak belirlenmiştir.

4.2.4 Tekstür

Tepki-Yüzey yöntemi deney tasarımı ile tasarlanan deney setindeki parametreler ile kurutulan cips örneklerinin sertlik (N) değerleri Çizelge 4.7’de gösterilmiştir. Deney setindeki parametrelerin, cips örneklerinin sertlik değerleri üzerine etkisinin belirlenmesi için Tepki-Yüzey metodu ile analiz edilerek çoklu regresyon analizi ile tepkilere ait modeller oluşturulmuş, varyans analizi yapılarak, elde edilen veriler ile oluşturulan modelin uygunluğu incelenmiştir. Elde edilen modelde, sertlik

değerlerine ait regresyon katsayıları (β) ve önem dereceleri (P -değeri) istatistiksel olarak hesaplanmış ve Çizelge 4.16’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16 : Modelin sertlik (N) değerlerine ait regresyon katsayıları ve önem dereceleri.

Bağımsız değişkenler	Regresyon katsayıları (β)	P-değeri (önem derecesi)
Kesişim/Sabit	2,94	<0,0001
Lineer (1. derece)		
W	0,42	<0,0001
T	0,00	0,97
H	0,02	0,57
Kuadratik (2. derece)		
W*W	-0,02	0,52
T*T	0,02	0,61
H*H	-0,14	0,03
Etkileşim		
W*T	-0,03	0,57
W*H	-0,01	0,81
T*H	-0,07	0,23

Çizelge 4.16’da yer alan değerler incelendiğinde, $p < 0,05$ önem düzeyinde, birinci derece terimlerden mikrodalga gücü (W) parametresinin cips örneklerinin ‘N’ değerleri üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu ve ‘N’ değerini pozitif yönde etkilediği görülmektedir. Cips örneklerinin ‘N’ değerlerine etki eden ikinci dereceden terim ise “hava hızı*hava hızı” terimidir. Bu terimin, ‘N’ değerini negatif yönde etkilediği görülmektedir. Sonuçlar literatür ile uyumludur (Guine ve Barroca, 2012).

‘N’ değeri için oluşturulan modele en iyi uyan denklem aşağıda ifade edildiği gibidir. 4.4 denkleminde yer alan ‘W’ mikrodalga gücü, ‘T’ hava sıcaklığı ve ‘H’ hava hızı parametrelerini göstermektedir.

$$\text{Sertlik (N)} = -4,161 + 0,024 W - 0,024 T + 3,780 H - 0,419 H^2 - 0,001 W*H - 0,029 T*H \quad (4.5)$$

Elde edilen modelin uygunluğu varyans analizi (ANOVA) yapılarak irdelenmiş olup sonuçlar Çizelge 4.17’de verilmiştir. ANOVA analizine göre, $F_{\text{model}} (26,62) > F_{3,16} (3,24)$ olduğundan, ‘N’ değeri modelinin tahminleme için uygun olduğu saptanmıştır. Ayrıca, modelin elde edilen veriler ile uyumlu olup olmadığı, ‘model yetersizliği’ ile

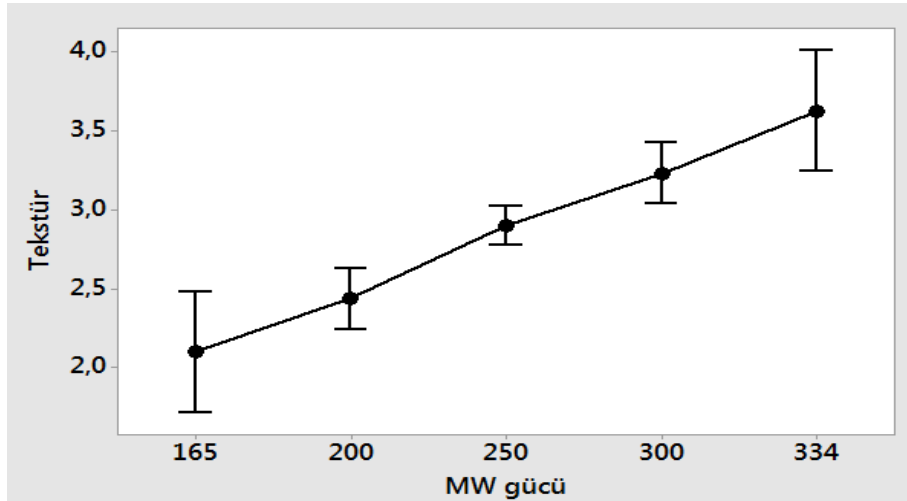
tespit edilmektedir. Çizelge 4.17’den görüleceği üzere model hatası, yani model yetersizliği istatistiksel açıdan önemli bulunmamış olup ($p>0,05$), kurutma süresi için oluşturulan modelin, verilerle uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.17 : Sertlik (N) değeri için varyans analiz sonuçları.

Parlaklık	SD	KT	KO	F değeri	P- değeri
Regresyon	3	2,44	0,81	26,62	<0,0001
MW gücü	1	2,43	2,43	76,58	<0,0001
Sıcaklık	1	0,00	0,00	0,00	0,97
Hava hızı	1	0,01	0,01	0,28	0,60
Hata	16	0,05	0,03		
Model yetersizliği	11	0,45	0,04	3,63	0,08
Tekrar hatası	5	0,06	0,01		
Toplam	19	2,94			

Çizelge 4.17’de gösterilen varyans analiz tablosundaki değerler, regresyon analizi sonuçlarını doğrular niteliktedir. Varyans analizi sonuçları incelendiğinde, kabak cipsi örneklerinin ‘N’ değerleri için geliştirilen modelin, model katsayısı (R^2) ve düzeltilmiş katsayı ($R^2_{düz}$) değerlerinin sırasıyla 0,82 ve 0,79 olduğu belirtilmiştir.

Varyans analizine göre, kabak cipsi ‘N’ değerleri üzerindeki etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunan mikrodalga gücü parametresinin, cipslerin ‘N’ değerleri üzerine etkisi Şekil 4.12’deki grafikte gösterilmiştir.

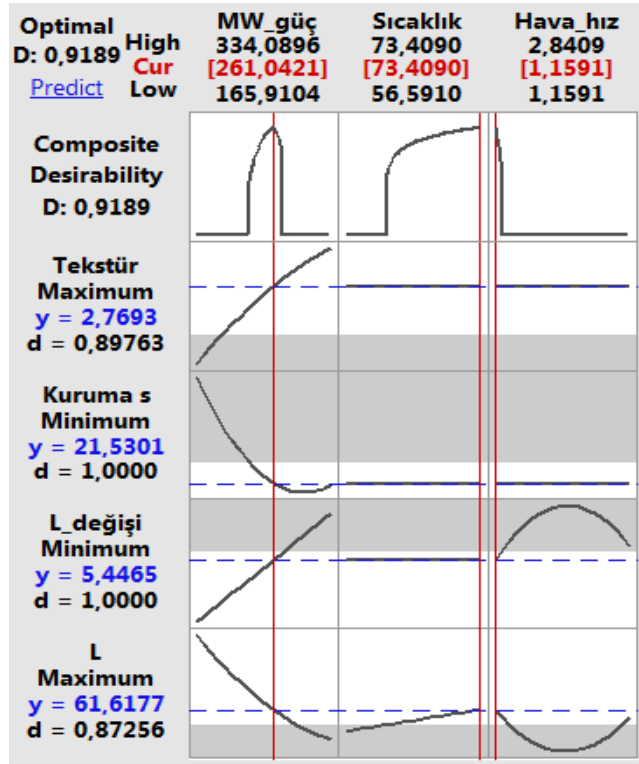


Şekil 4.12: Farklı mikrodalga güçleri ile kurutulan kabak cipsi örneklerinin sertlik (N) değerleri.

Grafiğe bakıldığı zaman, cips örneklerinin sertlik değerlerinin mikrodalga gücü ile değişiminin doğrusal olduğu görülmektedir. 165W mikrodalga gücü ile kurutulan kabak cipsi örnekleri en düşük sertlik değerlerine sahipken, 334W mikrodalga gücü

ile kurutulan örneklerin sertlik değerleri en yüksektir. Bu nedenle, kabak cipslerinin yüksek mikrodalga gücü ile kurutulması, cips kalitesinin belirlenmesindeki en önemli parametrelerden biri olan ‘sertlik’ değerini arttırmaktadır.

Örneklerin sertlik değerleri öncelik alınarak yapılan optimizasyon analizinde, tekstür maksimum (minimum izin verilen: 2,5 N, hedeflenen: 2,8 N), kuruma süresi minimum (hedeflenen: 23 dk maksimum izin verilen: 27 dk), toplam renk değişimi minimum (hedeflenen: 5,5, maksimum izin verilen: 7) ve L değeri maksimum (minimum izin verilen: 59, hedeflenen: 62) olarak belirlenmiştir. Optimizasyon analizinde, tekstür önem değeri 5, diğer parametrelerin önem değeri 1 olarak girilmiştir. Şekil 4.13’de tekstür öncelikli optimizasyon grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.13 : Tekstür öncelikli optimizasyon grafiği.

Tekstür değeri öncelikli yapılan optimizasyonda, 261 W mikrodalga gücü, 73,41°C hava sıcaklığı ve 1,16 m/s hava hızı parametreleri, %92 kabul edilebilirlik ile optimum parametre olarak belirlenmiştir.

4.2.5 Modelin doğrulanması

Tepki-Yüzey yöntemi ile elde edilen kabak cipsi kurutma parametrelerine ait kuruma süresi, renk (L ve ΔE) ve tekstür çıktı modellerinin doğruluğunun tespiti için, belirlenen üç optimum koşul (kuruma süresi için, 275 W - 73,5°C - 1,16 m/s; tekstür

için, 261 W - 73,4°C - 1,16 m/s ve renk için, 230 W - 73,4°C - 1,16 m/s) tekrar denenmiştir. Elde edilen çıktılar, model çıktılarıyla karşılaştırılmış ve Çizelge 4.18’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18 : Model ve doğrulama denemelerinden elde edilen değerler.

Optimum parametreler	Tahminlenen çıktılar				
	<i>RO</i>	<i>Kuruma süresi (dk)</i>	<i>L</i>	<i>ΔE</i>	<i>Sertlik (N)</i>
275W-73,5°C-1,16 m/s	1,84	23	58,07	15,92	3,21
261W-73,4°C-1,16 m/s	2,80	25	57,76	13,19	2,89
230W-73,4°C-1,16 m/s	3,93	33	60,46	5,95	1,67
Optimum parametreler	Deneylerden elde edilen çıktılar				
	<i>RO</i>	<i>Kuruma süresi (dk)</i>	<i>L</i>	<i>ΔE</i>	<i>Sertlik (N)</i>
275W-73,5°C-1,16 m/s	1,33	22	53,70	16,19	3,62
261W-73,4°C-1,16 m/s	2,58	26	56,81	14,00	2,92
230W-73,4°C-1,16 m/s	3,13	35	66,14	4,36	2,38

Çizelge 4.18 incelendiğinde, optimizasyon sonucu belirlenen optimum parametreler kullanılarak yapılan deneylerden elde edilen çıktılar ve modellerden tahminlenen çıktılar birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

4.3 Optimum Parametrelerin Karakterizasyonu

Tepki yüzey yöntemi ile oluşturulan kabak cipsi kurutma parametrelerinin modellenmesi ve belirlenen optimum noktalar ile doğrulanmasının ardından, optimum parametrelerin karakterizasyonu yapılmıştır. Optimum parametreler ile kurutularak elde edilen kabak cipsi örneklerinin toplam fenolik madde mg GAE/100 g km), β karoten (μg/g) ve toplam antioksidan kapasitesi (% aktivite ve IC₅₀) değerleri incelenmiştir. Kurutulmuş kabak cipsi örneklerinin IC₅₀ değerleri, DPPH radikalının %50’sinin inhibisyonunu sağlayan konsantrasyon değerini ifade etmektedir. Çizelge 4.19’da optimum parametrelerin toplam fenolik madde, β karoten, antioksidan kapasitesi sonuçları ve Tukey Testi ile karşılaştırılması sonuçları gösterilmiştir. Çizelgede, ayrı üst harfler optimum noktalar ve kontrol

grubu arasındaki farkları, alt harfler ise optimum noktaların kendi aralarındaki farkları göstermektedir.

Çizelge 4.19 : Optimum parametrelerin toplam fenolik madde, β karoten, antioksidan kapasitesi sonuçları ve Tukey Testi ile karşılaştırılması sonuçları.

Optimum parametreler	Toplam fenolik madde (mg GAE / 100g k.m)	β karoten (μ g/g)	Antioksidan	
			% aktivite	IC ₅₀ (mg/ml)
Ham kabak	70,90 $\pm$ 3,6 ^a	157,65 $\pm$ 3,52 ^d	65,72 $\pm$ 1,34 ^c	4,74 $\pm$ 0,09 ^a
275W-73,5°C-1,16 m/s	52,81 $\pm$ 2,75 ^b _c	222,50 $\pm$ 4,12 ^a _a	87,59 $\pm$ 1,73 ^a _a	4,43 $\pm$ 0,12 ^a _a
261W-73,4°C-1,16 m/s	60,02 $\pm$ 2,15 ^b _b	192,45 $\pm$ 2,85 ^b _b	80,99 $\pm$ 1,89 ^b _{ab}	4,17 $\pm$ 0,11 ^b _b
230W-73,4°C-1,16 m/s	67,03 $\pm$ 2,48 ^a _a	177,32 $\pm$ 3,42 ^c _c	77,63 $\pm$ 1,12 ^b _b	3,79 $\pm$ 0,11 ^c _c

* Aynı sütunda ayrı üst harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Aynı sütunda ayrı alt harfle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir.

Çizelge 4.19’da görüldüğü üzere, ham bal kabağı fenolik madde miktarı 70,90 mg GAE/100 gram iken, örneklerinin kurutulması ile birlikte, toplam fenolik madde miktarları düşmüştür. Ayrıca, farklı mikrodalga gücü parametreleri ile kurutulan kabak cipsi örneklerinin toplam fenolik madde miktarları arasındaki fark da istatistiksel açıdan önemli bulunmuş ($p < 0,05$) ve Çizelge 4.19’da ayrı alt harflerle işaretlenmiştir. Mikrodalga gücü parametresinin artması ile birlikte bal kabağı cipsi örneklerinin fenolik madde miktarları azalmaktadır. Örneklerle uygulanan mikrodalga gücünün artması ile, örneklerin merkez sıcaklıklarının da arttığı görülmüştür. Bu nedenle, örneklerin fenolik bileşenlerindeki azalma, yüksek mikrodalga gücü parametreleri ile kurutulan kabak cipsi örneklerindeki yüksek sıcaklık artışının, örneklerin fenolik bileşenlerine zarar vermesi şeklinde açıklanabilmektedir (Azizah ve diğ., 2009; Cieslik ve diğ., 2006; Lin ve diğ., 1998; Manzocco ve diğ., 2001; Skerget ve diğ., 2005).

Kabak cipsi örneklerinin β karoten miktarları incelendiğinde, ham kabak örneğinin ve kurutulmuş örneklerin β karoten miktarları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuş ($p < 0,05$) ve Çizelge 4.19’da ayrı üst harflerle işaretlenmiştir. Ham kabağın β karoten miktarı 157,65 μ g/g iken, örneklerin kurutulması ile birlikte bu değer artmıştır. Ayrıca, farklı mikrodalga gücü parametreleri ile kurutulan kabak cipsi örneklerinin β karoten miktarları arasındaki fark da istatistiksel açıdan önemli bulunmuş ($p < 0,05$) ve Çizelge 4.19’da ayrı alt harflerle işaretlenmiştir. Örneklerle

uygulanan mikrodalga gücünün artması ile, β karoten miktarları da artmıştır. Yapılan çalışmalarda, ısıtma işlem uygulamalarının bal kabağı dahil farklı meyve ve sebzelerdeki β karoten miktarını arttırdığı görülmüştür (Azizah ve diğ., 2009; Carvalho ve diğ., 2014; Sass-Kiss, ve diğ., 2005).

Kabak cipsi örneklerinin antioksidan kapasiteleri incelendiğinde, ham kabak örneğinin ve kurutulmuş örneklerin % antioksidan kapasiteleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuş ($p<0,05$) ve Çizelge 4.19’da ayrı üst harflerle işaretlenmiştir. Ham kabağın antioksidan kapasitesi %65,72 iken, örneklerin kurutulması ile birlikte bu değer artmıştır. Ayrıca, farklı mikrodalga gücü parametreleri ile kurutulan kabak cipsi örneklerinin % antioksidan kapasiteleri arasındaki fark da istatistiksel açıdan önemli bulunmuş ($p<0,05$) ve Çizelge 4.19’da ayrı alt harflerle işaretlenmiştir. Yüksek mikrodalga gücü (275W) ile kurutulan örneklerin % antioksidan kapasiteleri en yüksek iken, düşük güçte (231W) kurutulan örneklerin % antioksidan kapasiteleri en düşüktür. Bu durum literatürde, yüksek mikrodalga gücü uygulamasının, örneklerdeki yüksek sıcaklık artışına sebep olduğu ve yüksek sıcaklık uygulamalarının, örneklerin antioksidan kapasitelerini arttırdığı şekilde açıklanmıştır (Azizah ve diğ., 2009; Dewanto ve diğ., 2000; Priecina ve Karklina, 2013).

Kabak cipsi örneklerinin IC_{50} değerleri incelendiğinde, ham kabak örnekleri ve kurutulmuş kabak örneklerinin IC_{50} değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuş ($p<0,05$) ve Çizelge 4.19’da ayrı üst harflerle işaretlenmiştir. Ham kabak örneği en güçlü IC_{50} değerine sahiptir. Ayrıca, kurutulmuş örneklerin IC_{50} değerleri arasındaki fark da istatistiksel açıdan önemli bulunmuş ($p<0,05$) ve Çizelge 4.19’da ayrı alt harflerle işaretlenmiştir. Bal kabağı cipsi örneklerine uygulanan mikrodalga gücünün artmasıyla, örneklerin % antioksidan kapasiteleri ile paralel olarak IC_{50} değerlerinin de arttığı görülmüştür. Sonuçlar, literatür ile desteklenmektedir (Azizah ve diğ., 2009).

5. SONUÇ

Değişen ve gelişen yaşam şartları ve insanların ‘sağlıklı beslenme’ algısının artması ile birlikte, tüketicilerin kolay hazırlanabilir, depolanabilir, taşınabilir ve tüketilebilir, lif bakımından zengin ve sağlıklı gıdalara ilgisi de artmaktadır. Bu nedenle, yüzyıllardır süregelen bir proses olan gıda kurutma, son zamanlarda oldukça önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, iyi yaşam uygulamaları ve sağlıklı atıştırmalık konularına hitap eden kurutulmuş meyve ve sebze ürünleri üzerinde durulmuş, yeni gıda kurutma teknolojileri arasından, kolay koşullar ile gıda kurutmaya en uygun yöntem olan mikrodalga hibritli konvansiyonel kurutma yöntemi kullanılarak, besin değeri ve lif miktarı bakımından oldukça zengin olan bal kabağı meyvesi cipsi üretim parametreleri incelenmiştir.

Çalışma kapsamında, *C. moschata* türü bal kabağı örnekleri kullanılmıştır. İlk olarak literatürden yola çıkarak gıda kurutma işlemlerinden önce osmotik ve ultrasonik önışlem uygulamalarının, kurutma işlemlerinin gıda üzerindeki zararlı etkilerini azalttığı, kuruma süresinin kısalttığı ve son ürün kalitesini arttırdığı bilgilerinden yola çıkılarak osmotik önışlem ve ultrasonik önışlem uygulamaları çalışılmıştır. DOE ile tasarlanan osmotik önışlem deney setinde şeker yoğunluğu olarak 25 ve 50°Brix, daldırma süresi olarak 60 ve 90 dakika, ultrasonik önışlem deney setinde ise 50 Khz frekansında 10, 20 ve 30 dakikalık ultrasonik önışlem parametreleri kullanılmıştır. Önışlem uygulamalarının ardından, kabak cipsi örnekleri 200W mikrodalga gücü, 70°C hava sıcaklığı ve 1.5 m/s hava hızı parametreleri ile kurutulmuştur. Kurutma denemeleri, online ağırlık ölçüm düzeneği ile kontrol edilmiş ve %92 ağırlık kaybına ulaştığı anda sonlandırılmıştır.

Kabak cipsi örneklerinin önışlem sonrası kuruma süresi, toplam fenolik madde miktarı ve duyusal beğeni sonuçlarına göre optimizasyon yapılmıştır. Osmotik önışlem uygulanan cips örnekleri renk ve tat açısından ultrasonik önışlemin gerisinde

kaldığı ve toplam fenolik madde miktarlarının da istenen düzeyin altında olduğu gözlemlenmiştir. Ultrasonik önişlem uygulanan cips örneklerinde ise rengin korunduğu, bunun yanında büzüşüklüğün arttığı fakat toplam fenolik madde miktarının oldukça iyi olduğu belirlenmiştir. Tüm tepkiler göz önünde tutularak yapılan optimizasyon analizleri sonucunda, kurutma denemelerine, 30 dakika daldırma süreli ultrasonik önişlem uygulaması ile devam edilmesine karar verilmiştir.

Bal kabağı örneklerinin mikrodalga hibritli konvansiyonel kurutulması sırasında, bağımsız değişkenler olarak belirlenen mikrodalga gücü, hava sıcaklığı ve hava hızı parametrelerini incelemek üzere, Tepki-Yüzey yöntemi (TYY) kullanılarak 3 faktörlü, 5 seviyeli Birleşik Deney Tasarımı gerçekleştirilmiştir. Reaksiyonlar sonucunda seçilen tepkiler [Rehidrasyon oranı, kuruma süresi, renk (L ve ΔE) ve tekstür (Sertlik, N)] için ‘çoklu regresyon’ yöntemi kullanılarak, bu tepkilere ait kuadratik modeller elde edilmiştir. Varyans analizleri yapılarak, elde edilen modellerin uygunluğu incelenmiştir.

Deney tasarımıdaki tüm deney noktalarından elde edilen çıktılar incelendiğinde, en yüksek rehidrayon kapasitesinin (3,84) 300W - 60°C – 2,5 m/s; en düşük rehidrasyon kapasitesinin ise (2,41) ise 165W - 65°C - 2 m/s parametreleri ile kurutulan kabak cipsi örneklerine ait olduğu görülmüştür. Regresyon analizi sonuçları incelendiğinde, mikrodalga gücü (W) parametresinin, örneklerin rehidrasyon kapasiteleri üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuş ve negatif korelasyon olduğu görülmüştür. Cips örneklerinin kurutulduktan sonra tekrar su çekme eğiliminin göstergesi olan rehidrasyon kapasitesi parametresi, cips kalitesi bakımından oldukça önemli bir parametredir. Düşük rehidrasyon kapasitesi, cips örneklerinin kurutulduktan sonra sertliğini uzun süre koruduğuna işaret etmektedir. Bu yüzden, bal kabağı örneklerinin yüksek mikrodalga gücü parametresi ile kurutulması, cips örneklerinin uzun süre sert kalabilmesi bakımından önemlidir.

Yaşam şartlarının günden güne değişmesi ve hızlanması ile birlikte, tüketicilerin hızlı ve kolay hazırlanabilen gıdalara olan talebi de artmaktadır. Bu nedenle, cips örneklerinin kuruma süresi, hem tüketici kolaylığı, hem de enerji verimliliği bakımından oldukça önemli bir parametredir. Deney tasarımıdaki parametrelerin kuruma süreleri incelendiğinde, en kısa kuruma süresinin (18 dk) 334W - 65°C - 2 m/s; en uzun kuruma süresinin ise (47 dk) 165W - 65°C - 2 m/s parametreleri ile

kurutulan kabak cipsi örneklerine ait olduğu görülmüştür. Regresyon analizi sonuçları incelendiğinde, mikrodalga gücü parametresi ile cips örneklerinin kuruma süresi arasında negatif korelasyon olduğu görülmüştür. Bu yüzden balkabağı örneklerinin yüksek mikrodalga gücü ile kurutulması zamandan tasarruf sağlamaktadır. Fakat yüksek mikrodalga ile kurutulan cips örneklerinin renk kaliteleri, yüksek sıcaklık artışından dolayı olumsuz etkilenebilmektedir.

Bal kabağı cipsi örneklerinin L (parlaklık) ve ΔE (toplam renk değişimi) değerleri, cips kalitesinin ve tüketici beğenisinin belirlenmesindeki önemli faktörlerdir. Deney tasarımıındaki parametrelerin renk değerleri incelendiğinde, en yüksek L değerinin (65,77) 165W - 65°C - 2,0 m/s; en düşük L değerinin ise (45,05) 334W - 65°C - 2,0 m/s parametreleri ile kurutulan kabak cipsi örneklerine ait olduğu görülmüştür. Ham (kurutulmamış) kabak örneklerinin L değerleri, 63,58 olarak bulunmuştur. Bu durumda, düşük mikrodalga gücü ile kurutulan bal kabağı cipsi örneklerinin L değerlerinin, ham örneklere çok yakın olduğu görülmektedir. Ayrıca, regresyon analizi sonuçları incelendiğinde, mikrodalga gücü ve hava sıcaklığı parametrelerinin cips örneklerinin L değerleri üzerinde istatistiksel açıdan önemli etkisinin olduğu gözlemlenmiştir. Bu etki TYY ile çizilen grafikler ile gösterilmiş ve bal kabağı cipsi eldesinde, düşük mikrodalga güç ve sıcaklık uygulamalarının kullanılması, örneklerin parlaklık kaliteleri bakımından oldukça avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun yanında deney tasarımıındaki parametrelerin ΔE değerleri incelendiğinde, en yüksek ΔE değerinin (24,43) 334W - 65°C - 2,0 m/s; en düşük ΔE değerinin ise (6,20) 165W - 65°C - 2,0 m/s parametreleri ile kurutulan kabak cipsi örneklerine ait olduğu görülmüştür. Yapılan regresyon analizi sonuçları incelendiğinde ise, mikrodalga gücü ve hava hızı parametrelerinin, cips örneklerinin ΔE değerleri üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. . Bu etki TYY ile çizilen grafikler ile gösterilmiş ve bal kabağı cipsi eldesinde, düşük güç ve hava hızı uygulamalarının cips örneklerinin renk değişimini en aza indirdiği sonucuna varılmıştır.

Cips kalite kriterleri arasında ilk sıralarda yer alan tekstür kalitesi, tüketici algısı açısından vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, bal kabağı cipsi örneklerinin tekstür değerleri, sertlik (N) olarak ifade edilmiştir. Tasarlanan parametreler incelendiğinde, en yüksek sertlik değerinin (3,63 N) 334W - 65°C - 2,0 m/s; en düşük sertlik değerinin ise (2,10 N) 165W - 65°C - 2,0 m/s parametreleri ile

kurutulan kabak cipsi örneklerine ait olduğu görülmüştür. Regresyon analiz sonuçları, mikrodalga gücü parametresinin, cips örneklerinin sertlik değerleri üzerinde etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Mikrodalga gücü ve örneklerin sertlik değerleri arasındaki pozitif korelasyon, yüksek güç ile kurutulan örneklerin daha sert bir yapıya sahip olduğunun göstergesidir.

Bu çalışmada, tüketicilerin kullanımlarına en uygun ve hızlı bir yöntem olan mikrodalga hibritli kurutma işlemi ile yöresel meyvelerimiz arasından besin değeri ve lif bakımından oldukça zengin olan bal kabağı meyvesi cipsi üretim parametreleri optimizasyon ve modellenmesi gerçekleştirilmiş ve kabak cipslerinin kurutma verimi ve gıda kalitesi üzerinde olumlu etkiye sahip olan osmotik ve ultrasonik ön işlem uygulamaları denenmiştir. Bu çalışmanın farklı gıda kurutma, meyve cipsi üretimi çalışmalarına yardımcı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Alibaş, İ.** 2007. Microwave, air and combined microwave–air-drying parameters of pumpkin slices. *Food Science and Technology*. 40 (8). ss. 1445–1451.
- Arslan, D. ve Özcan, M.M.** 2011. Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum* L.): Change in drying behavior, colour and antioxidant content. *Food and Bioproducts Processing*. 89(4). ss. 504-513.
- Azarpazhooh, E. ve Ramasmway, H.** 2011. Optimization of microwave-osmotic pretreatment of apples with subsequent air-drying for preparing high-quality dried product. *International Journal of Microwave Science and Technology*. ss. 1-12.
- Baker, C.G.J.** 1997. Industrial Drying of Foods. *Food Science and Nutrition*. Ss. 300-309.
- Bayraktaroglu, G. ve Obuz, E.** 2012. Ultrasound yönteminin ikeleri ve gıda endüstrisinde kullanımı. Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü. Manisa.
- Bekele, Y. ve Ramaswamy, H.** 2010. Going beyond conventional osmotic dehydration for quality advantage and energy savings. *EJAST* 1(1): 1-15.
- Blanco, F.S., Sarabia, R.F., Acosta-Aparicio, V.M., Blanco, B.A. ve Gallego-Jua´rez, J.A.** 2006. Food drying process by power ultrasound. *Ultrasonics*. (44). Ss. 523-527
- Bonazzi, C. ve Dumoulin, E.** 2011. Quality changes in food materials as influenced by drying processes. *Drying Technology*.
- Bondaruk, J., Markowski, M., ve Blaszcak, W.** 2007. Food product development for microwave processing. - microwave dried potato cubes. *Journal Of Food Process Engineering*.
- Bouraout, M., Richard, P., ve Durance, T.** 1994. Microwave and convective drying of potato slices. *Journal Of Food Process Engineering*. (17). Ss. 353-363.
- Briggs, D.** 2012. The dimensions of colors. *Internet Archive*. Alındığı tarih: 28.09.2015. adres: <http://www.huevaluechroma.com/012.php>.
- Carvalho, L.M.J., Smiderle, L.A.S.M., Carvalho, J.L.V., Cardoso, F.S.N. ve Koblitz, M.G.B.** 2014. Assessment of carotenoids in pumpkins after

- different home cooking conditions. *Food Science and Technology*. 34(2). ss. 365-370.
- Cemeroğlu, B.** 2010. Gıda Analizleri. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*. Ankara. ISBN: 978-975-98578-6-8.
- Chemat, F., Huma, Z. ve Khan, M.K.** 2011. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*. (18). Ss. 813–835.
- Chen, L. ve Opara, U.L.** 2013. Texture measurement approaches in fresh and processed foods - A review. *Food Research International*. 51 (2). Ss. 823-835.
- Chinenye, N.M., Ogunlowo, A.S. ve Olukunle, O.J.** 2010. Cocoa Bean (*Theobroma cacao* L.) Drying Kinetics. *Chilean Journal of Agricultural Research*. 70(4). Ss. 633-639.
- Cieslik, E., Greda, A ve Adamuz, W.** 2006. Contents of polyphenols in fruit and vegetables. *Food Chemistry*. 94. Ss. 135-142.
- Clary, C. D., Wang, S. J., ve Petrucci, V.E.** 2005. Fixed and incremental levels of microwave power application on drying grapes under vacuum. *Journal of Food Science*. 70(5). Ss. 344-349.
- Dadali, G., Demirhan, E. ve Özbek, B.** 2008. Effect of drying conditions on rehydration kinetics of microwave dried spinach. *Food and Bioproducts Processing*. 86(4). Ss. 235–241
- Das I, Das S. K. ve Bal S.** 2004. Drying performance of a batch type vibration-aided infrared dryer. *Journal of Food Engineering*. (6). Ss. 9-14.
- Day, L. Xu, M. Qiseth, S. K. ve Mawson, R.** 2012. Improved mechanical properties of retorted carrots by ultrasonic pre-treatments. *Ultrasonics Sonochemistry*. 19(3). Ss. 427–434.
- DeLong, D.** 1979. How to Dry Foods. *HP Books*. Tucson, Arizona.
- Demiray, E., Tulek, Y. ve Yilmaz, Y.** 2013. Degradation kinetics of lycopene, b-carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying. *Food Science and Technology*. ss. 172-176.
- Deng, Y., Qian, B. J., Wu, J., Su, S. Q. ve Feng, X.X.** 2011. Characteristics of squid (*Illex illecebrosus* Lesueur) fillets dried using a combination of heat pump drying and far infrared radiation. *Philippine Agricultural Scientist*. 94, 270–277.
- Deng, Y., Luo, Y., Wang, Y. ve Zhao, Y.** 2015. Effect of different drying methods on the myosin structure, amino acid composition, protein digestibility and volatile profile of squid fillets. *Food Chemistry*. 171. Ss. 168–176.
- Deng, Y., Wang, Y., Yue, J., Liu, Z., Zheng, Y. ve Qian, B.** 2014. Thermal behavior, microstructure and protein quality of squid fillets dried by far-infrared assisted heat pump drying. *Food Control*. 36(1), 102–110.
- Dewanto, V., Wu, X. Z., Adom, K. K. ve Liu, R. H.** 2000. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total

- antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50, 3010-3014.
- Di Scala, K., Crapiste, G.** 2008. Drying kinetics and quality changes during drying of red pepper. *Food Science and Technology*. ss. 789–795.
- Dima, J.B., Baron, P.J. ve Zaritzky, N.E.** 2012. Mathematical modeling of the heat transfer process and protein denaturation during the thermal treatment of Patagonian marine crabs. *Journal of Food Engineering*. 113. Ss. 623-634.
- Dini, I., Tenore, G.C., Dini, A.** 2013. Effect of industrial and domestic processing on antioxidant properties of pumpkin pulp. *Food Science and Technology*. ss. 382–385.
- Doymaz, İ.** 2003. Convective air drying characteristics of thin layer carrots. *Journal of Food Engineering*. 61. ss.359–364.
- Erbay, B. ve Küçüköner, E.** 2008. Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri. *International Food Research Journal*.
- Eroğlu, E. ve Yıldız, H..** 2011. Gıdaların osmotik kurutulmasında uygulanan yeni tekniklerin enerji verimliliği bakımından değerlendirilmesi. *Electronic Journal of Food Technologies*. 6(2). Ss. 41-48.
- Esper A, ve Muhlbauer W.** 1998. Solar drying—an effective means of food preservation. *Renew Energy*. 15(1–4). ss.95–100
- Fasina O. O., Tyler B, Pickard M.** 1997. Effect of infrared heating on the properties of legume seeds. *International Journal of Food Science and Technology*. 36(1). Ss. 79-90.
- Fellows, P.** 1988. Food Processing Technology, Principles and Practice, VCH, 306- 310.
- Feng, H. ve Tang, J.** 1998. Microwave nish drying of diced apples in a spouted bed. *Journal Of Food Science*. Ss. 679-683.
- Fernandes, F.A.N. ve Rodrigues, S.** 2007. Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana. *Journal of Food Engineering*. 82(2). Ss. 261–267.
- Fontana, A. J.** 2000. Water activity's role in food safety and quality. Second NSF. International Conference on Food Safety. Savannah, GA, USA.
- Funebo, T., ve Ohlsson, T.** 1998. Microwave-assisted air dehydration of apple and mushroom. *Journal of Food Engineering* 38. ss. 353-361.
- Galvez, A. V., Hen, K., Chacana, M., Vergara, J., Monzo, J.M., Segovia, P. G., Mondaca, R. L. ve Scala, K. D.** 2012. Effect of temperature and air velocity on drying kinetics, antioxidant capacity, total phenolic content, colour, texture and microstructure of apple (var. Granny smith) slices. *Food Chemistry*. pp. 51–59.
- Giri, S.K. ve Prasad, S.** 2007. Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. *Journal of Food Engineering*. ss. 512–521.

- Gregory, J. F.** 1996. Vitamins. *Food Chemistry*. New York: Marcel Dekker. ss. 531-616.
- Guine, R.P.F. ve Barroca, M.J.** 2012. Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper). *Food and Bioproducts Processing*. 9(1). Ss. 58-63.
- Hekimoğlu, A.** 2011. Likopenin Antikarsinogenik Etki Mekanizmaları. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Tıp Dergisi*. 25 (1). SS. 57-62.
- Huang, L., Zhang, M., Mujumdar, A.S. ve Lim, R.** 2011. Comparison of four drying methods for re-structured mixed potato with apple chips. *Journal of Food Engineering*. 103 (3). ss. 279–284.
- Khraisheh M.A.M., Cooper T.J.R. ve Magee T.R.A.** 1997. Microwave and air drying. Fundamental considerations and assumptions for the simplified thermal calculations of volumetric power absorption. *Journal of Food Engineering*. 33(2). ss. 207–219.
- Maskan, M.** 2001. Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*. 48(2). Ss. 147-158.
- Mrad, N.D., Boudhrioua, N., Kechaou, N., Courtois, F. ve Bonazzi, C.** 2012. Influence of air drying temperature on kinetics, physicochemical properties, total phenolic content and ascorbic acid of pears. *Food and Bioproducts Processing*. 90 (3). Ss. 433–441.
- Nielsen, M., Martens, H.J. & Kaack, K.** 1998. Low frequency ultrasonics for texture measurements in carrots (*Daucus carota* L.) in relation to water loss and storage. *Postharvest Biology and Technology*. 14 (3). Ss. 297–308.
- Nowacka, M., Wictor, A., Sledz, M., Jurek, N. ve Witrowa-Rajchert, D.** 2012. Drying of ultrasound pretreated apple and its selected physical properties. *Journal of Food Engineering*. 113 (3). Ss. 427–433.
- Hammami, C. ve Rene, F.** 1997. Determination of freeze-drying process variables for strawberries. *Journal of Food Engineering*. 32(2). Ss. 133–154.
- Kitinoja, L.** 1992. Consultancy for Africare/ USAID on Food Processing in the Ouadhai, Chad , Central Africa . Extension Systems International, 73 Antelope Street , Woodland , California 95695.
- Lavelli, V., Hippeli, S., Dornisch, K., Peri, C. ve Elstner, E. F.,** 2001. Properties of tomato powders as additives for food fortification and stabilization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49(4). ss. 20037-2042.
- Lee, J.S. ve Lim, L.S.** 2011. Osmo-dehydration pretreatment for drying of pumpkin slice. *International Food Research Journal*. 18(4). Ss. 1223-1230.
- Lin, T.M., Durance, T.D. ve Scaman, C.H.,** 1998. Characterization of vacuum microwave, air and freeze dried carrot slices. *International Food Research Journal*. 31(2). ss. 111–117.

- Kaya, A., Orhan, A. ve Kolaylı, S.** 2010. Effect of different drying conditions on the vitamin c (ascorbic acid) content of hayward kiwifruits (*Actinidia deliciosa* Planch). *Food And Bioproducts Processing*. ss. 165–173.
- Krishnamurthy, K., Khurana, S.J., Irudayaraj, J. ve Demirci, A.** 2008. Infrared heating in food processing: an overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. (7). Ss. 2-13.
- George, R.M. ve Burnett, S.A.** 1991. General guidelines for microwaveable products. *Food Control*. 2(1). ss. 35-44.
- Gowen, A., Abu-Ghannam, N., Frias, J. ve Oliveira, J.** 2006. Optimisation of dehydration and rehydration properties of cooked chickpeas (*cicer arietinum* l.) Undergoing microwave-hot air combination drying. *Trends Food Sciende and Technology*. (17). ss. 177–183.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. ve Lerici, C.** 2001. Review of non enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Science and Technology*. ss. 340–346.
- Marfil, P.H.M., Santos, E.M. ve Telis, V.R.N.** 2008. Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. *Food Science and Technology*. 41(9). Ss. 1642–1647.
- Marty-Audouin, C., Lebert, A. ve Rocha-Mier, T.** 1992. Influence of drying on the color of plant products, in drying of solids (ed. A. S. Mujumdar). Oxford & IBH Publishing Co., New Delhi, India, ss. 326–346.
- Maskan, M.** 2000. Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of Food Engineering*. 4(2). Ss. 71-78.
- Mason, T.J., Paniwnyk, L. ve Lorimer, J.P.** 1996. The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry*. (3). Ss. 253-260.
- Mejia-Meza, E.I., Yanez, J.A., Davies, N.M., Rasco, B., Younce, F. ve Remsberg, C.M.** 2008. Improving nutritional value of dried blueberries (*Vaccinium Corymbosum* L.) Combining microwave-vacuum, hot-air drying and freeze drying technologies. *International Journal of Food Engineering*. 4 (5). ss. 458–469.
- Murkovic, M., Mülleder, U. ve Neunteufl, H.** 2002. Carotenoid content in different varieties of pumpkins. *Journal of Food Composition and Analysis*. 15(1). ss. 633–638.
- Nawirska, A. Figiel, A. Kucharska, A.Z. Letowska, A.S. ve Biesiada, A.** 2009. Drying kinetics and quality parameters of pumpkin slices dehydrated using different methods. *Journal of Food Engineering*. 94(1). Ss. 14-20.
- Nizamhıoğlu, N. M. ve Nas, S.** 2010. The phenolic compounds in vegetables and fruit; structures and their importance. *Electron J Food Technol*. 5(1). Ss. 20-35.

- Niamnuy, C., Devahastin, S. ve Soponronnarit, S.** 2014. Some recent advances in microstructural modification and monitoring of foods during drying: a review. *Journal of Food Engineering*. ss. 148–156.
- Nielsen, N. Martens, H.J. ve Kaack, K.** 1998. Low frequency ultrasonics for texture measurements in carrots (*Daucus carota* L.) in relation to water loss and storage. *Postharvest Biology and Technology*. 14(3). Ss. 297-308.
- Heldman, D.R. Okos, M. R., Narsimhan, G., Singh, R. K., Weitnauer, A.C. ve Lund, D.B.** 1992. Food Dehydration. D.R. Heldman and D. B. Lund (Eds.) *Handbook of Food Engineering*. Marcel Dekker Inc. ss. 475-480.
- Ötleş S. ve Athi S.** 1997. Karotenoidlerin insan sağlığı açısından önemi. *Pamukkale University Engineering Collage Engineering Science*. 3(1). ss. 249-254.
- Özkan, I.A., Akbudak, B. ve Akbudak, N.** 2007. Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of Food Engineering*. 78(2). Ss. 577–583.
- Özkoç, S.E.** 2009. Kızılötesi ve kızılötesi-kombinasyon ısıtma teknolojilerinin gıda işleme uygulamalarında kullanımı. TÜBİTAK, Marmara Araştırma Merkezi, Gıda Enstitüsü. Gebze.
- Paengkanya, S., Soponronnarit, S. ve Nathakaranakule, A.** 2015. Application of microwaves for drying of durian chips. *Food And Bioproducts Processing*. 96(2). ss. 1–11.
- Prabhanjan D.G., Ramaswamy H.S. ve Raghavan G.S.V.** 1995. Microwave assisted convective air drying of thin layer carrots. *Journal of Food Engineering*. 25(2). ss. 283–293.
- Priecina, L. ve Karklina, D.** 2013. Total polyphenols, flavonoids and antiradical activity of vegetables dried in conventive and microwave- vacuum dryers. *Research for Rural Development*. 1. ss. 101-104.
- Ramos, I.N., Silva, C.L.M., Sereno, A.M. ve Aguilera, J.M.** 2004. Quantification of microstructural changes during first stage air drying of grape tissue. *Journal of Food Engineering*. (62). ss. 159–164.
- Reeve, R. M. A.** 1943. Microscopic study of the physical changes in carrots and potatoes during dehydration. *Food Research*. ss. 128–136.
- Rodriguez, O., Santacatalina, J.V., SimaL, S.S., Garcia-Perez, J.V., Femenia, A. ve Rosello, C.** 2014. Influence of power ultrasound application on drying kinetics of apple and its antioxidant and microstructural properties. *Journal of Food Engineering*. Volume 129. ss. 21–29.
- Romero, C.A. ve Yopez, B.D.** 2015. Ultrasound as pretreatment to convective drying of Andean blackberry (*Rubus glaucus* Benth). *Ultrasonics Sonochemistry*. Ss. 205-210.
- Rosello, C.** 2014. Influence of power ultrasound application on drying kinetics of apple and its antioxidant and microstructural properties. *Journal of Food Engineering*. Ss. 21–29.

- Rozek, A., Achaerandio, I., Güell, C., Lopez, F. ve Ferrando, M.** 2009. Grape phenolic impregnation by osmotic treatment: Influence of osmotic agent on mass transfer and product characteristics. *Journal of Food Engineering*. 94 (1). ss. 59-68.
- Saas-Kiss, A., Kiss, J., Milotay, P., Kerek, M.M. Toth, ve Markus, M.** 2005. Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research International*. 38. Ss. 1023-1029.
- Sarıözlü, N., Alanyalı, F.S., Güven, A., Kıvanç, M., Yılmaz, M., Demirel, R., Güven, K. ve Mutlu, M.B.** 2009. Gıda Muhafaza. T.C. Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi. Ss. 116-134.
- Schiffmann, R.F.** 1986. Food product development for microwave processing. *Food Technology*. 40 (6). ss. 94-98.
- Seremet (Ceclu), L., Botez, E., Nistor, O.V., Andronoiu, D.G. ve Mocanu, G.D.** 2015. Effect of different drying methods on moisture ratio and rehydration of pumpkin slices. *Food Chemistry*.
- Sharma G.P. ve Prasad S.** 2001. Drying Of Garlic (*Allium Sativum*) Cloves By Microwave-Hot Air Combination. *Journal Of Food Engineering*. 50(2). ss. 99–105.
- Singh, B. ve Hathan, B.S.** 2014. Chemical composition, functional properties and processing of Beetroot. A review. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 5(1).
- Skerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hras, A., Simonc, M. ve Knez, Z.** 2005. Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavons in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*. 89. Ss. 191-198.
- Tee, E.S.** 1992. Carotenoids and retinoids in human nutrition. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 31 (1/2). ss. 103-163.
- Timmes, R.A.** 2007. Water activity as a tool for predicting and controlling the stability of foods. North America Bioscience Center. Nicholasville, USA.
- Tireki S., Sumnu G. ve Esin A.** 2006. Production of breadcrumbs by infrared-assisted microwave drying. *European Food Research Technology*. ss. 8-14.
- Torringa, E., Esveld, E., Scheewe, I., Berg, R. ve Bartels, P.** 2001. Osmotic dehydration as a pre-treatment before combined microwave-hot-air drying of mushrooms. *Journal of Food Engineering*. (49). Ss. 185-191.
- Troller, J.A. ve Christian, J.H.B.** 1978. *Water Activity and Food*. ss. 11-15. United States of America.
- Uddin, M. S., Hawlader, M. N. A., ve Zhou, L.** 2001. Kinetics of ascorbic acid degradation in dried kiwifruits during storage. *Drying Technology*. 19. ss. 437-446.
- Wang, J. ve Sheng, K.** 2006. Far-infrared and microwave drying of peach. *Food Science and Technology*. 39(3). Ss. 247–255.

- Vega-Galvez, A., Lemus-Mondaca, R., Bilbao-Sainz, C., Fito, P. ve Andres, A.** 2008. Effect Of Air Drying Temperature On The Quality Of Rehydrated Dried Red Bell Pepper. *Journal of Food Engineering*. 85. ss. 42–50.
- Yıldız O, Ertekin C.** (2001). Thin Layer Solar Drying of Some Vegetables. *Drying Technology*. 19. Ss. 583–597.
- Yongsawatdigul, J. ve Gunasekaran, S.** 1996. Microwave-Vacuum Drying of Cranberries: Part II. Quality Evaluation. *Journal of Food Processing And Preservation*. 20. Ss. 145-156.
- Zdunek, A., Cybulsk, J., Konopacka, D. ve Rutkowski, K.** 2010. New Contact Acoustic Emission Detector For Texture Evaluation of Apples. *Journal of Food Engineering*. 99(1). Ss. 83–91.
- Zhang, M., Tank, J., Mujumdar, A.S. ve Wang, S.** 2006. Trends in Microwave Related Drying of Fruits and Vegetables. *Trends in Food Science & Technology*. 17(10). Ss. 524–534.
- Wang, J. ve Sheng, K.** 2006. Far-infrared and microwave drying of peach. *Food Science and Technology*. 39 (3). Ss. 247-255.
- Wawrzyniak, A., Marciniak, A. ve Rajewska, J.** 2005. Lycopene Content Of Selected Foods Available On The Polish Market And Estimation Of Its Intake. *Polish Journal Of Food And Nutrition Sciences*. Vol. 14/55, No 2. ss. 195–200.
- Wu, T. ve Mao, L.** 2008. Influences of hot air drying and microwave drying on nutritional and odorous properties of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) filets. *Food Chemistry*. 110(3). ss. 647–653.
- Zou, K., Teng, J., Huang, L., Dai, X. ve Wei, B.** 2013. Effect of osmotic pretreatment on quality of mango chips by explosion puffing drying. *Food Science and Technology*. 51(1). ss. 253–259.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Merve GÜVEN
Doğum Yeri ve Tarihi : Gediz (Kütahya) / 01.01.1991
E-Posta : merveguven24@gmail.com
ÖĞRENİM DURUMU:
Lisans : İstanbul Teknik Üniversitesi
Gıda Mühendisliği (2009-2014)

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

AR-GE Mühendisi : Arçelik (2014 -)