

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ULTRASES ÖN İZLEMİN BAMYA VE ELMA
ÖRNEKLERİNİN KURUTMA PERFORMANSLARI ÜZERİNE
ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SENEM TÜFEKÇİ

DENİZLİ, HAZİRAN - 2014

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



ULTRASES ÖN İZLEMİN BAMYA VE ELMA
ÖRNEKLERİNİN KURUTMA PERFORMANSLARI ÜZERİNE
ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SENEM TÜFEKÇİ

DENİZLİ, HAZİRAN - 2014

KABUL VE ONAY SAYFASI

Senem TÜFEKÇİ tarafından hazırlanan “Ultrases Ön İşleminin Bamya ve Elma Örneklerinin Kurutma Performansları Üzerine Etkisi” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 19.06.2014 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Doç. Dr. Sami Gökhan ÖZKAL

Üye
Yrd. Doç. Dr. Hakan KARACA
Pamukkale Üniversitesi

Üye
Yrd. Doç. Dr. Erkan KARACABEY
Süleyman Demirel Üniversitesi

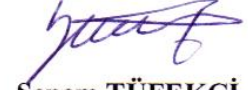
Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 25/07/2014 tarih ve 31/16..... sayılı kararıyla onaylanmıştır..

Prof. Dr. Orhan KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez al, mas, Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Ara tırma Projeleri Birimi tarafından PAUBAP 2012FBE060 nolu proje ile desteklenmi tir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.


Senem TÜFEKÇİ

ÖZET

ULTRASES ÖN İLEME N N BAMYA VE ELMA ÖRNEKLER N N KURUTMA PERFORMANSLARI ÜZERİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SENEM TÜFEKÇİ

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLERİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. SAM GÖKHAN ÖZKAL)

DENİZLİ, HAZİRAN 2014

Bu çalışmanın amacı, ultrases uygulamasının bamyası ve elması kurutma performansları üzerine etkisini incelemektir.

Bu amaçla 20 kHz frekansa sahip ultrases üreten prob kullanılarak örneklerimize ön ileme uygulanmış ve ön ileme sonrasında sıcak hava ile kurutma gerçekleştirilmiştir. Ultrases ön ilemi için kullanılan süre ve genlik değerleri, sırasıyla 10, 20, 30 dakika ile % 55 ve % 100 olarak seçilmiştir. Kurutma sıcaklıkları, 60°C ve 70°C olarak belirlenmiş ve hava hızı, 0,3 m/s olarak sabitlenmiştir.

Sıcak hava ile kurutma öncesi gerçekleştirilen ultrases ön ileminin ürünün kuruma hızını, ürünün yapısal özelliklerine bağlı olarak baz kullarda arttırdığı, saptanmıştır. Buna göre, kuruma hızı, en yüksek kulları bamyası için, % 100 genlikte 20 dakika ve elması için % 100 genlikte 30 dakika olarak bulunmuştur.

Elde edilen verilerin kurutma kinetiğini tanımlamak için beş ayrı model denenmiştir, bamyası ve elması kurutma kinetiğini en iyi açıklayan modellerin Page ve Modifiye Page modelleri olduğu saptanmıştır. Etkin difüzyon katsayısı; bamyası ve elması örnekleri için sırasıyla $3,62 - 8,08 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ ve $6,79 - 9,35 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ aralığında belirlenmiştir.

En yüksek rehidrasyon oranlarına 30 dakika süreyle % 100 genlikte ultrasese tabi tutulmuş örneklerin sahip olduğu bu kullarda rehidrasyon oranı, değerlerinin bamyası ve elması için sırasıyla; 8,37 ve 7,10 olduğu ve rehidrasyon kinetiğinin Peleg modeline uygunluk gösterdiği saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Ultrases, Kurutma, Rehidrasyon, Bamyası, Elması, Modelleme

ABSTRACT

EFFECT OF ULTRASOUND PRETREATMENT ON DRYING PERFORMANCE OF OKRA AND APPLE

MSC THESIS

SENEM TÜFEKÇ

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

FOOD ENG NEER NG

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. SAM GÖKHAN ÖZKAL

DEN ZL , JUNE 2014

The objective of this study was to discover the effect of ultrasound treatment on drying performance of okra and apple.

For this purpose, ultrasonic probe with 20 kHz frequency was used for pretreatment and after ultrasound pretreatment drying was performed by hot air drying. Time and amplitude values of ultrasound pretreatment were chosen as 10, 20, 30 minutes, and 55, 100 %, respectively. The temperature of drying air was 60°C and 70°C and the velocity was kept at 0.3 m/s.

It was found that ultrasound pretreatment prior to hot air drying increased the drying rate of samples at some conditions depending on the structural properties of samples. Accordingly, conditions for highest drying rates were found to be 100 % amplitude 20 minutes for okra and 100 % amplitude 30 min for apple.

Data obtained were tested with five different thin layer mathematical models to represent the drying kinetics of samples, Page and Modified Page models found to be the most suitable models. The effective moisture diffusivity of okra and apple samples varied between $3.62 - 8.08 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ and $6.79 - 9.35 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$, respectively.

The highest rehydration ratio for okra and apple samples were determined in samples that are subjected to 100 % amplitude for 30 minutes and the values are 8.37 and 7.10, respectively. Rehydration kinetics of samples were fitted to Peleg model.

Key words: Ultrasound, Drying, Rehydration, Okra, Apple, Modeling

Ç NDEK LER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
Ç NDEK LER.....	ii
Ç NDEK LER.....	iii
EK L L STES	vi
TABLO L STES	viii
ÖNSÖZ.....	x
1. G R	1
2. GIDALARIN KURUTULMASI.....	2
2.1 Kurutma, n A amalar,	2
2.2 Kuruma H, z, ve Kuruma H, z, n, Etkileyen Faktörler	4
2.2.1 S, cakl, k	5
2.2.2 Kurutma havas, n, n h, z,	5
2.2.3 Ortam, n nem içeri i	6
2.2.4 Kurutulan g, dan, n yüzey alan,	7
2.2.5 Kurutulan g, daya özgü nitelikler	8
2.3 G, da Endüstrisinde Kullan, lan Kurutma Sistemleri	9
2.3.1 Kabin kurutucular	9
2.3.2 Tünel kurutucular	9
2.3.3 Ak, kan yatak kurutucular	10
2.3.4 Püskürtmeli kurutucular	10
2.3.5 Valsli kurutucular	11
2.3.6 Vakumlu kurutucular	11
2.3.7 Puf yap, kazand, rarak kurutma	11
2.3.8 Dondurularak kurutma	12
2.3.9 Ozmotik kurutma	12
2.3.10 Dielektrik ve mikrodalga ile kurutma	13
2.3.11 Infrared kurutma	13
3. ULTRASES	14
3.1 Tan, m, ve S, n, fland, r, lmas,	14
3.2 Ultrases Etki Mekanizmas, ve Kaviteasyon	15
3.3 Ultrases Sisteminin Bile enleri	17
3.4 G, da lemede Ultrases Kullan, m,	20
3.5 Akustik Kurutma	22
4. GIDALARIN KURUTULMASINDA ULTRASES KULLANIMI ÜZER NE YAPILMI ÇALI MALAR	23
4.1 Ozmotik Kurutma ve Ultrases	23
4.2 S, cak Hava ile Kurutma ve Ultrases	24
4.3 Püskürtmeli Kurutma ve Ultrases	28
4.4 Dondurularak Kurutma ve Ultrases	28
5. MATERYAL ve YÖNTEM	30
5.1 Materyal	30

5.2	Yöntem.....	30
5.2.1	Ultrasen Ön lemi.....	30
5.2.2	Kurutma denemeleri.....	31
5.2.3	Büzü me oran, ve yo unluk fark,.....	31
5.2.4	Rehidrasyon denemeleri.....	32
5.2.5	Su tutma kapasitesi.....	32
5.2.6	Doku de i imlerinin incelenmesi.....	32
5.3	Hesaplamalar.....	33
5.3.1	Nem içeri inin hesaplanmas,.....	33
5.3.2	Kuruma h,z,n,n hesaplanmas,.....	33
5.3.3	Nem oran,n,n hesaplanmas,.....	33
5.3.4	Etkin difüzyon katsay,s,n,n hesaplanmas,.....	34
5.3.5	Büzü me oran,n,n hesaplanmas,.....	35
5.3.6	Rehidrasyon oran,n,n hesaplanmas,.....	35
5.3.7	Su tutma kapasitesinin hesaplanmas,.....	35
5.4	Modelleme Çal, malar,.....	36
5.4.1	Kurutma kineti ine ait modelleme çal, malar,.....	36
5.4.1.1	Lewis model.....	36
5.4.1.2	Henderson ve Pabis model.....	36
5.4.1.3	Page model.....	37
5.4.1.4	Modifiye Page model.....	37
5.4.1.5	Logaritmik model.....	37
5.4.2	Rehidrasyon kineti ine ait modelleme çal, malar,.....	38
5.4.2.1	Peleg model.....	38
5.4.3	Regresyon Analizleri.....	38
6.	BULGULAR ve TARTI MA.....	39
6.1	Ultrasonik Ön lem S,ras,nda Meydana Gelen De i imler.....	39
6.1.1	S,cakl,k De i imi.....	39
6.1.2	Kütle De i imi.....	40
6.2	Ultrasonik Ön lemin Bamya Örneklerinin Kurutulmas, Üzerindeki Etkisi.....	42
6.2.1	Nem içeri i de i imi.....	42
6.2.2	Kuruma H,z, De i imi.....	44
6.2.3	Kurutma kineti inin modellenmesi.....	46
6.2.4	Etkin difüzyon katsay,s,.....	54
6.2.5	Ultrasonik Ön lemin Bamya Örneklerinin Büzü me Oran, De erine Etkisi.....	55
6.2.6	Ultrasonik Ön lemin Bamya Örneklerinin Rehidrasyonu Üzerindeki Etkisi.....	55
6.2.6.1	Nem içeri i de i imi.....	56
6.2.6.2	Rehidrasyon oran, ve su tutma kapasitesi.....	57
6.2.7	Rehidrasyon kineti inin modellenmesi.....	59
6.2.8	Doku de i imi.....	59
6.3	Ultrasonik Ön lemin Elma Örneklerinin Kurutulmas, Üzerindeki Etkisi.....	61
6.3.1	Nem içeri i de i imi.....	61
6.3.2	Kuruma H,z, De i imi.....	63
6.3.3	Kuruma kineti inin modellenmesi.....	65
6.3.4	Etkin difüzyon katsay,s,.....	73

6.3.5	Ultrasonik Önlümenin Elma Örneklerinin Büzülme Oran, Değerine Etkisi	74
6.3.6	Ultrasonik Önlümenin Elma Örneklerinin Rehidrasyonuna Etkisi	75
6.3.6.1	Nem içeriği değişimi.....	75
6.3.6.2	Rehidrasyon oran, ve su tutma kapasitesi	76
6.3.7	Rehidrasyon kinetiğinin modellenmesi	78
6.3.8	Doku değişimi	78
7.	SONUÇ ve ÖNERİLER	80
8.	KAYNAKLAR	82
9.	EKLER.....	87
10.	ÖZGEÇM	95

EK L L STES

Sayfa

ekil 2.1: Sabit kurutma ko ullar,nda tipik kuruma e rileri	3
ekil 2.2: G,dalar,n genel sorpsiyon izotermi	7
ekil 3.1: Sesin bir ortam boyunca hareketi	14
ekil 3.2: Ses frekanslar,n,n da ,l,m,	15
ekil 3.3: Ultrasonik kavitasyon	16
ekil 3.4: Piezoelektrik etki	18
ekil 3.5: Ultrasonik banyo	19
ekil 3.6: UIltrasonik prob	20
ekil 6.1: Farkl, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmu bamyada örneklerinin nem içeri inin kuruma zaman, ile de i imi	43
ekil 6.2: Farkl, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmu bamyada örneklerine ait kuruma h,zlar,n,n nem içeri i ile de i imi	45
ekil 6.3: 60°Cde kurutulan ön i lemsiz bamyada örne ine ait deneysel nem oranlar, Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi	47
ekil 6.4: % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmu 60°Cde kurutulan bamyada örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi	48
ekil 6.5: % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 60°Cde kurutulan bamyada örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi	49
ekil 6.6: % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 60°Cde kurutulan bamyada örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi	50
ekil 6.7: % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmu 60°Cde kurutulan bamyada örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi	51
ekil 6.8: 70°Cde kurutulan bamyada örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi	52
ekil 6.9: % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 70°Cde kurutulan bamyada örneklerine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi	53
ekil 6.10: Farkl, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmu bamyada örneklerinin ln(MR) de erlerinin kuruma zaman, ile de i imi	54

ekil 6.11: Farklı, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş bamy örneklerinin nem içeri inin rehidrasyon zaman, ile de i imi	57
ekil 6.12: Farklı, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş bamy örneklerinin 60°C ve 210. dakika sonundaki rehidrasyon oran, de erleri	58
ekil 6.13: Farklı, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş bamy örneklerinin su tutma kapasiteleri	58
ekil 6.14: 60°C'de kurutulmuş bamy örneklerine ait SEM görüntüleri.....	60
ekil 6.15: Farklı, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş elma örneklerinin nem içeri inin kuruma zaman, ile de i imi.....	62
ekil 6.16: Farklı, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş elma örneklerinin ait kuruma h,zlar,n,n nem içeri i ile de i imi	64
ekil 6.17: 60°C'de kurutulan ön i lemsiz elma örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi	66
ekil 6.18: % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi	67
ekil 6.19: % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi	68
ekil 6.20: % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi	69
ekil 6.21 : % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi	70
ekil 6.22 : 70°C'de kurutulan ön i lemsiz elma örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi	71
ekil 6.23 : % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 70°C'de kurutulan elma örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi	72
ekil 6.24: Farklı, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş elma örne inin ln(MR) de erlerinin kuruma zaman, ile de i imi.....	73
ekil 6.25 : Farklı, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş elma örneklerinin nem içeri inin rehidrasyon zaman, ile de i imi	76
ekil 6.26 : Farklı, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş elma örneklerinin 60°C ve 210. dakika sonundaki rehidrasyon oran, de erleri.....	77
ekil 6.27 : Farklı, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş elma örneklerinin su tutma kapasiteleri	77
ekil 6.28 : 60°C'de kurutulmuş elma örneklerine ait SEM görüntüleri.....	79

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Ultrasesin gıda iliminde kullanımı,.....	21
Tablo 5.1: Ultrasonik ön ilim koşulları,.....	31
Tablo 6.1: Ultrasonik ön ilim sırasında meydana gelen sıcaklık değişimi	40
Tablo 6.2: Ultrasonik ön ilim sırasında meydana gelen kütle değişimi.....	41
Tablo 6.3: 60°C'de kurutulan ön ilimsiz bamyaya örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel veriler.....	47
Tablo 6.4: % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan bamyaya örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.....	48
Tablo 6.5: % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan bamyaya örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.....	49
Tablo 6.6: % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan bamyaya örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.....	50
Tablo 6.7: % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan bamyaya örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.....	51
Tablo 6.8: 70°C'de kurutulan ön ilimsiz bamyaya örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.....	52
Tablo 6.9: % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 70°C'de kurutulan bamyaya örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.....	53
Tablo 6.10: Farklı koşullarda ultrasonik ön ilime tabi tutulmuş bamyaya örneğine ait etkin difüzyon katsayısı, değerleri.....	54
Tablo 6.11: Farklı koşullarda ultrasonik ön ilime tabi tutulmuş bamyaya örneğinin büzülme oranı, değerleri.....	55
Tablo 6.12: Farklı koşullarda ultrasonik ön ilime tabi tutulmuş kuru bamyaya örneklerine ait nem içeriği değerleri kullanılarak Peleg modeli ile elde edilen model sabitleri ve istatistiksel değerler.....	59
Tablo 6.13: 60°C'de kurutulan elma örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.....	66
Tablo 6.14: % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.....	67
Tablo 6.15: % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.....	68
Tablo 6.16: % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.....	69

Tablo 6.17: % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan elma örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler	70
Tablo 6.18: 70°C'de kurutulan ön i lemsiz elma örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler	71
Tablo 6.19: % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 70°C'de kurutulan elma örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler	72
Tablo 6.20: Farklı, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmu elma örneğine ait etkin difüzyon katsay,s, değerleri	73
Tablo 6.21: Farklı, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmu elma örneğinin büzü me oran, değerleri.....	75
Tablo 6.22: Farklı, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmu kuru elma örneklerine ait nem içeri i değerleri kullan,larak Peleg model ile elde edilen model sabitleri ve istatistiksel değerler.....	78

ÖNSÖZ

Bu çal, mada ultras es enerjisinin g,dalar,n kuruma kineti i üzerine etkisi ara t,r,lm, t,r. Bu amaçla farklı süre ve genliklerde ultras es enerjisi s,cak hava ile kurutma öncesinde bamy a ve elma örneklerine uygulanm, ; nem içeri i, kuruma h,z,, etkin difüzyon katsay,s,, doku de i imi, büzü me oran,, rehidrasyon oran, ve su tutma kapasitesi gibi parametreler incelenmi , kuruma ve rehidrasyon kineti i için modelleme çal, malar, yap,lm, t,r. Elde edilen veriler ultras es enerjisinin bamy a ve elma örneklerinin kurutma performanlar, üzerine etkisini ortaya koymu tur.

Çal, mam s,ras,nda bilgi ve tecrübeleriyle bana her zaman yol gösteren sayg,de er hocam Doç. Dr. Sami Gökhan ÖZKALø; önümü açan ve te vik eden Doç. Dr. Turgut TOKø, çal, mam süresince hiçbir yard,mdan kaç,nmayan Ara . Gör. Engin DEM RAYø; gerek okuldaki çal, malar,mda, gerekse özel ya am,mda bana devaml, destek veren sevgili arkada lar,m Aysun ÖZTÜRK, Ezgi ÖZGÖREN, Gamze ERGENE ve Volkan BERBERø; maddi manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve özellikle her zaman yolumu ayd,nlatan biricik karde im Turgutalp TÜFEKÇ ve annem Safiye ÇAKø te ekkürü borç bilirim.

Haziran 2014

Senem TÜFEKÇ
(G,da Mühendisi)

1. G R

G,da muhafaza yöntemleri aras,nda, g,dadaki mevcut su oran,n, bozulmaya imkan vermeyecek ekilde azaltmas, ve kesin bir muhafaza olana , sunmas, aç,s,ndan kurutman,n yeri ayr,cal,kl,d,r. Ucuz bir muhafaza yöntemi olmas,n,n yan,nda kurutulmu g,dalar,n besin ö eleri aç,s,ndan yo unla t,r,lm, bir nitelik kazanmas, gibi nedenlerle özellikle meyve ve sebzelerin kurutulularak muhafazas, g,da endüstrisinde yayg,nd,r. Bu nedenle meyve ve sebzelerin kurtulmas, bilimsel ara t,rmalarda önemli derecede yer almaktadır.

Yap,lan çal, malar, ultrases enerjisinin farklı kurutma teknikleriyle kombine olduğu proseslerde suyun difüzyonunu arttı, , ve i lem süresinin kı,sald, ,n,, ultrases ile muamele edilmiş kurutulmuş ürünlerin kolay rehidre olduğu unu göstermiştir. Ayr,ca ultrasesin enerji oran, düşük kurutulmuş ürün üretiminde kullan,labilecek alternatif bir yöntem olduğu görülmü tür. Ancak g,da kurutulmas,nda ultrases uygulamas,n,n alternatif bir yöntem olarak kullan,labilmesi için bu konuda daha fazla ara t,rmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Yap,lan literatür ara t,rmas,n,n sonucunda meyve ve sebzelerin ultrases destekli sistemlerle kurutulmas,n, inceleyen ara t,rmalar olduğu ancak ultrases uygulamas,n,n, sıcak hava ile kurutma öncesi ön i lem olarak uygulamas,n,n ve ürünün kalite özellikleri üzerine etkisinin incelendi i çal, malar,n s,n,rl, say,da olduğu görülmü tür. Bu çal, mada ultrasesin ön i lem olarak kullan,m,n,n; bamy ve elman,n kuruma kineti i ne ve baz, kalite özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanm, t,r.

2. GIDALARIN KURUTULMASI

Meyve ve sebzeler yüksek oranda su içerdiklerinden dolayı, kimyasal ve mikrobiyolojik yönden bozulmaya elverişli gıdalardır. Dayanma süresi oldukça kısa olan bu ürünlerin uzun süre kullanılabilmeleri için saklanması, amaçlarıyla günümüzde; soğukta muhafaza, dondurma, kurutma, koruyucu madde ilavesi gibi çeşitli muhafaza teknikleri kullanılmakta ve bozulmaya neden olan reaksiyonların hızı, en aza indirilerek kalitenin korunması amaçlanmaktadır (Topdaş, 2011).

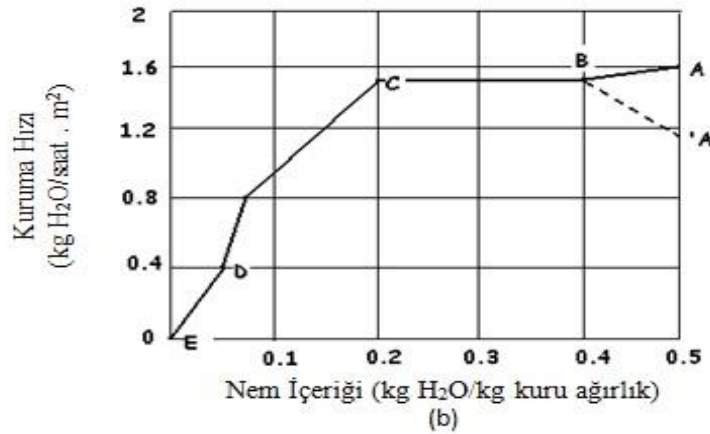
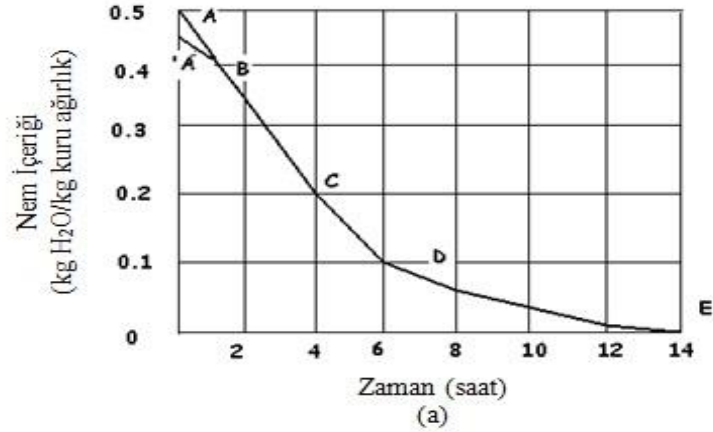
Gıdaların kurutulması, dayandırılmaları, yöntemi insan tarafından öğrenilmiş ve bu yüzden ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski muhafaza yöntemidir (Cemerolu, 2009). Kurutmanın temel amacı, gıdadaki suyun uzaklaştırılmasıdır (Çınar, 2006). Bu sayede, gıdaların bozulmasına ve çürümesine neden olan mikroorganizmaların ortamda nispeten daha az su bulunduğundan gelişmesi engellenir ve ayrıca gıdaların kimyasal bileşiminde arzu edilmeyen değişimlere neden olabilecek enzimlerin birçoğunun faaliyeti engellenir (Geankoplis, 2003).

Kurutma işlemi gıdanın üretilmesi, saklanması, depolanması ve tüketilmesi, bakımından diğer gıda saklama yöntemlerine göre daha ekonomiktir. Son yıllarda kurutulmuş ürünler taze ürün pazarına etkili bir alternatif olmaktadır (Özel, 2010). Kurutulmuş gıdalar diğer yöntemlerle dayandırılmalardan farklı olarak besin değerleri açısından yoğunlaştıran bir nitelik kazanımlardır. Kurutulmuş ürünler kuru olarak tüketilebildiği gibi, hazırlanmış çorba, bebek maması, hazırlanmış yemekler gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır (Cemerolu, 2009).

2.1 Kurutmanın Amaçları,

Pek çok gıdanın farklı koşullarda kurutulmaları, sonucunda elde edilen kuruma hızları farklı olmakla birlikte genelde gıdaların kurutulması için; en başta kurutmanın yüksek bir hızda gerçekleştirilmesi ve bunun büyük bir kısmının uzaklaştırılması, sabit hız periyodu daha sonra ise su içeriğinin artıktan sonra azalması, olmasından dolayı, hızın yavaşladığı ve nispeten daha az suyun buharlaştırılması, uzun süre alan azalan hız periyodu gözlemlenir (Geankoplis, 2003).

ekil 2.1'de gösterildi i gibi, zaman s,f,rdayken g,da maddesi ba lang,ç nemi ürünün s,cakl ,na ba l, olarak A veya A noktas, ile gösterilmi tir. B noktas,nda yüzey s,cakl , , denge s,cakl ,na ula ,r ve sabit h,zda kuruma periyodu ba lar. AB aras,ndaki karars,z hal oldukça k,sa sürer ve kurutma süresi hesaplamalar,nda genellikle ihmal edilir (Geankoplis, 2003; Ertekin, 2006).



ekil 2.1: Sabit kurutma ko ullar,nda tipik kuruma e rileri (a) Nem içeri ine kar , zaman (b) Kuruma h,z,na kar , nem içeri i (Anon, 2008).

BC aras,ndaki bölümde yani sabit h,zda kuruma periyodunda, kat,n,n yüzeyi ,slakt,r ve kuruma yüzeyinde suyun ,s,tma ortam,na transferini sa lamak için bir film tabaka olu mu tur. G,dan,n bünyesinden bulunan serbest haldeki su, bu film tabakas, sayesinde yüzeyden havaya transfer edilir. Bu periyotta buharla ma h,z,, kat,dan ba ,ms,z ve ayn, ko ullardaki serbest haldeki suyun, buharla ma h,z, ile ayn, de erdedir. G,da maddesi gözenekli bir yap,ya sahip ise, sabit h,zda buharla t,r,lan suyun büyük bir bölümü kat,n,n iç bölümlerinde bulunan nemdir. Bu periyod, iç

k,s,mlardaki nemin buharla ma h,z,yla denk ekilde yüzeye gelmesine kadar devam eder (Geankoplis, 2003; Anon, 2008). Sabit h,zda kuruma periyodunda, kuruma h,z,; kurutulan g,dan,n dilim kal,nl, ,na, s,cakl, a, toplam bas,nc,a ve k,smi buhar bas,nc,na ba l, olarak de i ir (Demiray, 2009).

C noktas,nda kat, -kritik nem içeri iø de eridir, bu noktadan itibaren kat,n,n yüzeyi kurudur ve yüzeyde bir film tabakadan bahsedilemez, kuruma h,z, azalmaya ba lar ve azalan h,zda kuruma periyodunun ilk bölümüne geçilir. CD aras,ndaki bölüm azalan h,z periyodunun lineer evresidir ve D noktas,nda yüzey tamamen kuru bir hal alana kadar devam eder. D noktas,ndan itibaren ikinci evre ba lar burada kuruma h,z,ndaki dü ü daha h,zl,d,r ve denge nem içeri i yakalanana kadar (E noktas,) devam eder (Geankoplis, 2003; Anon, 2008).

Azalan h,z periyodundaki kat,larda kütle transferi iki ana teori ile aç,klanmaktadır. Bunlardan ilki olan -S,v, Diffüzyonu Teorisiøne göre; yüzey ile kat,n,n içerisinde konsantrasyon fark, oldu undan s,v,n,n difüzyonu gerçekleşmektedir. Bu tür nem transferi tek fazl, çözeltiler olu turan püre, jelatin gibi gözeneksiz g,dalarda görülür. -K,lcal Hareketø teorisi ise gözenekli ve granüler kat,larda ba l, olmayan ve serbest nemin k,lcal borulara do ru hareket etmesi ve bu yolla yap,y, terk etmesi mekanizmas, ile aç,klan,r (Geankoplis, 2003). Bunlar,n d, ,nda g,da maddelerindeki nem hareketi; k,smi buhar bas,nc, farkl,l,klar,ndan kaynaklanan buhar transferi, d, bas,nc, veya yüksek s,cakl, ,n neden oldu u toplam bas,nc, farkl,l, ,ndan kaynaklanan viskoz ak, gibi mekanizmalarla da aç,klanmaktadır (Özel, 2010).

2.2 Kuruma H,z, ve Kuruma H,z,n, Etkileyen Faktörler

Kurutulmakta olan maddenin birim zamanda kaybetti i nem miktar, kuruma h,z, olarak tan,mlan,r ve E itlik 2.1øde verilen denklemlerle ifade edilir.

$$R = - L_s dX / A dt \quad (2.1)$$

Burada R kuruma hızı, $(\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{saat})$, L_s kuru ağırlık (kg) , A yüzey alan, (m^2) , t kuruma süresi (saat) , X serbest nem içeriği $(\text{kg su}/\text{kg kuru ağırlık})$ dir (Geankoplis, 2003; Saeva, 2007).

Kuruma hızı, doğrudan doğruya, sıcaklık ve kütle transferine etki eden faktörler tarafından kontrol edilir. Bu faktörlerin başlıcaları, şunlardır;

2.2.1 Sıcaklık

Kuruma hızını etkileyen en önemli faktörlerden birisi, kullanılan sıcak havanın kuru ve ıslak termometre sıcaklıkları arasındaki farktır. Bu fark arttıkça kuruma hızı da artar. Ancak kurumanın başlangıcında dereceler arasındaki farkın hız etkisi çok belirginse de kuruma ilerledikçe ıslak ve kuru termometre dereceleri arasındaki farkın artmasına karşın kuruma hızının aynı oranda artmadığı görülmüştür. Diğer taraftan ıslak ve kuru termometre dereceleri farkı sabit kalmak koşuluyla, kuru termometre derecesi daha yüksek olan havanın kullanılması halinde kurutmanın başlangıcında kuruma hızında herhangi bir değişim görülmemesine karşın, kurutmanın ilerlemelerinde kuruma hızında bir artış olur. Özetle kurutma işlemi sırasında sıcaklık derecesi arttıkça difüzyon hızı artar, buna bağlı olarak kuruma hızı yükselir ve kurutma süresi kısalmıştır (Cemeroğlu, 2009; Dadaloğlu, 2007; Kocayigit, 2010).

2.2.2 Kurutma havasının hızı,

Sıcaklık ve kütle aktarım hızını etkileyen bir diğer değişken kurutucu havanın hızıdır. Kurutulan maddenin yüzeyinde kurutma sırasında daima durgun bir buhar filmi oluşur, bu film sürekli olarak uzalan suyun evaporasyonunda bir hızlanma belirir. Kurutucu içindeki hava hızı, buhar filmi devamlı olarak sürüklemek suretiyle kuruma hızını artırır, yönde etkide bulunmaktadır yani hava hızı arttıkça kuruma hızı da artmaktadır ancak bu etki belli bir değere kadardır. Nitekim 300 m/dakadan daha fazla hava hızının kurutma hızı üzerine etkili olmadığı saptanmıştır. Diğer taraftan kurutmanın başlangıcında hava hızı çok etkili olmasına rağmen, kurutma işleminin ilerlemelerinde kuruma hızı artkaldı

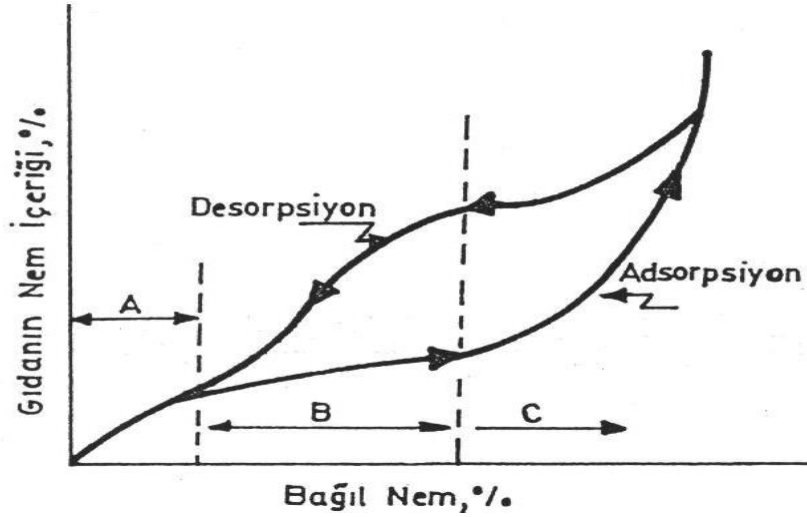
tabakalardaki suyun yüzeye taşınmasıyla, nemli ortamla temasıyla, havanın nemli ortamdan, hava nemli ortamdan yüksek olması, bu konuda önemli bir etkisi bulunmamaktadır (Cemero lu, 2009; Demiray, 2009; Kocayigit, 2010).

2.2.3 Ortamın nem içeriği

Kurutulan gıdanın içerdiği nem miktarı, ortamda bulunan su buharı miktarına göre değişim göstermektedir. Ortamın nemi arttırıldı, azaltıldı, maddedeki nem değişimi farklı karakteristiklere sahip olmaktadır. Maddenin içinde bulunduğu havanın nem miktarının sabit sıcaklıkta değiştirilmesi ile maddenin içerdiği nem miktarındaki değişimi gösteren eğriler sorpsiyon izotermi olarak adlandırılır (Cemero lu, 2009)..

Tipik bir gıda ürünü için sorpsiyon izotermi şekil 2.2'de görülmektedir. Sabit sıcaklıkta ortamın neminin arttırılması ile meydana gelen, maddenin içerdiği nem miktarındaki değişim **adsorpsiyon** (*maddenin nem alması*), yine sabit sıcaklıkla ortamın neminin azaltılması ile maddenin içerdiği nem miktarındaki meydana gelen değişim **desorpsiyon** (*maddenin nemini kaybetmesi*) olarak adlandırılmaktadır (Demiray, 2009). Desorpsiyon izotermi, ürünlerin kurutulması ile neminin izlenmesinde, adsorpsiyon izotermi kurutulmuş ürünlerin higroskopik nitelikleri ile depolama koşullarının belirlenmesinde kullanılır (Kocayigit, 2010).

Desorpsiyon izotermi, adsorpsiyon izotermi ile aynı yolu izlemeyerek bir bombe yapması olayına **histeresis** denir. Şekil 2.2'de gösterilen A bölgesindeki suyun, gıdanın kuru yüzeyinde yan yana ve tek sıra halinde bulunan ve güçlü bir şekilde tutulan sudan oluştuğu kabul edilmektedir. Başka bir ifadeyle bu su, gıda yüzeyini tek katlı su moleküllerinden oluşan bir örtü gibi sarmaktadır. Bu nedenle bu bölgedeki suya "monomoleküler su filmi" denir ve gıdalardaki oran, kuru ağırlık bazına göre yaklaşık %5-10 düzeyindedir (Cemero lu, 2009).



ekil 2.2: Gıdaların genel sorpsiyon izotermi (Cemero lu, 2009).

A bölgesindeki adsorbe edilmiş su, s, v, fazda değildir ve adeta bağımlıdır, grubun bir unsuru gibi davranır. Kurutmada bu noktaya varılırsa, gıda a, r, s, etkisinde kalarak niteliklerini kaybeder adeta kavrulur. Özetle, kurutmada bu etkili su örtüsünün uzaklaştırılması, doğrudur. Çünkü yüzeydeki bu su filmi, gıda, oksidasyondan koruyan bir örtü görevi görmektedir. B bölgesi monomoleküler su filmi üzerinde bulunan üst üste çok sıralı su molekülleri katmanını belirtmektedir. Bu katmanda su gittikçe azalan bir adsorpsiyon gücüyle bağlanmıştır, bundan tekli katmana göre görev niteliktedir. C bölgesindeki su, gıdanın gözenekli yapısında içinde kondanse olmuş suyu temsil etmektedir. Bu su, serbest su niteliindedir, suda çözünebilir maddeler için çözücü özelliği vardır ve kurutma sırasında kolaylıkla buharlaşarak uzaklaşabilmektedir. Bu bölgeler arasında kesin bir sınırlanma yoktur, gibi, gıdalar için her bölgeye ait belirli genel nem değerlerinin verilmesi olanaksızdır (Cemero lu, 2009).

2.2.4 Kurutulmuş gıdanın yüzey alanı,

Kurutulacak gıdanın birim yüzey alanı, s, ve kütle aktarım hızını etkileyen bir diler de kendidir. Daha büyük yüzey alanı elde ederek daha geniş bir s, t, c, yüzeyde s, transferini sağlayabilmek için, ürün küçük parçalara ya da ince dilimlere bölünmelidir (Kocayigit, 2010). Kurutulmuş parçaların iriliğinin, kuruma hızına

önemli etkide bulunmas,na kar ,n, meyve ve sebze gibi ürünlerde kuruman,n ba lang,ç a amas,nda iri ve daha küçük parça halinde do ranm, olanlar aras,nda, kuruma h,z, bak,m,ndan belirli bir fark görülmez. Ancak zaman ilerledikçe kuruma h,z, parça irili ine göre önemli boyutlarda de i ir (Cemero lu, 2009).

2.2.5 Kurutulan g,daya özgü nitelikler

Kurutma i lemine etki eden faktörlerden birisi de kurutulan ürünün kendine özgü nitelikleridir. Üstelik bu nitelikler kuruma boyunca de i im gösterir. Bu hususta ürünün kimyasal bile imi özellikle önem ta ,r. E er eker, tuz ve benzerleri gibi küçük moleküllü erimi maddelerce zengin bir materyal, bu maddelerce daha fakir bir materyalle kuruma aç,s,ndan k,yaslan,rsa, erimi maddelerce zengin olan,n daha zor kurudu u görülür. Bilindi i gibi çözünmü maddeler suyun buhar bas,nc,n, dü ürmekte dolay,s, ile suyun buharla mas,n, güçle tirmektedir. Ayn, ekilde, ortamda ya bulunmas, kuruma h,z,n, s,n,r,lay,c, önemli bir faktördür. Ya ,n sürekli bir faz oldu u bir emülsiyonda, su damlac,klar, ya taraf,ndan adeta izole edilmi bulundu undan, böyle bir sistemde suyun buharla arak uzakla mas, çok güçtür. Di er taraftan materyalin bile imi onun suyu ba lama gücüyle de yak,ndan ili kilidir. Nitekim serbest su, g,dada öncelikle ve kolayl,kla uzakla abilen su oldu u halde, kat, parçac,klarla adsorpsiyonla ba lanan su daha zor uzakla maktad,r. Ni asta, pektin ve di er gam maddelerince olu turulan koloidal jel içinde tutulan su ise daha da zor uzakla maktad,r. Bu nedenle ni asta ve pektince zengin maddelerin kurutulmas, oldukça zordur. En zor uzakla t,r,lan su ise, glikoz monohidratta oldu u gibi, hidrat formunda kimyasal ba l, sudur. Böylece materyalin bile iminin, suyu ba lama ekli üzerinden kuruma h,z,na etki etti i görülmektedir (Cemero lu 2009; Demiray, 2009; Kocayi it; 2010).

2.3 Gıda Endüstrisinde Kullanılan Kurutma Sistemleri

2.3.1 Kabin kurutucular

Çok çeşitli kabin kurutucu tipleri varsa da hepsinin ilkesi aynıdır. Kurutulacak ürün alt taraf, zgaralı eklemlerde bir tür tepsi olan kerevetlere yerleştirilir ve kerevetler üst üste istif edilerek önce bir araba sonra peşpeşe arabalardan oluşan bir vagon haline getirilip, kurutma kabine alınır (Cemeroğlu, 2009). Bu tip kurutucularda kurutulacak malzeme temas yüzeyini arttıracak şekilde yerleştirilir. Eriyor kurutulmakta olan ürünün içerdiği nem patlayıcı, özellikle ise kurutma ilerleminin başında veya yüksek hızda buharlaşman gözlemlendiği anlarda çök, havasız, tamam, sisteme geri gönderilmeden dışarı verilmelidir. Normal çalışmaları, malzeme koymaları,nda ise çök, havasız bir bölümünü sisteme geri göndermek ekonomik bir yöntemdir (Özel, 2010). Kabin kurutucular çoklulukla birkaç tonluk kapasitede yapılırlar. Sabit yatırım, genellikle az, çalışmaları, kolaydır (Dadal, 2007).

2.3.2 Tünel kurutucular

Sürekli veya yarı sürekli olarak çalışmaları, tünel kurutucu modifiye edilmiş kabin kurutucudur. Kurutma ortamı, olarak kullanılan sıcak hava fan yardımı ile sistemde dolaşır. Malzeme, raf veya bantlar üzerinde kurutulur. Hava akışı, malzeme ile paralel, zıt veya her iki akış tipinin birlikte uygulaması, olarak sistemden geçirilir. Tünel kurutucular bir çok gıdanın kurutulmasında kullanılmaktadır. Kurutucuda havanın tekrar kullanılması, veya tekrar kullanılması, ile sistemi terk etmeden önce daha fazla nem alması, sağlanabilir. Tünel kurutucularda farklı hava hızları, sıcaklıkları, ve akış yönü ile kurutma yapmak mümkündür. Giriş ve çök, sıcak hava kayıpları, önlemek için gereken önlemler alınmalıdır (Geankoplis, 2003; Özel, 2010).

2.3.3 Ak, kan yatak kurutucular

Bu tip kurutucularda kullan,lacak ürün, alttan yüksek bir h,zla verilen s,cak hava ile adeta ask,da kal,r, ak, kan bir yatak halinde bulunur. Havan,n, ürün parçac,klar, aras,ndan, ürüne etki eden yer çekimi kuvvetini yenecek kadar yüksek h,zla zorlanarak, parçac,klar, havada ask,da tutmas, sa lan,r. Ürün, kurutma i lemi süresince havada ask,da kalmakta ve ayn, zamanda yatay olarak hareket etmektedir (Cemero lu, 2009). Ak, kanla t,r,lm, yatakta tanecik yap,s,ndaki maddeler aras,ndan kurutma ortam, yani gaz ak,m, geçirilir. Gaz h,z, çok dikkatli ayarlanmal,d,r. Toz veya taneli yap,daki malzeme ile ak, kanla t,rma gaz, aras,nda temas çok iyi oldu unda, kurutma havas, ve tanecikler aras,nda ,s, transferi de etkin ekilde gerçekleşir. Bu mekanizma ile yüksek s,cakl,klarda sak,ncas, olmaks,z,n malzemelerin kurutulmas, mümkündür. Otomatik yükleme ve bo altman,n mümkün oldu u bu sistemin en önemli avantaj,, kurutma i leminin k,sa sürede tamamlanmas,d,r (Özel, 2010).

2.3.4 Püskürtmeli kurutucular

Püskürtmeli kurutma yöntemi süt, peynir alt, suyu, yo urt, dondurma kar, ,mlar,, bebek mamalar,, yumurta, kahve, çay, meyve ve sebze sular,, yenilebilir proteinler gibi birçok g,da maddesinin kurutulmas,nda yayg,n olarak kullan,lmaktad,r. Püskürterek kurutmada temel prensip, ürünün kurutma hücresindeki s,cak hava içerisine atomize edilerek, geni bir yüzey kazand,r,lmaz, ve böylece h,zl, bir kuruma sa lanmas,d,r. Püskürtmeli kurutucuda atomizer taraf,ndan olu turulan damlac,klar s,cak hava ak,m, ile temas eder etmez damlac,k yüzeyinde buharla ma olay, ba lar. Bu anda damlac,k yüzeyindeki s,cakl,k ya termometre s,cakl, ,ndad,r. Damlac,ktan nemin uzakla t,r,lmaz,, yüzeyde olu an kabuktan nemin difüzyon h,z,na ba l, olup zamanla olu an kabuk kal,nla arak nem difüzyonu da azal,r ve kuruyan tanecik çok k,sa sürede (1-10 saniye) havan,n ç,k, s,cakl, ,na ula madan kurutma kabinini terk eder (Geankoplis, 2003; Koç, 2009).

2.3.5 Valsli kurutucular

Bu kurutucularda prensip, içten ,s,t,lan bir silindirin (vals) s,cak yüzeyine ince bir tabaka halinde yay,lan s,v, veya lapa halindeki g,dan,n, silindirin yakla ,k 300 derecelik dönü ü s,ras,nda yüzeyde kurumas, ve buradan kaz,n,p al,nmas,d,r. Valsli kurutucularda daha çok patates püresi gibi sebze püreleriyle, domates salças, kurutulur (Cemero lu 2009).

2.3.6 Vakumlu kurutucular

Vakumda kurutma dü ük bas,ıçlarda suyun dü ük s,cakl,klarda kaynamas, (buharla mas,) gibi avantaja sahiptir. Kurutulacak ürün kapalı, kap içine konularak kab,n havas, vakumla al,nmaktad,r. Bas,ıç dü tü ünden ürün içindeki suyun daha dü ük s,cakl,klarda buharla t,r,larak kurutulmas, esas,na dayan,r (Özel, 2010). Gerek tesis ve gerek i letme masraflar, yüksek oldu undan, ,s,ya çok duyarlı, ürünlerin kurutulmalar,nda veya nem içeri inin çok dü ük düzeye dü ürülmesi gereken ürünlerde uygulanmaktad,r. Vakum kurutucularda hem s,v, hem de kat, parçac,k halindeki ürünler kurutulabilmektedir (Dadal,, 2007).

2.3.7 Puf yap, kazand,rarak kurutma

Puf yap,, gözenekli, süngerimsi adeta patlam, m,s,rdaki gibi gev ek bir yap,y, tan,mlar. Böyle bir fiziksel yap, gösteren maddenin kurumas, çok kolayla maktad,r. Meyve ve sebzelerde kuruma ilerledikçe doğal gözenekleri bozulmakta, k,lcal borular k,r,lmakta ve kuruma, di er nedenler yan,nda bu nedene de ba l, olarak gittikçe yavaşlamaktad,r. E er bu amaçla yap,ya puf nitelik kazand,r,labilirse, kuruma yeniden hızlanabilmekte ve kurutma süresi kısalmaktad,r. Bu amaçla bas,nca dayan,kl, kapalı, bir silindirde ,s,t,lan ürün, silindirde belli bir bas,ıç olu unca silindir kapa ,n,n bir anda aç,lmasyyla boşalt,lr. Aniden kaldır,lan bas,ıç, dokunun derinliklerinde yüksek derecelere kadar ,s,nm, suyun bir anda buharla mas,na neden oldu u gibi, daha önemlisi dokuya sünger bir yap, kazand,r,makt,r. Buradan al,nan ürün, herhangi bir kurutma sisteminde art,k kolayca kuruyabilmektedir (Cemero lu, 2009).

2.3.8 Dondurularak kurutma

Dondurularak kurutmada (liyofilizasyon), kurutulacak ürün önce dondurulmakta ve böylece gıdadaki su bulunduğu yerde buz halinde bulunmakta, daha sonra da bu uygun koşullarda süblime edilmektedir. Dondurularak kurutulmuş ürünün kalitesi diğer yöntemlerle kurutulmuş ürünlere göre daha üstündür. Bu nedenle diğerlerine kıyasla pahalı, bir yöntem olması, enerji ve suya duyarlı, birçok ürünün kurutulmasında ticari boyutlarda uygulanmaktadır. Diğer taraftan dondurularak kurutulmuş ürünlerin besin değeri de daha yüksektir. Bunun sebebi hücre içindeki maddelerin diğer yöntemlerdeki gibi hücre dışına ve materyalin yüzeyine çıkıp dağılmasıdır (Cemerolu, 2009). Dondurularak kurutma farmakolojik ürünler, serumlar, bakteri kültürleri, meyve suları, sebze, kahve ve çay özlerinin elde edilmesinde, et ve süt ürünleri üretiminde uygulanmaktadır (Özel, 2010).

2.3.9 Ozmotik kurutma

Ozmotik dehidrasyon, hipertonic (ozmotik) bir çözeltiye daldırılan bitki dokularından suyun kısmen uzaklaştırılmasıdır. Dokulardan çözelti içerisine suyun difüzyonu, doku ve hipertonic çözelti arasındaki ozmotik basınç tarafından yürütülmektedir. Su difüzyonuna, katı doku içerisine aynı anda zıt difüzyon eşlik etmektedir. Ozmotik tıbbında rol oynayan hücre zarı, tam olarak seçici olmadığından, hücre içinde bulunan diğer katıların da ozmotik çözelti içerisine geçmesi söz konusu olabilir. Ozmotik dehidrasyonun diğer kurutma yöntemlerine göre en önemli avantajları; iletimin düşük sıcaklıkta gerçekleşmesi nedeniyle lezzet ve aroma maddelerinin kaybının en düşük düzeyde gerçekleşmesi, enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının önlenmesi ve renkte ortaya çıkan kayıpların azalmasıdır. Ayrıca klasik kurutma yöntemlerine göre daha düşük enerji ihtiyacı gösterir. Bunun yanı sıra ozmotik çözeltinin konsantre edilerek ya da ozmotik katıların ilavesiyle aynı çözeltinin tekrar kullanılabilmesi iletimin daha ekonomik yürütülmesini sağlamaktadır (Spir, 2006).

2.3.10 Dielektrik ve mikrodalga ile kurutma

Mikrodalga 300 MHz ile 300 GHz frekans aralı, ındaki elektromanyetik dalgalarla, Dielektrik maddelerin ,s,t,imas,nda rol oynayan iki ana mekanizma dipol rotasyon ve iyonik polarizasyondur. Nem içeren gıda maddesi mikrodalga radyasyonuna maruz kaldı, ında, su gibi dipol molekülleri, hızlı, bir şekilde de i en elektrik alanıyla birlikte dipolleri s,raya sokma e ilimi gösterir. Sonuç olarak oluşan sürtünmeyle ,s, aç, a ç,kar ve bu ,s, kom u moleküllere iletilir. Mikrodalgayla kalın maddeler kolaylıkla ,s,t,labilir, ayrıca yüksek nem içeri ine sahip maddelerin çetli bölgeleri seçimli olarak ,s,t,labilir. Mikrodalgayla ,s,t,lan ürün içerisinde bulunan serbest nem hızlı buharla ,r ve uzakla t,r,lan nem oran, ta ,n,mıa kurutmaya göre daha yüksektir (Cemero lu, 2009; Dadal,, 2007).

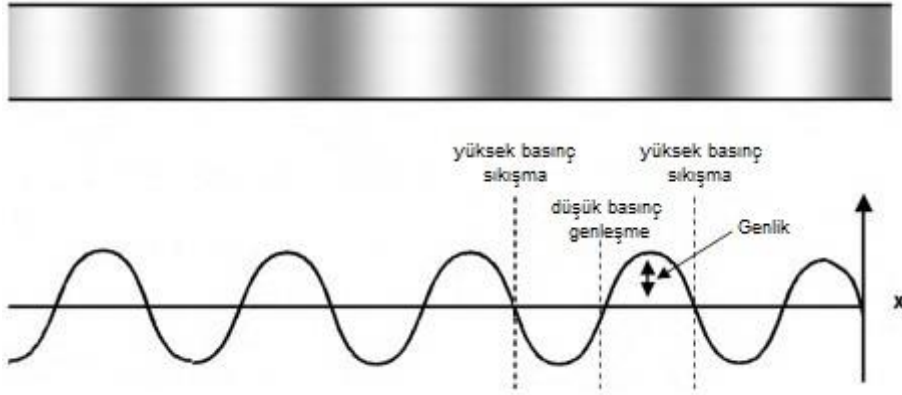
2.3.11 Infrared kurutma

Termal radyasyon, kızılötesi lambalar, buhar ,s,t,mal, kaynaklar, elektrikle ,s,t,lm, yüzeyler tarafından sağ lan,r. Bu mekanizma ile malzemenin yüzeyine yakın bölgeleri ,s,nd, ından, ince levha yap,s,ndaki malzemelerin kurutulması, için uygundur. Isı transferi termal radyasyon yayan malzemenin yap,s, ve karakteristi i ile kurutulan maddenin özelliklerine ba lı,d,r ve ,s,l verim dü ük olabilir (Özel, 2010). Infrared kurutmanın kapsal alanlar için dü ük maliyetli bir kurutma yöntemi olduğu ve dü ük yatırım maliyeti, kolay kurulum, ,s,t,ma ve kurutmada yüksek hız, basit ekipman gereksinimi gibi avantajlara sahip olduğu ifade edilmiştir (Nas,ro lu, 2007).

3. ULTRASES

3.1 Tan, m, ve S, n, f, l, a, n, d, r, l, m, a, s,

Denge durumunda bulunan taneciklerin mekanik titreimleri ses, bir saniyede olan titreim sayısı ise frekans olarak tanımlanır. Ses frekansının birimi Hertz (Hz)dir. Elektromanyetik dalgaların aksine ses boşlukta iletilemez. Ses dalgaları ancak moleküler ortamda iletilebilmektedir. Sesin yayılabilirliği ortamların sıkıştırılabilirliği ile ters orantılıdır. Bu yüzden ses hızı, gazlarda en yavaş, katılarda ise en hızlıdır. Ses titreimleri ortamda dalgalar halinde yayılır. Ses dalgaları, sıkıştırma dalgaları,ndan oluşan bir seridir ve bu dalgalar genleşme dalgalarıyla birbirinden ayrılır. Sıkıştırma yüksek basınçlı, genleşme düşük basınçlı bölgelerdir. Ses hareketinin en basit şekli bir sinüs dalgası olarak tanımlanabilir (Şekil 3.1)



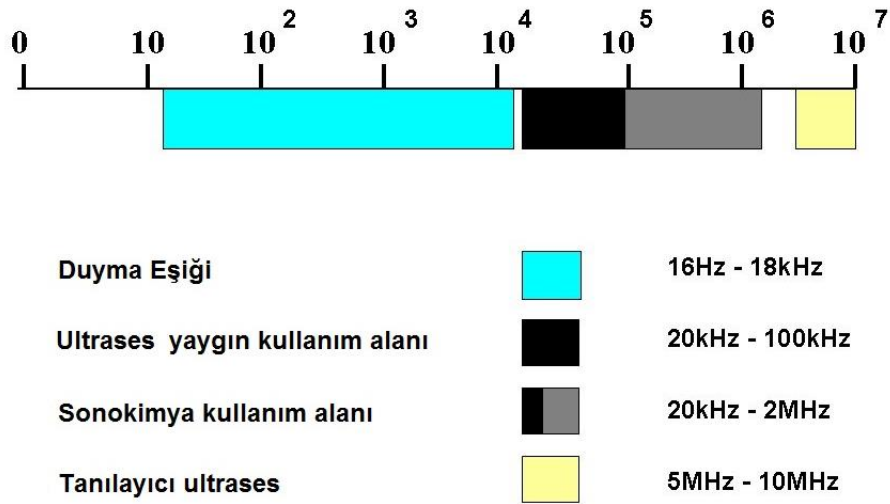
Şekil 3.1: Sesin bir ortam boyunca hareketi (Mason ve Lorimer, 2002).

Ses hareketi boyunca sıkıştırma ve genleşme bölgeleri arasında gerçekleşen pozitif veya negatif atmosferik basınç değişimi derecesi genlik olarak isimlendirilir (Kanta, 2007). Ses dalgalarının iletildiği ve bir ortama aktarılan enerji miktarı, akustik genlik ile ilişkilidir (Kanta, 2007; Yılmaz, 2011).

İnsan kulağına duyulabilen seslerin üzerinde, 20 kHz ile 10 MHz aralığında, frekansa sahip ses dalgaları, **ultrases** olarak adlandırılır (Anon, 2012). Ultrases, akustik bir enerjidir ve üç gruba ayrılır:

- Düşük Frekans - Yüksek Güç (20 - 100 kHz),
- Yüksek Frekans - Orta Derecede Güç (100 kHz - 1MHz),
- Yüksek Frekans - Düşük Güç (1 - 10 MHz) (Anon, 2012).

20 kHz ile 2 MHz arasındaki frekanslar kimyada kullanılırken, 5 MHz ve üstündeki ses dalgaları, tıbbi ve tanımlama amaçlı olarak ultrases olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3.2) (Kanta, 2007).



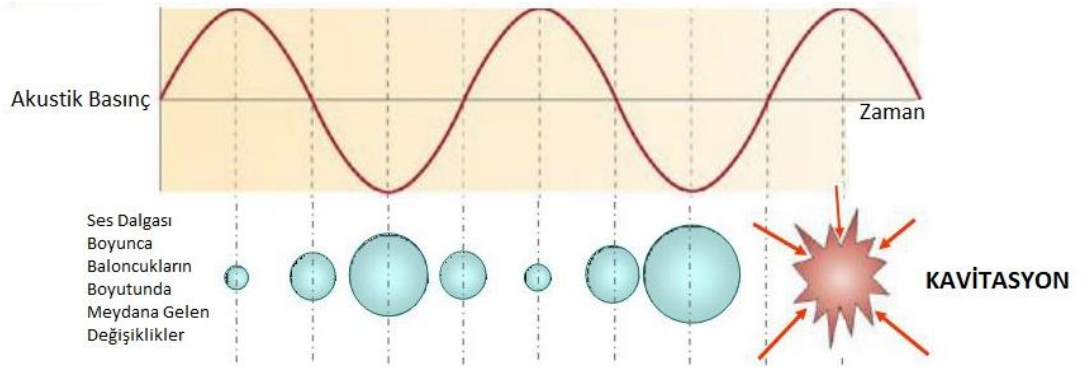
Şekil 3.2: Ses frekanslarındaki kullanım alanları (Mason ve Lorimer, 2002).

3.2 Ultrases Etki Mekanizması ve Kaviteasyon

Ultrases bir ortamdan geçerken; çeşitli uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. Ses dalgaları ve ses dalgalarının frekansı ve genliği nedeniyle, olarak oluşan pek çok fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal etki olmaktadır (Knorr ve ark., 2004).

Bu etkilerden en önemlisi olan **kaviteasyon**; bir sıvıdan geçerken ses dalgalarının basınçlı bölümlerde moleküller arasındaki mesafenin normalin üstüne çıkmasıyla kabarcıkların oluşumu, sürekli ses dalgalarına maruz kalan materyalde

olu an kabarcıkların giderek büyümesi, salınması, ve daha fazla enerji absorblayamayacak kritik hacme ula tıklarında da içeri do ru sönümlenmesi olarak tanımlanır (Kanta , 2007; Uzuno lu, 2012) (ekil 3.3). Kaviteasyon balonlarının iç patlamaları, olu tu u bölgeden enerji birikimine neden olmaktadır. Böylece meydana gelen yüksek sıcaklık (5000 K) ve basınç (1000 atm) nedeniyle kaviteasyon bölgesinde yüksek enerjili kesme dalgaları, ve turbülans olmaktadır (Yılmaz, 2011; Patis ve ark., 2007).



ekil 3.3: Ultrasonik kaviteasyon (Anon, 2012).

20 kHz frekansa sahip yüksek yoğunluklu prob kullanılarak, sistemlerde geçici kaviteasyon olmaktadır. Kabarcıkların büyümesi kendi rezonans büyüklük sınırında birkaç akustik çevrim süresince meydana gelir ve kabarcıklar hızlı bir şekilde çöker. Kabarcıklar meydana gelen çöküşün idetine bağlı olarak fragmentlerine ayrılırlar. Kabarcıkların çöküşüyle birlikte çok yüksek sıcaklıklar, basınçlar, ok dalgalarının oluşumu, hidrojet gibi ekstrem fiziksel durumlar oluşur (Uzuno lu, 2012).

Kararlı kaviteasyonda, kabarcıkların büyümesi düzeltilmiş durumda veya kabarcıkların birleşmesi yolu ile binlerce akustik çevrim süresince meydana gelmektedir. Kararlı kaviteasyon genellikle 20 kHz frekans üzerindeki ultrases uygulamalarında gözlenmektedir. Rezonans büyüklük sınırına ulaşan kabarcıklar geçici kaviteasyonda olduğu gibi çöker fakat bu çöküşün ideti daha az olmaktadır. Bundan dolayı, kabarcıklar sürekli bir şekilde büyüyüp çökebilirler (Uzuno lu, 2012).

Kavitasyonun olu umunu pek çok parametre etkilemektedir. Yüksek s,cakl,klarda, buhar bas,nc, artmakta ve yüzey gerilim kuvveti azalmakta, daha fazla kabarc,k meydana gelmektedir. Yüksek s,cakl,klarda daha fazla kabarc,k olu mas,na ra men kabarc,klar,n sö nümlendikleri andaki iddeti, dolay,s,yla etkinlikleri azalmaktad,r. Dü ük frekanslarda, kabarc,klar daha büyük boyutlarda olu ur ve sö nümlendikleri an daha yüksek enerji meydana getirirler. Yüksek iddette kavitasyon isteniyorsa ultrases dalgas,n,n büyüklü ü artt,r,lmal,d,r. Viskozitesi yüksek ortamlarda ultrases difüzyonu kolayl,kla engellenebilir ve bu durumda meydana gelen kavitasyonun etkinli i azal,r. Viskozite probleminin üstesinden gelebilmek için, dü ük frekansta ve yüksek iddette ultrases kullan,lmal,d,r (Anon, 2012; Rastogi, 2011).

3.3 Ultrases Sisteminin Bile enleri

Ultrases üretecek sistemler; güç kayna ,, dönü türücü (transducer) ve uygulay,c, eleman olmak üzere üç ana bölümden olu maktad,r (Mulet ve ark., 2003). Ultrases gücü üretiminde kullan,lan tüm sistemler herhangi bir enerjiyi (elektrik, manyetik, kinetik vb.) güç dönü türücüleri arac,l, ,yla akustik enerjiye çevirirler (Mulet ve ark., 2003; Uzuno lu, 2012). Dönü türücüler; gaz zorlamal,, s,v, zorlamal, ve elektromekanik dönü türücüler olarak üç grupta s,n,fland,r,lmaktad,r (Kanta , 2007).

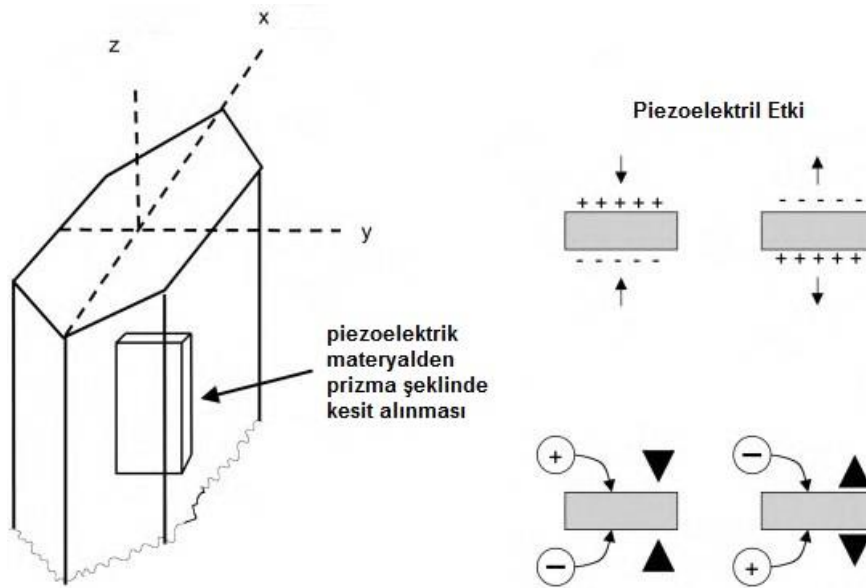
Gaz ve s,v, zorlamal, dönü türücüler literatürde ö ak, kan zorlamal, dönü türücülerö olarak da an,lmakta ve bu tip dönü türücüler bir ak, kan,n kinetik enerjisini akustik enerjiye dönü türmektedirler (Mulet ve ark., 2003). Endüstride kar, t,rma ve homojenizasyon i lemleri gibi k,s,tl, bir kullan,m alan,na sahiptirler (Uzuno lu, 2012).

Elektromekanik dönü türücüler de manyetostriktif ve piezoelektrik olarak iki gruba ayr,l,rlar (Kanta , 2007).

Manyetostriktif dönü türücüler; nikel ve demir gibi ferromanyetik maddelerde ekil de i tirici etkiye sahip olan, m,knat,ssal bü zülme etkisini kullanan elektromekanik cihazlard,r. Dayan,kl, bir yap,s,n,n ve geni bir sürücü gücünün

olması, en önemli avantajlarıdır. 100 kHz'in altındaki frekanslarda kullanılması, ve nispeten düşük olarak % 60 oranında etkili olabilmesi dönüştürücünün dezavantajlarıdır (Uzunlu, 2012).

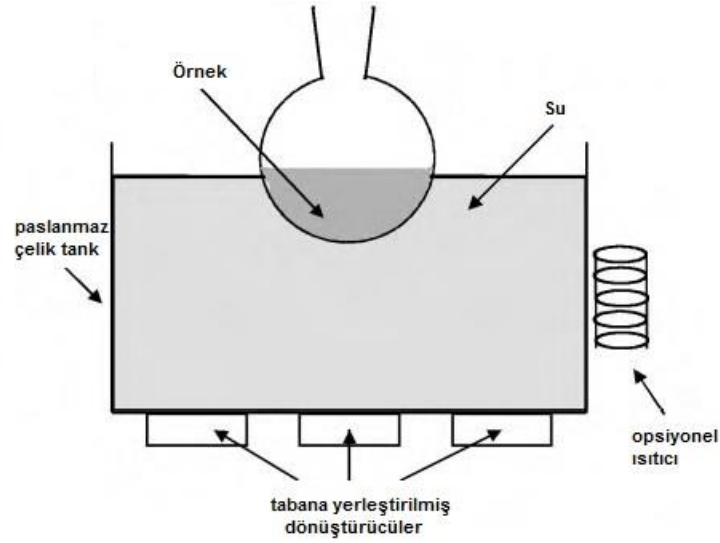
Piezoelektrik dönüştürücüler, akustik enerji üretiminde en yaygın şekilde kullanılan dönüştürücülerdir (Maret ve ark., 2003). Piezoelektrik özellik, üzerine mekanik bir basınç uygulanan bazı kristal ve seramik malzemelerde bir elektriksel gerilimin oluşmasını sağlar. Piezoelektrik özellikte bir kristal malzeme, disk veya prizma şeklinde kesilip, yüzeyleri ince iletken bir metal (altın, gümüş, alüminyum) ile kaplanır. Kristalin alt ve üst yüzeylerine mekanik basınç uygulanırsa, bu yüzeylerde kutuplanmalar, tersi bir uygulama sonucunda ise devamlı değişen voltajın frekansına bağlı seri bir şekilde uzama ve kısalmalar elde edilir (Şekil 3.4). Bu mekanik uzama ve kısalmalar (titreşimler) da bize ultrasesi verir (Büyüktanır, 2010; Anon, 2012). Bu tip dönüştürücüler yüksek enerji verimine sahiptir (> % 95) ve tüm ultrases aralıklarında kullanılabilir (Kanta, 2007; Uzunlu, 2012).



Şekil 3.4: Piezoelektrik etki (Mason ve Lorimer, 2002).

Dönü türücüler taraf,ndan akustik enerjiye çevrilen ses dalgas,n, ortama yaymak için da ,t,c, sistemler kullan,l,r. Uygulama alanlar,na ve etkilerine göre da ,t,c, sistem olarak ultrasonik banyolar ve prob sistemleri kullan,lmaktad,r (Uzunolu, 2012; Yılmaz, 2011).

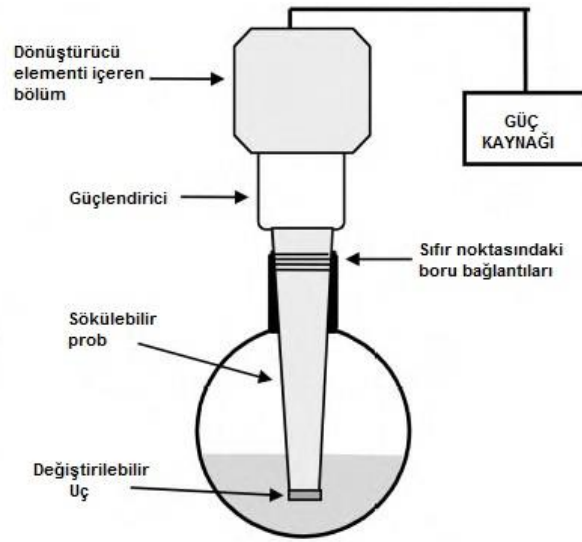
Ultrasonik banyolar; alt taraf,na piezoelektrik dönü türücüler yerle tirilmi bir metal gövdeden olu mu tur (ekil 3.5). Dönü türücüler titre imleri tüm gövdeye, metal gövde de içindeki s,v,ya aktar,r,r (Mulet ve ark, 2003). Ultrasonik banyolar,n ses dalgalar,n,n homojen da ,lmas, ve kullan,lan tank,n herhangi bir özel adaptasyon gerektirmemesi gibi avantajlar, vard,r (Mason ve Lorimer, 2002). Bunun yan,nda sabit frekansta çal, ma, zay,f s,cakl,k kontrolü, banyo içindeki yerle im konumuna göre etkinin de i mesi gibi dezavantajlar, da bulunmaktad,r (Mason ve Lorimer, 2002).



ekil 3.5: Ultrasonik banyo (Mason ve Lorimer, 2002).

Prob sistemleri; dönü türücüye adapte edilmi , yüksek yorulma dayan,m,, dü ük enerji kayb,, kavitasyona sebebiyle olu an erozyona dirençli ve kimyasal olarak inert olan bir da ,t,c, prob içermektedir (Mason ve Lorimer, 2002; Mulet ve ark., 2003). Bu prob ultrasonik sinyali ta ,ma ve kuvvetlendirme i levi görür (Mulet ve ark., 2003). Direkt prob uygulamalar,nda kay,p ya amadan yüksek enerjinin ortama aktar,labilmesi, kontrol edilebilir enerji aktar,m,na ba l, olarak ultrases

gücünden daha etkin faydalanmanın mümkün olması, bu sistemi avantajlı kılmaktadır (Yılmaz, 2011). Ancak ultrasonik banyolarda da görülen zayıflık kontrolü ve sabit frekansta çalışması gibi dezavantajların yanında uçlarda meydana gelecek erozyon sonucu oluşabilecek metal kontaminasyonu ve radikal oluşumu bu sistemin kullanımının olumsuz yönleridir (Mason ve Lorimer, 2002). Ayrıca prob ucunda meydana gelen erozyon ortama aktarılan ultrases gücünde düşüğe neden olmaktadır (Mulet ve ark., 2003). Bu nedenle prob uçları için, yüksek mekanik dayanımlardan dolayı, titanyum ve alüminyum alaşımları tercih edilmektedir (Uzunolu, 2012).



ekil 3.6: Ultrasonik prob (Mason ve Lorimer, 2002).

3.4 Gıda İlemede Ultrases Kullanım,

Ultrasesin gıda ilemede kullanım,, uygulamada oluştuğu etki ve sonuçları, faydaları Tablo 3.1'de verilmiştir.

Kullanılan ses dalgasının iddetine göre gıda ilemede ultrases kullanım,, -Yüksek Frekans Düşük Güç ve -Düşük Frekans Yüksek Güç olmak üzere iki ana kategoriye ayırmak mümkündür. 0.1 ile 10 MHz frekans ve 1 W/cm^2 'den küçük iddete sahip yani yüksek frekans düşük güç grubundaki ses dalgalarını kullanıldığında, yöntem; bir ürün veya prosesi izlemek, kontrol etmek ya da farklı gıda maddelerinin fizikokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla kullanılır. Düşük frekans yüksek

Güç yani 20 ile 100 kHz frekans ve 10-100 W/cm² arasında iddiate sahip ses dalgaları kullanılarak, yöntem, bir ürün veya prosese doğrudan etki etmek amacıyla kullanılır (Kanta, 2007).

Tablo 3.1: Ultrasesin gıda işleminde kullanımı, (Patist ve Bates, 2007).

Uygulama	Etki / Fayda
Ekstraksiyon	Ekstraksiyon verimini ve etkinliğini artırır.
Emülsifikasyon / Homojenizasyon	Yüksek kayma gerilimine sahip mikro akışkan, uygun maliyetle emülsiyon üretimi.
Kristalizasyon	Daha küçük kristal oluşumu, kristallerin üniform nükleasyonu ve modifikasyonu.
Filtrasyon	Kirlenmeyi azaltma, akışkanlığı artırır.
Seperasyon	Kimyasal ayırma tekniklerine olan ihtiyaç, azaltma, başlangıç düüm noktalarında partiküllerin aglomerasyonu.
Köpük giderme	Verimliliğini artırır, köpük giderici ajanların kullanımı, azaltma, boru hatlarında oluşan tıkanı azaltma.
inaktivasyon (enzim ve/veya mikrobiyal)	Mikrobiyal hücre membranlarına direkt kaviteasyonel zarar, oksijen transferini artırır, düşük sıcaklıklarda enzim inaktivasyonu, gıda kalitesini koruma.
Fermentasyon	Fermentasyon prosesini hızlandırır, metabolit üretimini artırır, canlı dokuyu uyarma, substrat transferini iyileştirir.
Isı transferi	Kaviteasyon ile oksijen transferini artırır, oksijenleme ve kurutma işlemlerini hızlandırır ve daha düşük sıcaklıklarda çalıştırma imkanı.

3.5 Akustik Kurutma

Yüksek iddetli ses alan, etkisiyle bir materyalden suyun uzakla t,r,lmas, i lemine "Akustik Kurutma" denir (Kanta , 2007). Ultrases enerjisi, dü ük s,cakl,klarda belirgin bir etki göstermesi sebebiyle ,s,ya duyarl, maddelerin kurutulmas, için uygundur (Rastogi, 2011). Yüksek iddetli ultrases dalgalar, kurutulacak materyale do rudan etki etti inde, bir süngerin s,k, t,r,l,p serbest b,rak,lmas, gibi materyalin içinde bir dizi s,k, t,rma ve genle me hareketi olu turur. Bu mekanizma ile olu an etkinin, suyu materyalin içinde tutan yüzey geriliminden daha büyük bir kuvvet olu turmas, sonucunda meydana gelen mikroskobik kanallar sayesinde suyun uzakla t,r,lmas, kolayla maktad,r (Fuente-Blanco ve ark., 2006). Bunlara ek olarak ultrases enerjisiyle olu an kavitasyonun da suyun uzakla t,r,lmas,na katk,s, oldu u dü ünülmektedir (Garcia-Perez, 2007).

Ultrases enerjisi tek ba ,na uygulanabildi i gibi s,cak hava, , ,nlama, dondurarak kurutma, yüksek bas,nç, ozmotik kurutma gibi proseslerle birlikte de uygulanabilmektedir (Topda , 2011).

4. GIDALARIN KURUTULMASINDA ULTRASES KULLANIMI ÜZER NE YAPILMI ÇALI MALAR

4.1 Ozmotik Kurutma ve Ultrases

Simal ve ark. (1998), elma küplerinin ozmotik kurutulmas, üzerine yapt,klar, çal, mada 50 kHz frekansa ve 150 W enerjiye sahip bir ultrases banyosunda gerçekte tirdikleri ozmotik kurutma i lemi (70°Briks - 40, 50, 60, 70°C) sonucunda, ultrasesin kütle transferi üzerine etkili oldu unu, su kayb,n, ve eker kazan,m,n, artt,rd, ,n,, 40°C'de ultrases ile elde edilen eker kazan,m,n,n ancak 70°C'de ultrases uygulamas, olmadan sürekli kar, t,rma ile sa lanabildi ini belirtmi lerdir.

Carcel ve ark. (2007), elmalar,n (*Granny smith var.*) ultrases deste i ile ozmotik kurutulmas, üzerine yapt,klar, çal, malar,nda yüksek yo unluklu ultrasesin sakaroz çözeltisi (30°C - 30°Briks) içindeki elma örneklerinin kütle transferleri üzerinde önemli ölçüde etkisi oldu unu saptam, lard,r. 20 kHz frekansa ve 11,5 W/cm² enerjiye sahip prob sistemi ile gerçekte tirilen ultrases uygulamas,n,n, su difüzyon katsay,s,n, % 117 ($2,18 \times 10^{-10}$ dan $4,73 \times 10^{-10}$ m²/søye), kuru madde difüzyon katsay,s,n, % 137 ($0,78 \times 10^{-10}$ dan $1,84 \times 10^{-10}$ m²/søye) oran,nda artt,rd, , belirlenmi tir.

Rodrigues ve ark. (2008), sapota meyvesinin ozmotik kurutulmas,nda ultrasesin ön i lem olarak kullan,lmaz, üzerine yapt,klar, çal, malar,nda 25 kHz frekansa sahip 25°C'dik ultrasonik banyoda 10, 20, 30 dakika sürelerinde ultrases ön i lemi uygulam, lar ve ard,ndan 60°C'de 35 ve 70°Briks sakaroz çözeltileri ile ozmotik dehidrasyon gerçekte tirmi lerdir. 35°Briks eker çözeltisi içinde 20 dakikal,k ultrases uygulamas,yla dokuda mikroskobik kanallar olu tu u ve bu sayede eker kazan,m,n,n % 2,9 oran,nda artt, ,, su difüzyon katsay,s,n,n $5,58 \times 10^{-9}$ dan $4,15 \times 10^{-9}$ m²/søye dü tü ü (% 25,6 azalma) belirlenmi tir. Bu durumun olu an kanallar,n eker taraf,ndan doyurulmu olmas,ndan kaynaklanabilece i bildirilmi tir. 70°Briks eker çözeltisi içinde gerçekte tirilen 20 dakikal,k ultrases uygulamas,nda

olu an mikroskopik kanallar, n 35°Briks çözelti içinde olu anlara göre daha geni oldu u ve su difüzyon katsay, s, n, % 4,3 oran, nda artt, rd, , saptanm, t, r. 30 dakikal, k ultrases uygulamas, sonucunda meyvenin dokusunda önemli bir de i iklik saptanmam, t, r.

Topda ve ark. (2011), ozmotik kurutma, n etkinli inin artt, r, lmas, için ozmotik kurutma ile ultrases i lemini e zamanl, olarak kulland, klar, çal, malar, nda, 35 kHz frekansa sahip ultrases banyosu kullanm, lard, r. İlem 35 ve 70°Briks sakaroz çözeltileri ile 30°Cøde; 20, 40, 60, 80, 100 dakika sürelerinde gerçekte tirilmi tir. 40. dakikadan sonra tüm süre ve briks de erlerinde ultrases uygulamas, n, n a ,rl, k kayb, n, önemli derecede ($p < 0,01$) h, zland, rd, , belirlenmi tir. 35°Briksøde normal ozmotik kurutma i leminde elmalar, n eker kazan, mlar, n, n % 2,2-3,9; ultrases yard, ml, ozmotik kurutma i leminde % 3,5-5,8 aras, nda oldu u belirlenmi tir. Ultrasesin eker kazan, m, n, tüm konsantrasyon ve sürelerde artt, rd, , saptanm, t, r. Ultrases uygulamas, n, n a ,rl, k kayb, , su kayb, ve eker kazan, m, üzerine etki ederek i lem süresini k, saltt, , belirtilmi tir.

4.2 S, cak Hava ile Kurutma ve Ultrases

Fernandes ve Rodrigues (2007), muzun s, cak hava ile kurutulmas, nda ultrases ön i leminin etkilerini incelemi lerdir. Ultrases ön i lemi, 25 kHz frekansa sahip ultrasonik banyo ile 10, 20, 30 dakika sürelerinde 30°Cøde gerçekte tirilmi tir. Ön i lemin ard, ndan örnekler 60°Cødik s, cak hava ile kurutulmu tur. Çal, ma sonuçlar, na göre, 20 dakikal, k ultrases uygulamas, n, n suyun difüzyonunu artt, rd, ,, toplam kuruma süresini % 10,3 oran, nda k, saltt, , belirlenmi tir. Ayr, ca ultrases uygulamas, nedeniyle muzlar, n toplam indirgen eker miktar, nda saf su içerisinde gerçekte tirilen 30 dakikal, k ultrases uygulamas, sonunda % 21,3 oran, nda azalma gerçekte mi tir. Ultrases uygulamas, n, n eker oran, azalt, lm, kurutulmu ürünler üretmeye imkan sa layabilece i bildirilmi tir.

Kanta (2007), yüksek güçlü do rudan temas eden ultrasesin (24 kHz frekansa sahip prob sistemi) elma, kereviz, havuç ve patatesin 30°C, 40°C ve 50°C hava s, cakl, klar, ve 3,9 m/s hava h, z, ko ullar, nda kuruma h, z, üzerindeki etkisini

incelemilerdir. En uygun kurutma koşulları, kereviz için % 100 genlik, 1,0 vuruş ve 30°C; elma için % 100 genlik, 1,0 vuruş ve 30°C; havuç için % 70 genlik, 1,0 vuruş ve 50°C ve patates için % 70 genlik, 0,7 vuruş ve 50°C olarak belirlenmiştir. Ultrasesin kuruma hızı üzerine etkisinin, elma > kereviz > havuç > patates sıralamasına göre arttı; sıralamadan bu eilde gerçekte mesinin yap, ve bile imdeki hava boşlukları etkisi arttı, eker ve ni asta varlıklar ise etkisi azaltıcı özelliğe sahip olmasından kaynaklanabileceği bildirilmiştir.

Garcia-Perez ve ark. (2007); havuç, limon kabuğu ve trabzon hurması ultrases destekli kurutulması, inceledikleri çalışmalarında ultrases güç uygulayabilecek eilde modifiye edilmiş pilot ölçekli bir kurutucu düzenek kullanılarak 0,5 - 1,2 m/s hava hızlarında havuç ve limon kabuğu için 40°C, trabzon hurması için 50°C'de gerçekte tirilen kurutma işlemi sırasında 21,8 kHz frekansa sahip 75 W ultrases güç kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, ultrases enerjisinin, yüksek hava hızlarında hava akımı nedeniyle akustik alan bozulmasına bağlı olarak azaldığı belirtilmiştir. Ultrases enerjisinin; düşük gözenekliliğe sahip havuç ve trabzon hurmasında kütle transferini düşük hava hızlarında arttırdığı, limon kabuğu gibi yüksek gözenekli gıdalarda ise yüksek de dahil olmak üzere tüm hava hızlarında kütle transferini arttırdığı bildirilmiştir.

Fernandes ve ark. (2008^a), ultrases ve ozmotik dehidrasyon ön işlemlerinin kavunun sıcak hava ile kurutulması, prosesinde hücre yapısına üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, 25 kHz frekansa ve 4870 W/m² enerjiye sahip olan ultrasonik banyo ile 20 ve 30 dakika sürelerinde, 30°C'de ultrasonik ön işlem uygulamaları; ara tırmaklar; ozmotik dehidrasyonda örneklerin su kaybedip eker kazanırken, ultrasese tabi tutulmuş örneklerin ise eker kaybedip su kazandığı; her iki uygulamadan sıcak hava ile kurutma sırasında suyun difüzyon katsayısına arttırdığı; ultrasesin hücre yapısında dehidrasyona neden olduğu ancak ozmotik dehidrasyondan farklı olarak hücre yapısında bozulmalar yerine mikroskopik kanal oluşumuna sebep olduğu saptanmıştır.

Fernandes ve ark. (2008^b), papaya meyvesinin 60°C'dik sıcak hava ile kurutulmasından önce 25 kHz frekansa ve 100 W/m³ enerjiye sahip ultrasonik banyo ile 30°C'de 10, 20, 30, 45, 90 dakika sürelerince uyguladıkları ultrases ön işlemi ile; ürünün eker oranının 30 dakika içerisinde % 13,8, 90 dakika içerisinde % 30,6

oran,nda azald, ,n,, kurutma s,ras,nda su difüzyon katsay,s,n,n 20 dakikal,k ultrasese tabi tutulmu örneklerde ön i lem s,ras,nda meydana gelen mikro kanal olu umuna ba l, olarak % 28,8 oran,nda artt, ,n, ve kurutma süresinin % 16 oran,nda k,sald, ,n, bildirmi tirler.

Fernandes ve ark. (2009), ananas ile yapt,klar, çal, mada 25 kHz frekansa ve 4870 W/m^2 enerjiye sahip olan ultrasonik banyo ile 10, 20, 30 dakika sürelerinde gerçekle tirdikleri ultrasonik ön i lemin ard,ndan 60°C de gerçekle tirdikleri s,cak hava ile kurutman,n sonucunda; 30 dakikal,k ultrasonik ön i lemle su difüzyon katsay,s,n, ($8,41 \times 10^{-9}$ den $10,22 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{söye}$) artt,rd, ,n,, i lem süresini (249den 202 dakikaya) k,saltd, ,n, bildirmi lerdir. Bunun yan, s,ra , ,k mikroskopuyla hücre yap,s,nda gerçekle en de i iklikleri gözlemler ve saf su içerisinde gerçekle tirilen ön i lemin ancak 20 dakika süre ve üstünde hücre yap,s,nda de i ikli e yol açt, ,n, rapor etmi lerdir.

Azoubel ve ark. (2010) ultrasenin muzun kurutma kineti i üzerine etkisini inceledikleri bir ba ka çal, mada 25 kHz frekansa sahip ultrases banyosu ile 10, 20, 30 dakika sürelerinde 30°C de ultrases ön i leminin ard,ndan 50 ve 70°C de, 3 m/s hava h,z,nda ak, kan yatak bir kurutucu ile kurutma i lemini gerçekle tirmi lerdir. Ultrases uygulamas, sonras, örneklerin su içeri inin 30 dakikal,k ön i lem sonunda % 5,17 oran,nda artt, ,; 20 dakikal,k ultrases ön i lemi ile toplam kurutma süresinin 50°C ik hava ile kurutmada 345den 207 dakikaya, 70°C ik hava ile kurutmada 111den 106 dakikaya dü tü ü ve ultrasonik ön i lem ile kayda de er bir enerji ekonomisi sa lanabilece i belirtmi tirler.

Garcia-Perez ve ark. (2010), silindirik olarak dilimlenmi 2 cm kal,nl, ,nda 2,4 cm çap,nda patl,canlar,n 40°C s,cakl,ta 1 m/s h,zda hava ile kurutulmas, s,ras,nda 15 ile 90 W aras,nda akustik enerji uygulad,klar, çal, malar,nda akustik güç artt,kça kurutma kineti inin h,zland, , ve kurutma süresinin azald, ,, kuruma süresindeki maksimum azalman,n % 70 oran,yla 90 W akustik enerji uygulanan örneklerde görüldü ü bildirilmi tir. Ayr,ca yap,lan elektron mikroskobu analizi ile ultrases uygulamas, sonucunda ara yüzeyler aras,nda olu an de i ken h,zlar, bas,ıç dalgalanmalar, ve mikro ak, ,n, s,n,r katman,n, incelterek kütle transferini

arttırılması yanında ara yüzeylerde bozunma ve parçalanmaya neden oldu u saptanmıştır.

Oliviera ve ark. (2010), jambu meyvesinin 60°C'deki sıcak hava ile kurutma öncesinde 25 kHz frekansa ve 60 W güce sahip ultrasonik banyo ile 10, 20, 30, 45 ve 60 dakika sürelerinde; saf su, 25 ve 50°Brix sakkaroz çözeltileri içerisinde uygulanan ultrases ön i lemi ile suyun difüzyon katsayısı; 25°Brix sakkaroz çözeltisi içinde 30 dakika ultrasese tabi tutulan örnek için % 28,1 ($4,56 \times 10^{-10}$ dan $5,84 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{söye}$) oranında arttı, , 60 dakikalık ön i lem ile toplam kurutma süresinin % 27,3 (854 dan 621 dakikaya) oranında azaldı, , belirlemi lerdir. Ayrıca, saf su içerisinde gerçekleştirilen ultrases ön i lemi sırasında meyvenin içeriklerinin azaldı, ve ultrasesin içerik oranı, düşük kuru meyve üretimi için kullanılabilen alternatif bir yöntem olduğunu bildirmi lerdir.

Soria ve ark. (2010), ultrases destekli sıcak hava ile kurutulması, (20, 40, 60°C ó 75, 90, 120 dak) sırasında havuçların kimyasal ve fizikokimyasal kalitesinin belirlendi i çal, malarında, ultrases ön i lemi (20 kHz - 100 W/cm²) ile meydana gelen kavitasyon ve mikroskobik kanallar sayesinde suyun uzaklaştırılması kolaylaştırıldı, , böylece ultrasesin havuçların 60°C ve altında kurutulmasına imkan sağladı, , belirtmi lerdir.

Ozuna ve ark. (2011), patatesin sıcak hava ile kurutulmasında ultrases enerjisinin kurutma kineti i üzerine etkisini inceledikleri çal, malarında, patates küplerinin kurutma kineti inin ultrases enerji ile istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterdi ini ($p < 0,05$), 21,8 kHz frekansa ve 37 kW/m² güce sahip ultrases enerjisinin, ultrasesin kullanılması, , uygulamaya göre kuruma süresini % 40 oranında azalttı, , su difüzyon katsayısı, % 64 ($4,58 \times 10^{-10}$ dan $7,51 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{söye}$), kütle transfer katsayısı ise % 58 ($2,03 \times 10^{-4}$ dan $3,21 \times 10^{-4} \text{ kgW/m}^2 \text{ öye}$) oranında arttırdı, , bildirmi lerdir.

Schössler ve ark. (2012), elma ve karmaz dolmalık biberin ultrases destekli sıcak hava ile kurutulması üzerine çal, malar. Kurutma i lemi 24 kHz frekansa sahip bir ultrases halkasının 70°C'deki sıcak hava ile kombine edildi i bir sistemde gerçekleştirilmiştir. Ultrases destekli kurutma i lemi ile geleneksel yöntem sonucu

elde edilen son ürünün su oran, aras,nda istatistiksel aç,dan anlaml, bir fark bulunmu tur ($p<0.05$). Toplam kuruma süresi k,rm,z, dolmal,k biber için % 23 (250øden 204 dakikaya), elma için % 27 (313øden 230 dakikaya) oran,nda azalm, t,r.

4.3 Püskürtmeli Kurutma ve Ultrases

Izidoro ve ark. (2011), ham muzdan izole edilmi ni astan,n kurutulmas,nda ultrasesin ön i lem olarak kullan,ld, , çal, malar,nda ni astan,n fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen de i iklikleri incelenmi tir. Ultrases ön i lemi olarak bir dakika aral,klarla titre im veren bir prob ile 20 kHz frekansa sahip 24 W enerjide ultrases 1 saat süreyle uygulanm, t,r. Ard,ndan mini sprej kurutucuda (130°C giri - 47°C ç,k,) kurutma i lemi gerçekte tirilmi tir. Çal, ma sonuçlar,na göre; ultrases uygulamas,yla olu an kavitasyon sonucu ni asta moleküllerinin yap,s,n,n bozuldu u ve suyun difüzyonunun, ni astan,n i me özelli i ve su emme kapasitesinin artt, , saptanm, t,r. Ayr,ca çal, mada, ultrases dalgalar,n,n olu turdu u titre imlerin ni asta jellerinin e ik kayma gerilimi ve k,vam katsay,s,n, azaltt, , da belirtilmi tir.

4.4 Dondurularak Kurutma ve Ultrases

Deng ve Zhao (2008), yapt,klar, çal, mada ultrasonik banyo ile 3 saat süreyle; yüksek fruktozlu m,s,r urubu içerisinde 50/60 kHz frekansa ve 185 W güce sahip ultrases uygulamas,n,n ard,ndan s,cak hava (55°C - 3.86 m/s) ve dondurularak kurutma (-45°C) yöntemleriyle kurutulan elma örnekleri üzerinde ayn, kurutma ko ullar,nda ultrases uygulamas,n,n etkileri darbeli vakum yöntemiyle k,yasland, ,nda; su aktivitesi ve nem içeri inin azald, ,n,, camla ma s,cakl, ,n,n ve rehidrasyon oran,n,n artt, ,n, ve yap,da ciddi bozulmalar gerçekte ti ini tespit etmi lerdir.

Jambrak ve ark. (2007); mantar, brüksel lahanas, ve karnabahar örneklerine 20 kHz frekansa sahip prob ve 40 kHz frekansa sahip ultrasonik banyo ile 3 ve 10 dakikal,k süreler boyunca ultrases uygulanm, t,r. S,cak hava (60°C) ve dondurularak

kurutma (-45°C) yöntemiyle kurutulan örneklerde, ultrasenin tüm örneklerde kuruma hızının, arttırdığı, dondurularak kurutulmuş ve düşük frekans (20 kHz) uygulanan ürünlerin rehidre olma özelliklerinin daha yüksek olduğunu bildirilmiştir.

5. MATERYAL ve YÖNTEM

5.1 Materyal

Bu çal, mada materyal olarak seçilen bamya (*var. Hibiscus esculenta L.*) ve elma (*var. Granny Smith*) örnekleri Denizli piyasas,ndan temin edilmi tir. Örnekler kurutma denemelerinde kullan,lncaya dek polietilen torbalar içerisinde buzdolab,nda bekletilmi tir. Örneklerin ba lang,ç nem içeriklerinin hesaplanabilmesi için 105°C'de s,cakl,ktaki etüvde sabit tart,ma gelinceye kadar kurutulmu tur. Ba lang,ç nem içerikleri; taze ve her bir ön i lem i lem uygulamas,n,n ard,ndan ultrasese tabi tutulmu örnekler için ayr, ayr, belirlenmi tir.

5.2 Yöntem

5.2.1 Ultrases Ön i lemi

Ön i lemler; 1:4 (w/w) ürün/su oran,nda beher içerisinde 25°C'de saf su kullan,larak gerçekleştirilmi tir. Ön i lemler için bamya örneklerinin yaln,zca sap k,s,mlar, ayr,lm, , elma örneklerinin kabuklar, soyularak dört e it parçaya bölünmü tür. Ultrases uygulamas, Bandelin Sonopuls HD 2200 model ultrasese cihaz, ile TT 13 numaral, uç kullan,larak gerçekleştirilmi tir. Bamya ve elma örnekleri üç farklı süre ve iki farklı genlikte ultrasese tabi tutulmu tur (Tablo 5.1).

Örnekler ön i lem öncesinde ve sonras,nda tart,larak, ön i lem s,ras,ndaki kütle de i imleri hesaplanm, t,r.

Ön i lemler için kullan,lan saf suyun s,cakl, , ön i lem öncesinde ve sonunda ölçülerek ön i lem s,ras,nda meydana gelen s,cakl,k de i imi hesaplanm, t,r.

Tablo 5.1: Ultrasonik ön i lemin ko ullar,.

Süre (dakika)	Genlik (%)
10	100
20	100
20	55
30	100

5.2.2 Kurutma denemeleri

Ön i lemin ard,ndan kurutulacak olan bamy ve elma örnekleri 5 mm kal,nl, ,nda dilimlenmi tir. Her bir paralel için tepsilere 70 adet bamy, 24 adet elma dilimi tek s,ra tabaka olu turacak ekilde yerle tirilmi tir. Kurutma denemeleri, Yüceba Makine Tic. Ltd. ti. (zmir) taraf,ndan üretilip, bölüm laboratuvar,na kurulan tepsili kurutma kabininde iki ayr, s,cakl,кта (60 ve 70°C) gerçekte tirilmi tir. Kabin, kurutma denemelerine ba lamadan bir saat önce çal, t,r,lm, ve sabit rejime gelmesinin ard,ndan örnekler kabine yerle tirilmi tir. Kurutma süresince, ilk yar,m saat içinde her 5 dakikada bir, daha sonra her 30 dakikada bir örnekler sabit tart,ma gelinceye kadar tart,m al,nm, t,r. Kurutma denemeleri, 0.3 m/s hava h,z,nda ve % 13-15 ba ,l nem ortam,nda, 2 paralel ve 2 tekerrürlü olarak gerçekte tirilmi tir.

5.2.3 Büzü me oran, ve yo unluk fark,

Ultrasonik ön i lemin örneklerin büzü me oran, üzerine etkisinin belirlenmesi amac,yla; ön i lemin uygulanm, ve uygulanmam, bamy ve elma dilimlerinden be er adet seçilmi ve kurutma öncesinde ve sonrasında seçilen dilimlerin hacimleri ve yo unluklar, Micromeritics marka AccuPyc II 1340 model tam otomatik gaz piknometresi ile 2 paralel ve 2 tekerrürlü olarak ölçülmü tür.

5.2.4 Rehidrasyon denemeleri

Ultrasonik ön i lemin örneklerin su geri kazanım özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla; kurutulmuş bamy ve elma dilimleri beher içerisinde 1:50 (w/w) ürün/su oranında, 60°C'de su banyosunda rehidrasyon i lemine tabi tutulmuştur. Rehidrasyon süresince, ilk yarım saat içinde her 5 dakikada bir, daha sonra her 30 dakikada bir örneklerin su geri kazanım, duruncaya kadar tartım alınmıştır. Her tartım öncesinde örnekler 30 saniye süreyle süzümü ve fazla su peçete yardımıyla uzaklaştırıldıktan sonra tartım alınmıştır. Rehidrasyon denemeleri, 2 paralel ve 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

5.2.5 Su tutma kapasitesi

Rehidre edilmiş örneklerin su tutma kapasiteleri, 5°C ve 4000 rpm'de 10 dakika süreyle özel olarak tasarlanmış tüpler içinde santrifüj edilmesiyle belirlenmiştir. Santrifüj tüplerinin ortasına yerleştirilen elek teli sayesinde rehidre olan üründen suyun ayrılması mümkün olmuştur. Su tutma kapasitesi denemeleri, 2 paralel ve 2 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

5.2.6 Doku de i imlerinin incelenmesi

Kurutulmuş bamy ve elma örneklerinin mikro yapılarındaki de i imler FEI Quanta 250 FEG taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile gözlemlenmiştir.

5.3 Hesaplamalar

5.3.1 Nem içeri inin hesaplanmas,

Bamya ve elma örneklerinin ultrasonik ön i lemin ard,ndan kurutulmas, s,ras,nda, nem içeri i de eri a a ,daki gibi hesaplanm, t,r;

$$M_t = (m - KM) / KM \quad (3.1)$$

M_t herhangi bir t an,ndaki nem içeri i (g su / g kurumadde) iken, m örne in a ,rl, , (g), KM örne in içerdi i kuru madde miktar, (g) olarak tan,mlanm, t,r (Dadal,, 2007).

5.3.2 Kuruma h,z,n,n hesaplanmas,

Kuruma h,z,, nem içeri ine kar ,lk kuruma zaman, e rilerinin türevlerinin al,nmas, ile bulunmu tur. Kuruma h,z,n,n birimi g su / g kuru madde . dakød,r.

$$\text{Kuruma } H,z, = (M_{t+dt} - M_t) / dt \quad (3.2)$$

M_{t+dt} herhangi bir t+dt an,ndaki nem içeri i (g su / g kurumadde), M_t herhangi bir t an,ndaki nem içeri i (g su / g kurumadde), dt kuruma zaman, (dakika) olarak tan,mlanm, t,r (Demiray, 2009).

5.3.3 Nem oran,n,n hesaplanmas,

Nem oran, terimi birimsizdir ve Denklem 3.3 kullan,larak hesaplanm, t,r.

$$MR = (M - M_e) / ((M_0 - M_e)) \quad (3.3)$$

MR nem oran, (birimsiz), M herhangi bir t an,ndaki nem içeri i (g su / g kurumadde), M_e denge an,ndaki nem içeri i (g su / g kurumadde), M_0 ba lang,ç nem içeri i (g su / g kurumadde) olarak tan,mlanm, t,r (Kanta 2007, Kocayi it 2010).

G, dalar, n kurutulmas, s, ras, nda Me de eri di er nem içeri i de erlerinden çok küçük oldu u için MR hesaplan, rken, Me de eri s, f, r kabul edilebilmektedir (Dadal,, 2007).

5.3.4 Etkin difüzyon katsay, s, n, n hesaplanmas,

G, dalar, n ince tabaka ekleinde kurutulmas, s, ras, nda meydana gelen kütle transferinin önemli ölçütlerinden biri olan etkin difüzyon katsay, s, bamy ve elma numuneleri için, Fick'ın ikinci yasas, n, n uygun s, n, r ko ullarda dilim (kesit) kabulü yap, lmas, sonucu elde edilen Denklem 3.4 basitle tirilerek hesaplanm, t, r (Dadal,, 2007; Kocayi it, 2010, Sacilik ve ark, 2007).

$$MR = \frac{8}{\pi^2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(1+2n)^2} \exp\left(-\frac{(2n+1)^2 \pi^2 D_{eff} t}{4L^2}\right) \quad (3.4)$$

D_{eff} etkin difüzyon katsay, s, (m^2 /saat), L dilim kal, nl, , n, n yar, s, (merkezinden dilimin yüzeyine olan mesafe) (m) ve t kuruma zaman, (saat) olarak tan, mlanm, t, r (Sacilik ve ark, 2007).

Uzun kurutma süreleri için denklemin ilk terimleri çözüm için kullan, ld, , nda, Denklem 3.4 logaritmik formda yaz, l, r (Sacilik ve ark, 2007).

$$\ln MR = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2} t \quad (3.5)$$

DeneySEL MR de erlerinin do al logaritmas, na kar , l, k kuruma zaman, grafi i çizildi inde elde edilen do runun e iminden etkin difüzyon kaysay, s, hesaplan, r.

$$eğim = \frac{\pi^2 D_{eff}}{4L^2} \quad (3.6)$$

5.3.5 Büzü me oran,n,n hesaplanmas,

Büzü me oran, (S) terimi birimsizdir ve Denklem 3.7 kullan,arak hesaplanm, t,r.

$$S = [(V_0 - V_s) / V_0] \times 100 \quad (3.7)$$

S büzü me oran, (birimsiz), V_0 kurutma i leminden önceki örnek hacmi (cm^3), V_s kurutma i lemi sonundaki örnek hacmi (cm^3) olarak tan,mlanm, t,r (Deng ve Zhao, 2008).

5.3.6 Rehidrasyon oran,n,n hesaplanmas,

Rehidrasyon oran, birimsizdir ve Denklem 3.8 kullan,arak hesaplanm, t,r.

$$RR = M_0 / M_s \quad (3.8)$$

RR rehidrasyon oran, (birimsiz), M_0 rehidrasyon i leminden önceki örnek a ,rl, , (g), M_s rehidrasyon i lemi sonundaki örnek a ,rl, , (g) olarak tan,mlanm, t,r (Deng ve Zhao, 2008; Soria ve ark, 2010).

5.3.7 Su tutma kapasitesinin hesaplanmas,

Su tutma kapasitesi birimsizdir ve Denklem 3.9 kullan,arak hesaplanm, t,r.

$$WHC = [(M_r \cdot X_r \acute{o} M_s) / (M_r \cdot X_r)] \cdot 100 \quad (3.9)$$

WHC su tutma kapasitesi, M_r rehidrasyon i lemi sonundaki örnek a ,rl, , (g), M_s : Santrfüj i leminin sonundaki örnek a ,rl, , (g), X_r : Rehidre ürünün su içeri i (%) olarak tan,mlanm, t,r (Vega-Galvez ve ark., 2009).

5.4 Modelleme Çalışmaları,

5.4.1 Kurutma kinetiğine ait modelleme çalışmaları,

Kurutma işleminin nicel olarak anlaşılması, uygulama ve ekonomik açıdan önem taşımaktadır. Farklı koşullar altında elde edilen kurutma verilerinin matematiksel modellenmesi ve simülasyonu tüm işlemin kontrolü ve son ürünün kalitesinin arttırılmaya imkân sağlar. Kurutma işleminin simülasyonu ve dizaynı, kurutma kinetiği olarak da bilinen gıda, nem içeriğinde kurutma prosesi boyunca meydana gelen değişimin matematiksel tanımlanması, gerektirir. Modeller genellikle prosese dahil edilen değişkenlerin kurutma kinetiği üzerine etkisini belirlemek, işlem parametre ve koşullarını optimize etmek için kullanılır (Kanta 2007).

Bu çalışmada deneysel verilerin Lewis, Henderson Pabis, Page, Modifiye Page ve Logaritmik modellere uygunluğunu araştırılmıştır.

5.4.1.1 Lewis model

Lewis modeli Denklem 3.10'da sunulmuştur.

$$MR = \exp(-kt) \quad (3.10)$$

Burada k Kinetik sabit (1/dakika), t kuruma zamanı (dakika) olarak tanımlanmıştır (Dadal, 2007).

5.4.1.2 Henderson ve Pabis model

Henderson ve Pabis model Denklem 3.11'de sunulmuştur.

$$MR = a \exp(-kt) \quad (3.11)$$

Burada a modele ait katsay, (birimsiz), k kinetik sabit (1/dakika) ve t kuruma zaman, (dakika) olarak tan,mlanm, t,r (Gezer 2011).

5.4.1.3 Page model

Page model Denklem 3.12de sunulmu tur.

$$MR = \exp (-kt^n) \quad (3.12)$$

Burada k kinetik sabit (1/dakika), n modele ait katsay, ve t kuruma zaman, (dakika) olarak tan,mlanm, t,r (Özel, 2010).

5.4.1.4 Modifiye Page model

Modifiye Page model Denklem 3.13de sunulmu tur.

$$MR = \exp (-(kt)^n) \quad (3.13)$$

Burada k kinetik sabit (1/dakika), n modele ait katsay, ve t kuruma zaman, (dakika) olarak tan,mlanm, t,r (Kanta , 2007).

5.4.1.5 Logaritmik model

Logaritmik model Denklem 3.14de sunulmu tur.

$$MR = a \exp (-kt) + c \quad (3.14)$$

Burada a modele ait katsay, (birimsiz), c modele katsay, (birimsiz), k kinetik sabit (1/dak) ve t kuruma zaman, (dakika) olarak tan,mlanm, t,r (Kocayi it, 2007).

5.4.2 Rehidrasyon kineti ine ait modelleme çal, malar,

5.4.2.1 Peleg model

Peleg model Denklem 3.15de sunulmu tur.

$$M = M_0 + t/(k_1 + k_2t) \quad (3.15)$$

Burada M herhangi bir t an,ndaki nem içeri i (g su / g kurumadde), M_0 ba lang,ç nem içeri i (g su / g kurumadde), k_1 Peleg modele ait kinetik sabit (saat . g kurumadde / g su), k_2 Peleg modele ait kinetik sabit (g kurumadde / g su) ve t Rehidrasyon zaman, (saat) olarak tan,mlanm, t,r (Peleg, 1988; Turhan ve ark., 2002; Apar ve ark., 2008).

5.4.3 Regresyon Analizleri

Tahmini standat hata (RMSE) ve χ^2 de erleri denklem 3.16 ve 3.17 kullan,larak hesaplanm, t,r.

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (MR_{tahmini,i} - MR_{deneysel,i})^2 \right]^{1/2} \quad (3.16)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (MR_{deneysel,i} - MR_{tahmini,i})^2}{N - n} \quad (3.17)$$

Burada N deneysel veri say,s,, n kullan,lan modeldeki katsay,s, olarak tan,mlanm, t,r (Sacilik, 2007).

6. BULGULAR ve TARTI MA

6.1 Ultrasonik Ön İ lem S,ras,nda Meydana Gelen De ğ i mler

6.1.1 S,cakl,k De ğ i mi

Ultrasonik ön i lem beher içinde 1:4 (w/w) ürün/su oran,nda gerçekleştirilmi , ön i lem için kullan,lan saf suyun ba lang,ç s,cakl, , 25°C olarak ayarlanm, ve ön i lem sonunda tekrar ölçülen su s,cakl, , ile hesaplanan s,cakl,k de ğ i mi Tablo 6.1øde verilmi tir.

Ultras es uygulamas, ile ön i lem s,ras,nda kullan,lan saf suyun s,cakl, ,nda yükseli , ön i lem süresi ve genli ğ i artt,kça s,cakl,k de ğ i mi artm, t,r. Jambrak ve ark. (2007), mantar, brüksel lahanas, ve karnabahar sebzelerine 3 ve 10 dakika sürelerince 20 kHz frekansa sahip prob sistemiyle 150 ml saf su içinde gerçekleştirildikleri ultrasonik ön i lemde saf suyun s,cakl, ,nda s,ras,yla 7 ve 25°Cødik bir art, oldu unu belirtmi lerdir. Yap,lan bir ba ka çal, mada ise (Carcel ve ark., 2007), elmalar,n (Granny Smith) 30°Briks sükröz çözeltilisi içinde ultras es destekli kurutulmas, s,ras,nda akustik alan,n karakterize edilmesi amac,yla 90 saniye boyunca s,cakl,k de ğ i mi gözlenmi ve artan ultras es gücünde s,cakl,ktaki de ğ i minin de artt, ,, bu ölçümün ortama aktar,lan akustik enerjinin belirlenmesinde tek ba ,na yeterli olamayaca , ancak fikir verebilece ğ i bildirilmi tir.

Bu durumda ultrasonik ön i lem s,ras,nda saf suda meydana gelen s,cakl,k art, ,n,n ola an oldu u, artan ön i lem süre ve genliklerinde ortama aktar,lan akustik enerjinin intensitesinin artt, , sonucuna var,lm, t,r.

Tablo 6.1: Ultrasonik ön i lem s,ras,nda meydana gelen s,cakl,k de i imi

Ultrasonik Ön i lem Ko ullar,		T (°C)*	
Süre (dakika)	Genlik (%)	Bamya	Elma
10	100	41,50±0,75	29,75±0,50
20	100	50,50±0,25	50,00±0,83
20	55	39,88±0,13	29,00±0,82
30	100	56,63±0,38	56,50±1,29

*De er ± standart sapma olarak verilmi tir.

% 100 genlikte 20 ve 30 dakika sürelerinde uygulanan ultrasesin meydana getirdi i s,cakl,k art, , hem ko ullar hem de bamya ve elma örnekleri için birbirine yak,n seyretmi tir. Söz konusu s,cakl,k art, ,, 10 dakika % 100 genlik ve 20 dakika % 55 genlik ko ullar, için birbirine yak,n seyrederken, bu ko ullar için s,cakl,k art, ,n,n bamya örneklerinde elma örneklerine k,yasla daha fazla oldu u saptanm, t,r. Bu durumun ön i leme tabi tutulan örneklerdeki kütle farkl,l, ,ndan kaynakl, olabilece i sonucuna var,lm, t,r.

6.1.2 Kütle De i imi

Ön i lem öncesinde ve sonras,nda bamya ve elma örneklerinin tart,lmas, suretiyle belirlenen kütle de i imi de erleri Tablo 6.2'de verilmi tir.

Ultrasonik ön i lem sonucunda elma örneklerinin kütlelerinin azald, ,, bamya örneklerinin ise artt, , görülmü tür. Elma örneklerinde kütle kayb, artt,kça ba lang,ç nem içeri i azal,rken, bamya örneklerin kütle kazan,m, artt,kça ba lang,ç nem içeri i artm, t,r. Ultrasonik ön i lem süresi ve genli i artt,kça elmadaki kütle kayb,, bamyadaki kütle art, , yükselmi tir.

Tablo 6.2: Ultrasonik ön i lem s,ras,nda meydana gelen kütle de i imi

Ultrasonik Ön i lem Ko ullar,		Bamya*		Elma*	
Süre (dak)	Genlik (%)	Ba lang,ç Nem çeri i (g su / g kurumadde)	Kütle De i imi (%)	Ba lang,ç Nem çeri i (g su / g kurumadde)	Kütle De i imi (%)
-	-	6,0122±0,0000	-	5,7397±0,0000	-
10	100	6,2692±0,0000	4,3376±1,0207	7,1928±0,0000	-0,9560±0,0682
20	100	6,3795±0,0000	4,2491±1,5067	5,2510±0,0000	-3,1044±0,1402
20	55	6,3646±0,0000	3,3603±0,9824	7,2848±0,0000	-0,8005±0,0479
30	100	6,4448±0,0000	7,3157±0,8114	5,2079±0,0000	-3,3497±0,4378

*De er ± standart sapma olarak verilmi tir.

Fernandes ve ark. (2008^a) kavunun saf su içerisinde 20 ve 30 dakika süreleriyle ultrasese tabi tutulmas, sonucunda kavun örneklerinde s,ras,yla % $8,7 \pm 0,6$ ve % $7,7 \pm 2,3$ oran,nda kütle art, , (su kazan,m,) oldu unu bildirmi lerdir. Muz ile yap,lan bir ba ka çal, mada (Azoubel ve ark., 2010) ise 10, 20 ve 30 dakika sürelerince uygulanan ultrases ile s,ras,yla % 2,32, % 3,47 ve % 4,20 oran,nda su kazan,m, oldu unu bildirilmi tir. Fernandes ve ark. (2009); ananas ile yapt,klar, çal, mada 10, 20 ve 30 dakika sürelerince uygulanan ultrases ile s,ras,yla % $3,2 \pm 0,6$, % $2,1 \pm 0,6$ ve % $3,1 \pm 0,8$ oran,nda su kayb,na neden oldu u ve bu kayb,n ultrases dalgalar,n,n meydana getirdi i sünger etkisi (genle me ve s,k,la ma) sonucunda gerçekte mi olabilece i belirtmi tir. Papaya ile yap,lan bir ba ka çal, mada da (Fernandes ve ark., 2008^b) örneklerin ultrases etkisiyle % 3,15 ile % 11,92 oran,nda su kazand,klar,n, bildirilmi lerdir. Su kazan,m,n,n gerçekte ti i çal, malarda çözünür kuru madde kayb,n,n, ekseriyetle eker kayb,n,n, oldu u vurgulanm, t,r.

Ultrases ön i lemi ile su kayb, ve kazan,m,n,n ürün yap,s,na ve ürünün eker oran,na ba l, olarak gerçekte mesi mümkündür. Bu nedenle elma örneklerinde gerçekte en kütle kayb,n,n konsantrasyon fark,na ba l, olarak ortama eker verilmesi ve su al,nmas, sonucu gerçekte me ihtimali vard,r. Bamya örneklerinde görülen kütle

(su) kazan,m,n,n ise örne in gözenekli yap,s,nda kaynaklanabilece i ayr,ca bamyana,n yap,s,nda bulunan yap, kan sümüksü musilaj ad,ndaki polisakkarit yap,daki maddenin su ile kollodial çözelti olu turmaya gösterdi i e ilimin su kazan,m,nda etkin olabilece i dü ünülmü tür.

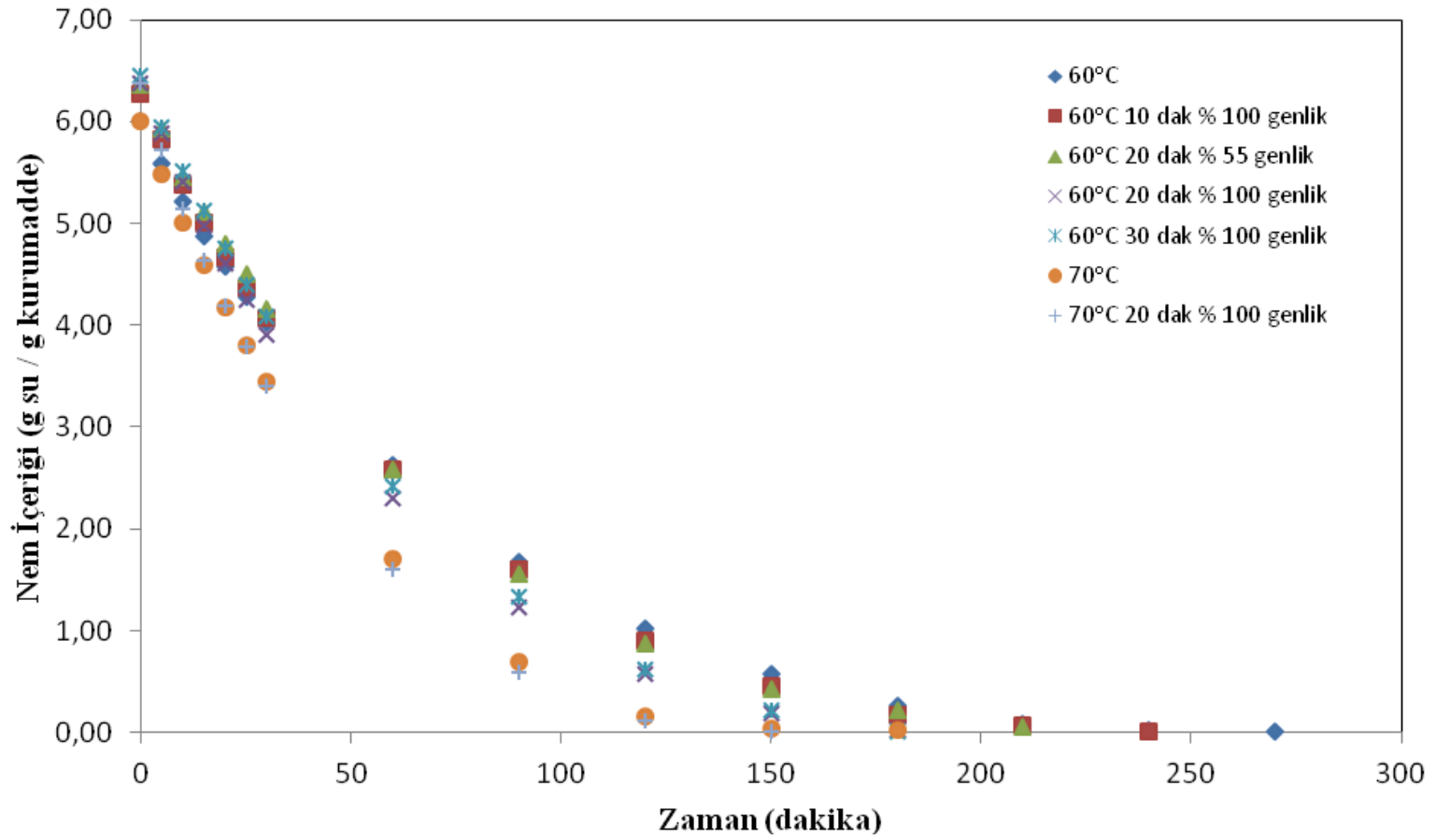
6.2 Ultrasonik Ön İlemin Bamyaya Örneklerinin Kurutulmas, Üzerindeki Etkisi

6.2.1 Nem içeri i de i imi

Bu çal, mada kullan,lan ön i lem uygulanmam, bamyaya örne inin ba lang,ç ortalama nem içeri i $M_0 = 6,01$ g su/g kurumadde olarak hesaplanm, t,r. Ultrasonik ön i lem uygulanan örneklerin ba lang,ç ortalama nem içeriklerinin 6,27 ile 6,44 g su/g kurumadde aras,nda de i ti i belirlenmi tir. Ultrasonik ön i lemin nem içeri i de i imi üzerine etkisini incelemek için; farkl, süre ve genliklerde ultrasese tabi tutulduktan sonra kurutulan bamyaya örne inin nem içeri i de i imi için elde edilen de erler ekil 6.1'de verilmi tir.

60°C s,cakl,ta ön i lem uygulanmam, bamyaya örne inde nem içeri i 6,01'den 0,1 g su/g kurumadde de erine 210 dakika içinde dü erken, 20 dakika boyunca % 100 genlikte ultrasese tabi tutulmu bamyaya örne inde nem içeri i 6,38'den 0,19 g su/g kurumadde de erine 150 dakika içinde gelmi tir. Ayr,ca 20 dakika süreyle % 55 ve % 100 genliklerde ultrasese tabi tutulmu bamyaya örne inde nem içeri i 120 dakika sonunda s,ras,yla; 6,36'dan 0,88 g su/g kurumadde ve 6,38'den 0,57 g su/g kurumadde de erine dü mü tür (ekil 6.1).

Ultrases genli inin % 55'den % 100'e yükselmesiyle ile kuruma süresi k,salm, t,r. Ultrases ön i lemi, 60°C'de kurutulan örnekler içinde % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu bamyalarda en h,zl, kuruma gerçekle mi tir. Rodrigues ve ark. (2009), sapota meyvesinin 10, 20, 30 dakika sürelerince ultrasese tabi tutulduktan sonra 60°C s,cak hava ile kurutuldu u çal, malar,nda en yüksek kuruma h,z,n,n 20 dakikal,k ultrases uygulamas, ile elde edildi ini bildirmi lerdir.



ekil 6.1: Farklı koşullarda ultrasonik ön i leme tabii tutulmuş bamyaya örneklerinin nem içeriğinin kuruma zamanı ile de i imi

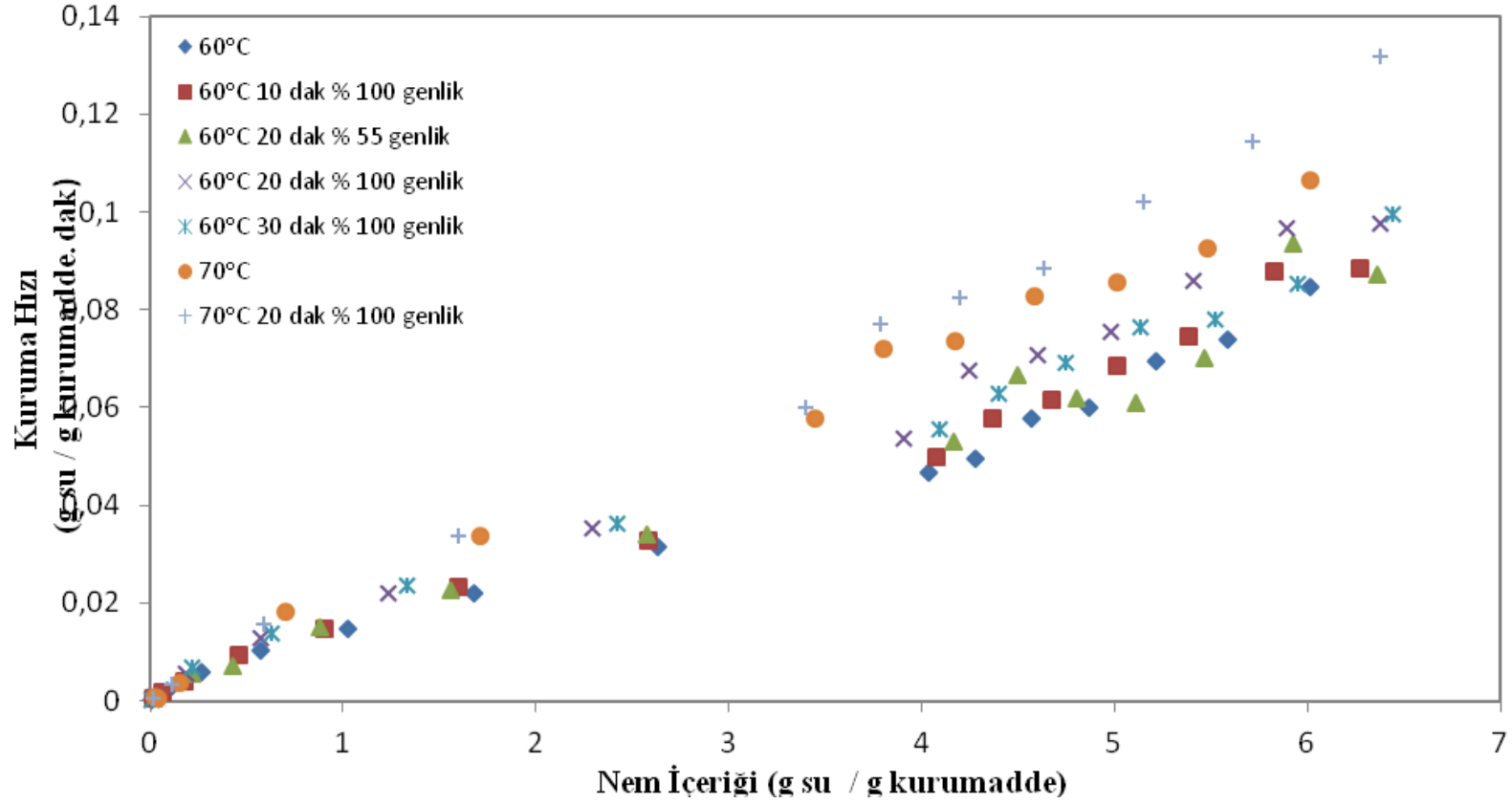
6.2.2 Kuruma H,z, De i imi

Ultrasonik ön i lemin nem içeri i de i imi üzerine etkisini incelemek için; farklı süre ve genliklerde ultrasese tabi tutulduktan sonra kurutulan bamy örneklerinin kuruma h,zlar, Denklem 3.2'den hesaplanm, ve bu de erler ekil 6.2'de verilmi tir.

Bamy örneklerinin kurutulmas, s,ras,nda sadece azalan h,zda kuruma periyodunda gerçekte mi tir. Çal, ma sonuçlar,na benzer olarak Doymaz (2005) ve Gö ü ve Maskan (1999) bamy, n s,cak hava ile kurtulmas, üzerine yapt,klar, çal, malar,nda bamy, n kurutulmas, s,ras,nda sabit h,zda kuruma periyodunun gözlemlenmedi ini yaln,zca azalan h,zda kuruma periyodunun gerçekte ti ini belirtmi lerdir. Bu çal, malarda azalan h,zda kuruma periyodunu iki a amaya ay,rman, n mümkün oldu u söylenmi olsa da mevcut çal, man, n sonuçlar, aç,s,ndan böyle bir ayr,m mümkün de ildir.

Ön i lem ko ullar,na ba l, olarak kurutma h,zlar, aras,nda ciddi farklılıklar saptanm, t,r, nem içeri inin azalması,na ba l, olarak da kuruma h,zlar, aras,ndaki farklar azalm, t,r ve 2 g su/g kurumadde de erinden daha dü ük nem içeriklerinde fark s,f,ra yakla m, t,r.

En yüksek kuruma h,zlar,, 70°C'de 20 dakika süreyle % 100 genlikte ultrasese tabi tutulmu bamy örneklerinde tespit edilmi tir. 60°C'de kurutulan örnekler için ise 20 dakika süreyle % 100 genlikte ultrasese tabi tutulmu örne in kuruma h,zlar, n, n ayn, s,cakl, kta kurutulan di er örneklerden yüksek oldu u saptanm, t,r.



ekil 6.2: Farklı koşullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş bamyâ örneklerine ait kuruma hızları, nem içeriği ile de i imi

6.2.3 Kurutma kineti inin modellenmesi

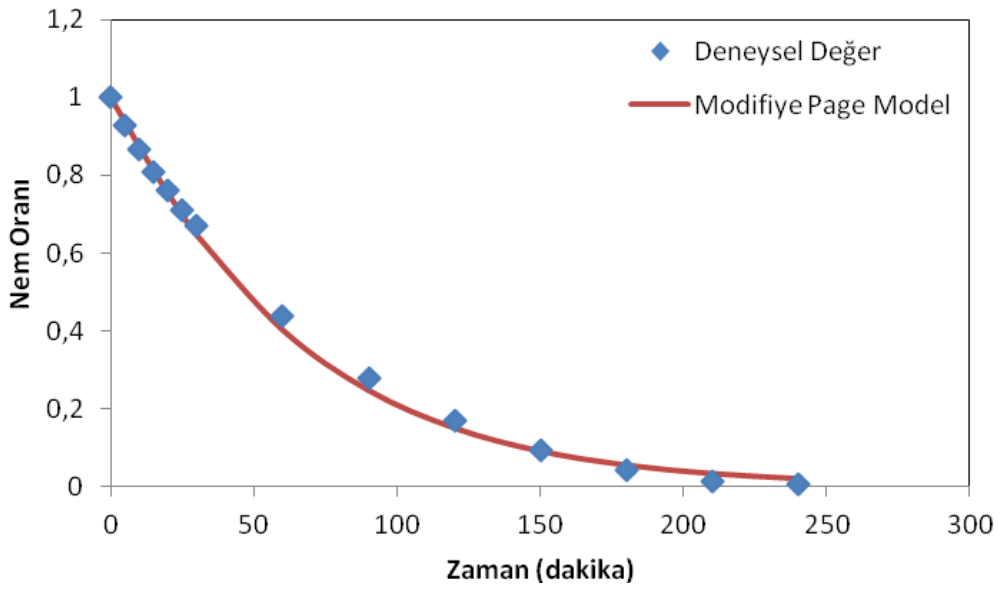
Farklı koşullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş bamy örneklerinin tepsili kurutma f,r,n,nda kurutulması, s,ras,nda elde edilen nem oran, de erlerinin kuruma zaman, ile de i imini içeren deneysel veriler be ayr, ince tabaka kurutma modeli ile modellenmiştir. Matematiksel modellere ait katsayı, ve sabitleri ile istatistiksel veriler Tablo 6.3 - 6.9'da verilmiştir. Elde edilen verilerden, yüksek R^2 ve düşük RMSE ile χ^2 de erlerine sahip Page ve Modifiye Page modelin bamy örne inin kineti ini açıklayan en iyi modeller olduğu saptanmıştır. Kurutmanın gerçekleştiği her bir koşul için nem oranlar, de erlerinin kuruma zaman, ile de i imi için elde edilen deneysel de erler ile kullanılan Modifiye Page modelden elde edilen de erlerin karşılaştırılması, içeren grafiksel gösterim ekil 6.3 - 6.9'da verilmiştir.

Modifiye Page modele ait kinetik sabitin (k) de erinin 60°C'de kurulan örnekler için ultrasonik ön i lem süresi arttıkça 0,0153 dak⁻¹ de erinden 0,0187 dak⁻¹ de erine arttı, ,, Page model için bu de erin önemli bir de i iklik göstermediği saptanmıştır. Diğer yandan, 60°C'de kurutulmuş ve 20 dakika süreyle % 55 ve % 100 genlikte ultrasese tabi tutulmuş bamy örneklerinin kinetik de erleri s,ras,yla 0,0162 dak⁻¹ ve 0,0187 dak⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Page ve Modifiye Page modele ait diğer bir sabit olan n de eri 1,0624 - 1,1763 de erleri arasında de i miştir (Tablo 6.3 - 6.9).

Bamy örneklerinin kuruma kineti ini en iyi açıklayan model olduğu dü ünülen Page ve Modifiye Page modeller, literatürdeki geçmiş çal, malar incelendi inde benzer şekilde en uyumlu sonuçlar, vermiştir. Doymaz (2005), bamy,ın sıcak hava ile kurutulması, üzerine yapt, , çal, mas,nda Page modelin; Sobukola (2009) farklı, ön i lemlerin bamy,ın sıcak hava ile kurutulması, üzerine etkisini incelediği çal, mas,nda Page ve Modifiye Page modellerin en uyumlu sonuçlar, verdi ini bildirmiştir. Bunlar,ın yanı sıra ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş muzun ak, kan yatak bir kurutucuda kurutulması, üzerine yapt, lan bir çal, mada, muzun kuruma kineti ini en iyi açıklayan modelin Page model olduğu belirtilmiştir (Azoubel, 2010),.

Tablo 6.3: 60°C'de kurutulan ön i lemsiz bamyâ örne ine ait model sabitleri ile istatistiksel de erler.

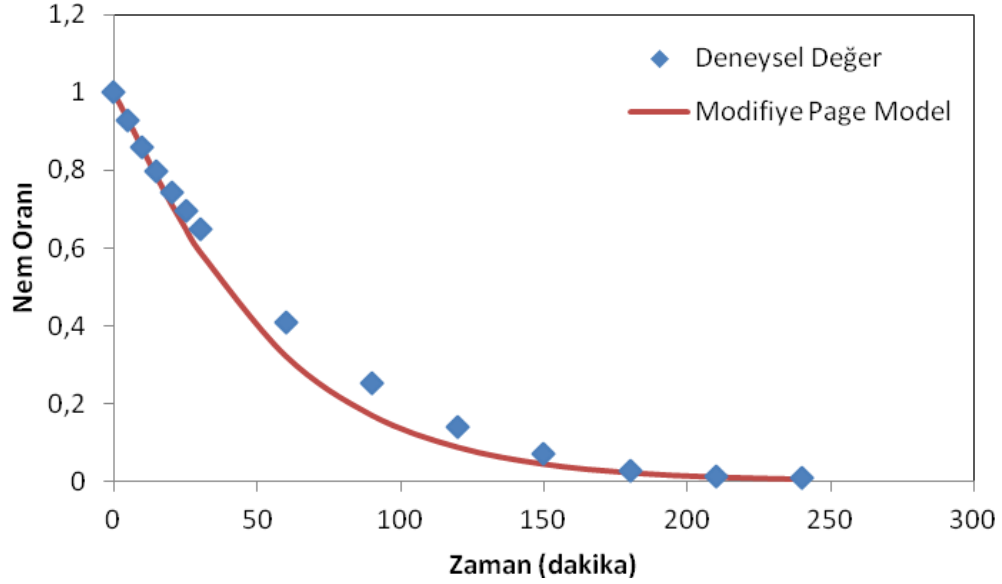
Modeller	Model Katsay,lar,	R ²	RMSE	²
Lewis Model	k = 0,0143	0,9292	0,004737	0,000338
Henderson ve Pabis Model	a = 1,2883 k = 0,0159	0,9460	0,040815	0,027210
Page Model	k = 0,0118 n = 1,0624	0,9947	0,004609	0,000347
Modifiye Page Model	k = 0,0153 n = 1,0624	0,9947	0,004609	0,000347
Logaritmik Model	a = 1,0800 k = 0,0172 c = 0,0068	0,9859	0,010473	0,001955



ekil 6.3 : 60°C'de kurutulan ön i lemsiz bamyâ örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi

Tablo 6.4: % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan bamya örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.

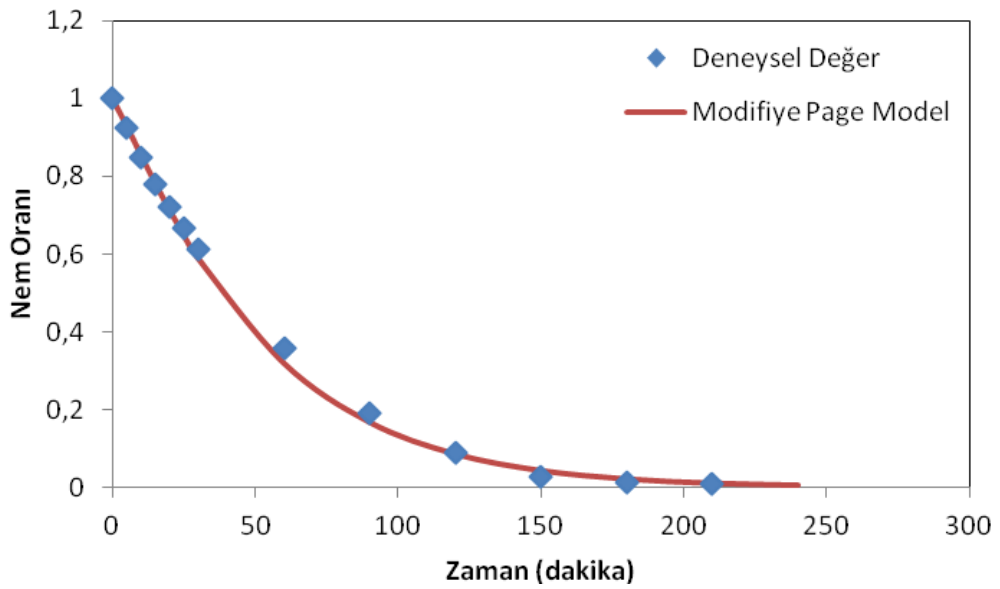
Modeller	Model Katsayılar,	R ²	RMSE	s ²
Lewis Model	k = 0,0187	0,9815	0,012207	0,002247
Henderson ve Pabis Model	a = 1,1416 k = 0,0197	0,9860	0,015822	0,004089
Page Model	k = 0,0122 n = 1,1073	0,9965	0,011010	0,001980
Modifiye Page Model	k = 0,0186 n = 1,1073	0,9965	0,011010	0,001980
Logaritmik Model	a = 1,0509 k = 0,0176 c = 0,0078	0,9927	0,007225	0,000930



Şekil 6.4 : % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan bamya örneğine ait deneysel nem oranları, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranları, zamanla değişimi

Tablo 6.5: % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan bamya örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.

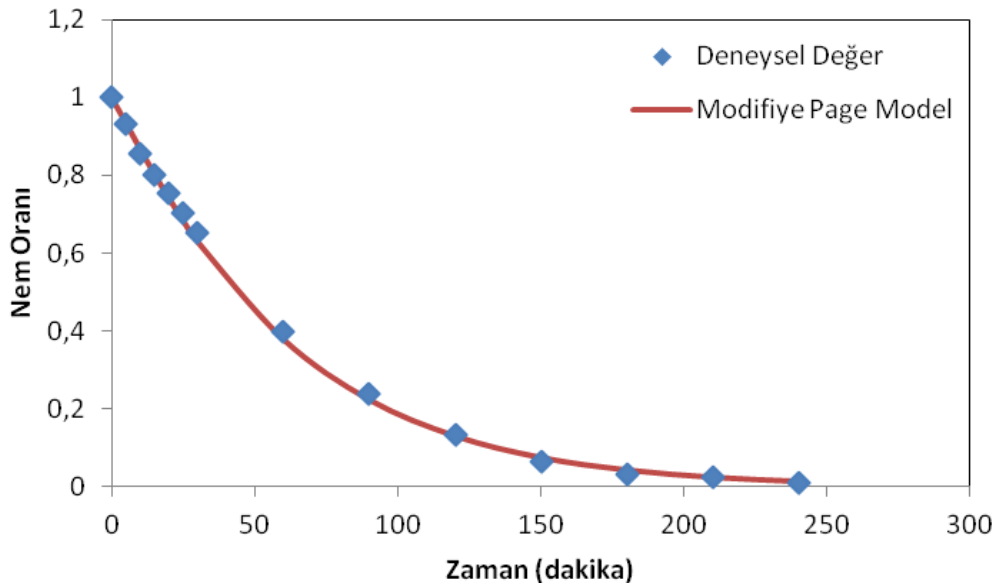
Modeller	Model Katsayıları,	R ²	RMSE	s ²
Lewis Model	k = 0,0220	0,9863	0,015743	0,003491
Henderson ve Pabis Model	a = 1,1564 k = 0,0231	0,9903	0,017419	0,004662
Page Model	k = 0,0122 n = 1,1088	0,9969	0,004573	0,000321
Modifiye Page Model	k = 0,0187 n = 1,1116	0,9969	0,004573	0,000321
Logaritmik Model	a = 1,2968 k = 0,0278 c = 0,0097	0,959	0,033399	0,018851



Şekil 6.5 : % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan bamya örneğine ait deneysel nem oranları, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranları, n, n zamana bağlı olarak değişimi

Tablo 6.6: % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan bamyaya örneklerine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.

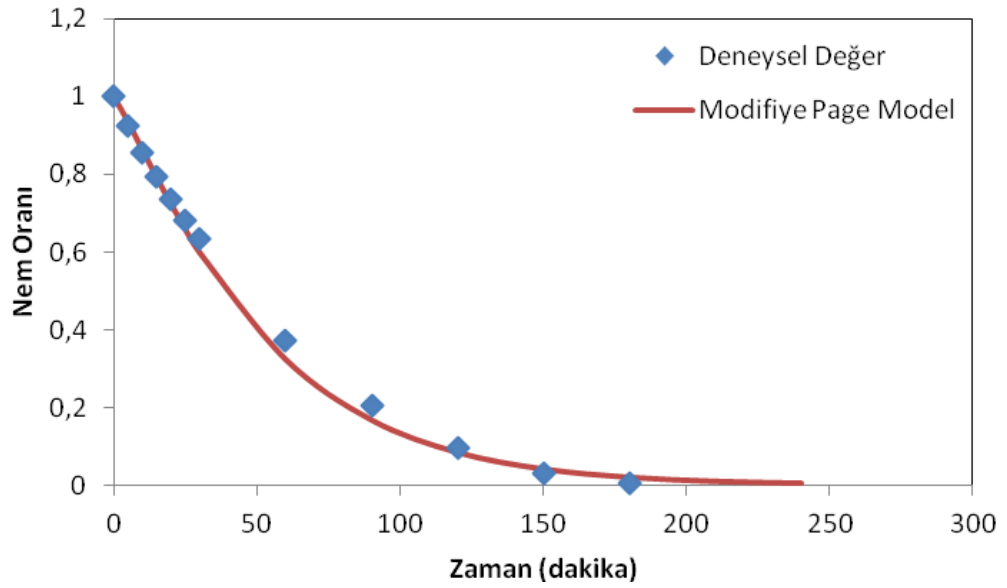
Modeller	Model Katsayıları,	R ²	RMSE	s ²
Lewis Model	k = 0,0179	0,9933	0,009781	0,001442
Henderson ve Pabis Model	a = 1,0868 k = 0,0185	0,9954	0,009619	0,001511
Page Model	k = 0,0121 n = 1,0700	0,9977	0,003285	0,000173
Modifiye Page Model	k = 0,0162 n = 1,0700	0,9977	0,003285	0,000173
Logaritmik Model	a = 1,0326 k = 0,0173 c = 0,0112	0,9962	0,005989	0,000639



Şekil 6.6 : % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan bamyaya örneklerine ait deneysel nem oranları, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranları, n, n zamana bağlı değişimi

Tablo 6.7: % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan bamya örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.

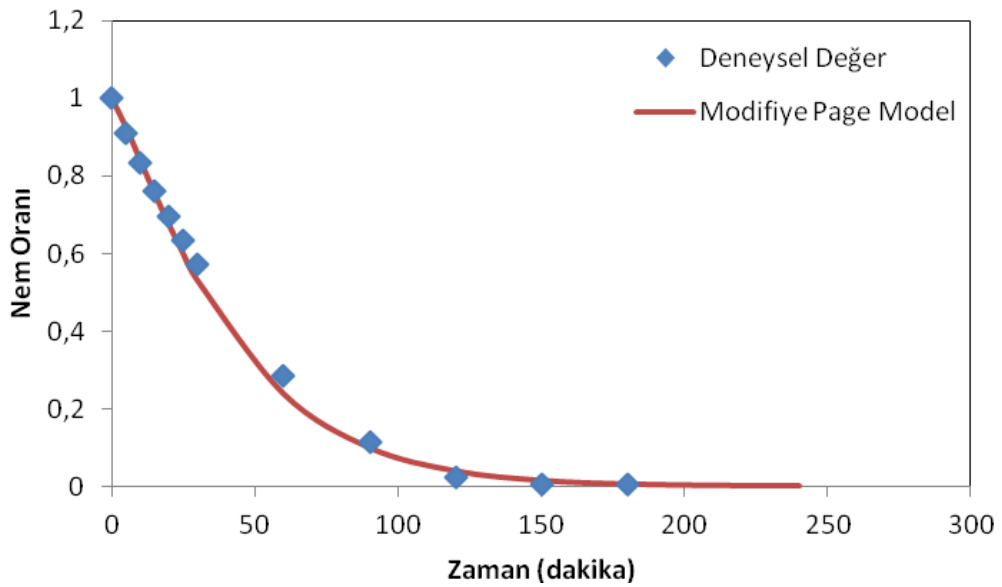
Modeller	Model Katsayıları,	R ²	RMSE	s ²
Lewis Model	k = 0,0237	0,9371	0,021567	0,007013
Henderson ve Pabis Model	a = 1,2896 k = 0,0259	0,9503	0,029830	0,014534
Page Model	k = 0,0122 n = 1,0922	0,9947	0,004430	0,000320
Modifiye Page Model	k = 0,0177 n = 1,0922	0,9947	0,004430	0,000320
Logaritmik Model	a = 1,0662 k = 0,0191 c = 0,0053	0,9923	0,008517	0,001293



Şekil 6.7 : % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan bamya örneğine ait deneysel nem oranları, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranları, zamanla değişimi

Tablo 6.8: 70°C'de kurutulan ön i lemsiz bamya örne ine ait model sabitleri ile istatistiksel de erler.

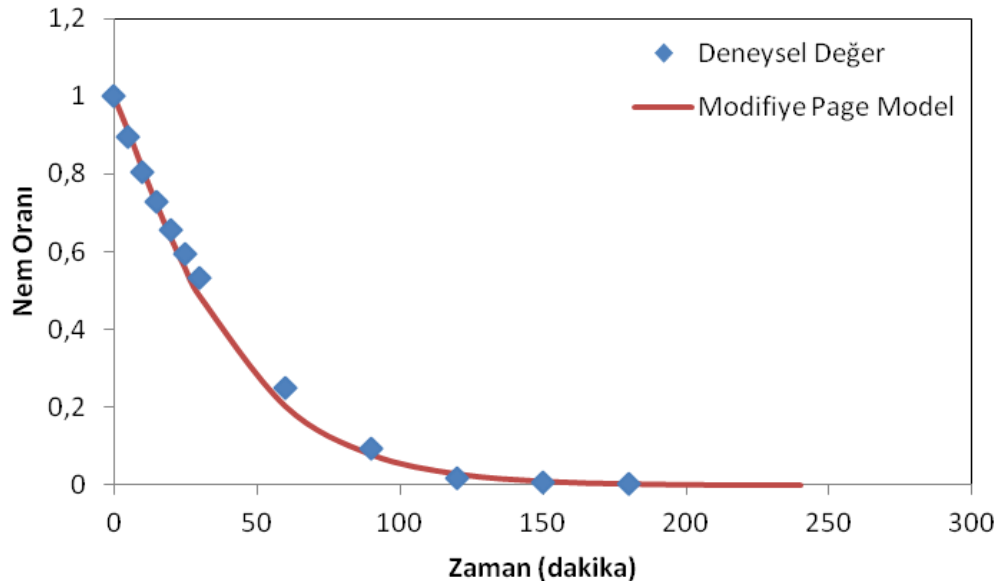
Modeller	Model Katsay,lar,	R ²	RMSE	²
Lewis Model	k = 0,0319	0,9751	0,027970	0,010242
Henderson ve Pabis Model	a = 1,2636 k = 0,0338	0,9819	0,032407	0,015123
Page Model	k = 0,0116 n = 1,1763	0,9926	0,006659	0,000639
Modifiye Page Model	k = 0,0226 n = 1,1763	0,9926	0,006659	0,000639
Logaritmik Model	a = 1,2192 k = 0,0300 c = 0,0044	0,9624	0,0025319	0,010257



ekil 6.8 : 70°C'de kurutulan bamya örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi

Tablo 6.9: % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 70°C'de kurutulan bamya örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.

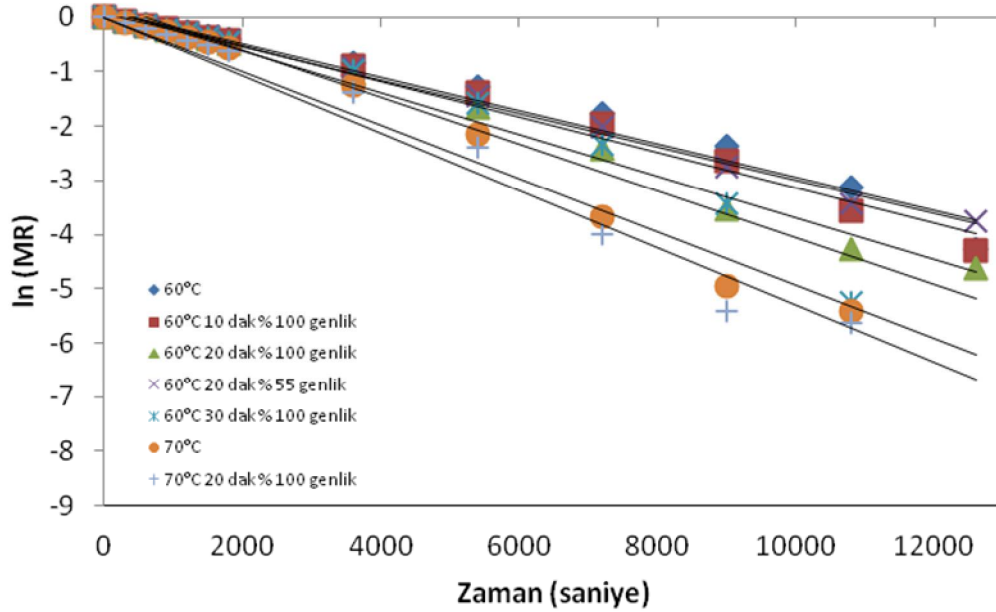
Modeller	Model Katsayıları,	R ²	RMSE	s ²
Lewis Model	k = 0,0319	0,9751	0,025025	0,008198
Henderson ve Pabis Model	a = 1,2636 k = 0,0338	0,9819	0,029472	0,001250
Page Model	k = 0,0146 n = 1,1461	0,9926	0,006737	0,000653
Modifiye Page Model	k = 0,0250 n = 1,1461	0,9926	0,006737	0,000653
Logaritmik Model	a = 1,2278 k = 0,0330 c = 0,0036	0,9639	0,0026019	0,010832



Şekil 6.9 : % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 70°C'de kurutulan bamya örneğine ait deneysel nem oranları, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranları, zamanla değişimi

6.2.4 Etkin difüzyon katsay,s,

Etkin difüzyon katsay,s, dilim kabulü yap,lan bamy için Denkle 3.5øde verilen do rusal denklemin e iminden hesaplanm, t,r (ekil 6.10). Bamy örneklrine ait etkin difüzyon katsay,lar, Tablo 6.10øda verilmi tir.



ekil 6.10: Farkl, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmu bamy örneklrinin ln(MR) de erlerinin kuruma zaman, ile de i imi

Tablo 6.10: Farkl, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmu bamy örneklrine ait etkin difüzyon katsay,s, de erleri

Ön leme Ko ullar,		Kuruma S,cakl, , (°C)	$D_{eff} * 10^8$ (m ² /s)
Süre (dakika)	Genlik (%)		
-	-	60	3,62
10	100	60	4,74
20	100	60	5,57
20	55	60	4,53
30	100	60	6,00
-	-	70	7,52
20	100	70	8,08

Ultrases uygulama süresi ve genli i artt,kça, etkin difüzyon katsay,s, de erleri de artm, t,r. Etkin difüzyon katsay,s,; 60°Cøde kurutulan örnekler için 3,62-6,00×10⁻⁸, 70°Cøde kurutulan örnekler için 7,52-8,08×10⁻⁸ aras,nda de i mi tir. Ayr,ca 60°Cøde kurutulan örnekler için % 100 genlikte 10, 20 ve 30 dakika süreleri için etkin difüzyon katsay,s,nda s,ras,yla, % 30,94, % 53,87 ve % 65,75 oran,nda yükselme gerçekleşle mi tir.

Literatürdeki çal, malar da ultrases enerjisinin meyve ve sebzelerin s,cak hava ile kurutulmas, esnas,ndaki su difüzyon katsay,n, artt,rd, , yönündedir. Etkin difüzyon katsay,s,n,n 20 dakikal,k ultrases uygulamas, ile papaya için % 28,8, 30 dakikal,k ulltrases uygulmas, ile ananas için % 21,52 oran,nda artt, , bildirilmi tir (Fernandes ve ark., 2008; Fernandes ve ark., 2009). Bunun yan,nda s,cak hava ile e zamanl, uygulanan ultrasesin de etkin difüzyon katsay,s,n, artt,rd, , yönünde yap,lan çal, malar vard,r. Örne in Ouzuna ve ark. (2001) patates küplerinin ultrases destekli s,cak hava ile kurutulmas, s,ras,nda kontrol örneklerine göre etkin difüzyon katsay,s,n,n % 64 oran,nda artt, ,n, raporlam, t,rlar.

6.2.5 Ultrasonik Ön i lemin Bamya Örneklerinin Büzü me Oran, De erine Etkisi

Bamya dilimlerinin büzü me katsay,lar, Tablo 6.11øde verilmi tir. En büyük büzü me oran,l de eri 60°Cøde ön i lemsiz kurutulmu bamya örne inde % 93,21 gerçekleşle mi tir. Artan ön i lem sürelerinde ve azalan genlik oranlar,nda bamya örneklerinde büzü menin artt, , görülmü tür (Tablo 6.11).

Tablo 6.11: Farkl, ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmu bamya örneklerinin büzü me oran, de erleri.

Ön i lem Ko ullar,		Kuruma S,cakl, , (°C)	Büzü me Oran,* (%)
Süre (dakika)	Genlik (%)		
-	-	60	93,21±0,82
10	100	60	87,85±0,42
20	100	60	89,25±1,32
20	55	60	90,82±1,87
30	100	60	90,06±0,70
-	-	70	88,25±0,41
20	100	70	90,08±0,89

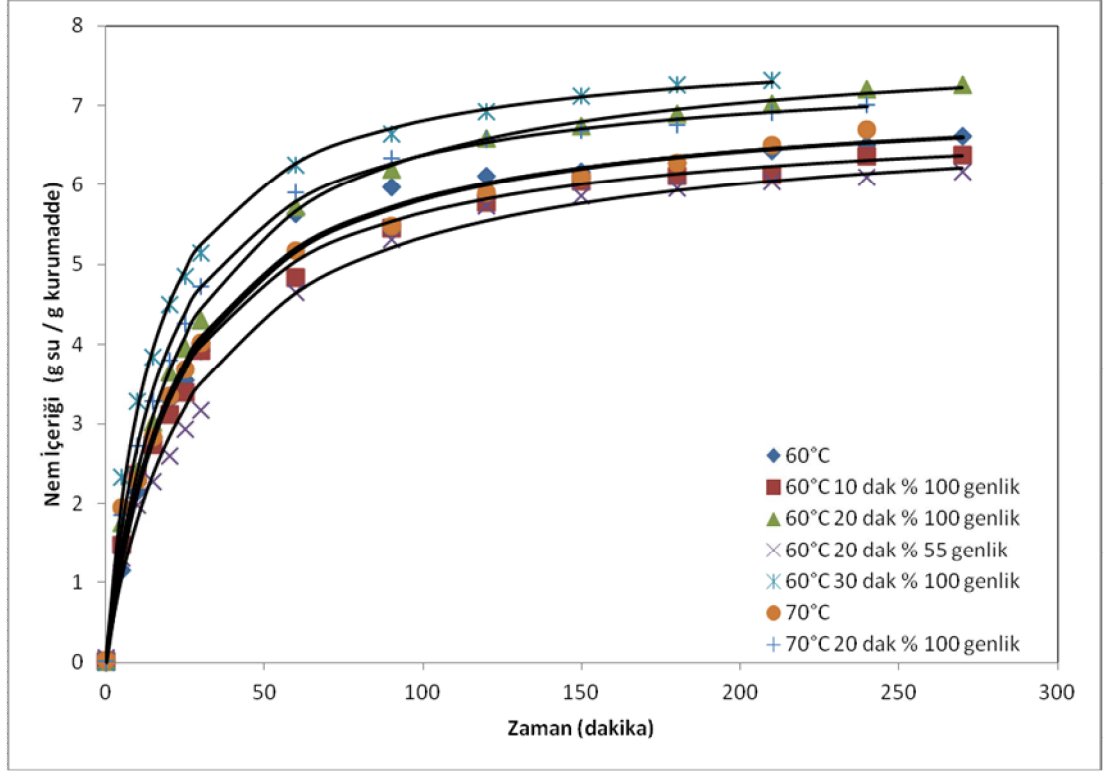
*De er ± standart sapma olarak verilmi tir.

6.2.6 Ultrasonik Ön İlemin Bamya Örneklerinin Rehidrasyonu Üzerindeki Etkisi

6.2.6.1 Nem İçeri İde İmi

Rehidre edilen ön ilem uygulanmam, kuru bamya örneğinin ba lang,ç ortalama nem içeriği 0,007 g su/g kurumadde olarak hesaplanmı, t,r. Ultrasonik ön ilem uygulanan kuru örneklerin ba lang,ç ortalama nem içeriklerinin 0,006 ile 0.053 g su/g kurumadde aras,nda de ği ti ği görülmü tür. Ultrasonik ön ilemin rehidrasyon süresince nem içeriği de ği mi üzerine etkisini incelemek için; farklı süre ve genliklerde ultrasese tabi tutulduktan sonra kurutulan bamya örnekleri 60°C s,ca kl, kta 1:50 (w/w) kuru ürün/su oran,nda rehidrasyon ilemi s,ras,ndaki nem içeriği de ği mi için elde edilen de ğerler ekil 6.11de verilmi tir.

60°C s,ca kl, kta ön ilem uygulanm, örneklerde ultrases uygulama süresi ve genli ği artt,kça bamya örneğinin nem içeriği daha h,zl, bir ekilde artmakta ve son nem içeri ğine daha k,sa sürede ula maktadır. % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmu kuru bamya örneğinin nem içeriği 0,006dan 7.309 g su/g kurumaddeye 210 dakikada ula rken, 20 dakikal,k % 100 genlikte ultrases uygulamas,yla 0,022den 7,259 g su/g kurumaddeye 270 dakika ula abilmi tir. Örneklerin rehidrasyon sonrası, nem içerikleri ile taze haldeki nem içerikleri kıyasland, ,nda örneklerin hepsi taze haldeki nem içeriklerinin % 101 ile % 114 oranlar,nda üstüne ç,km, t,r (ekil 6.11).

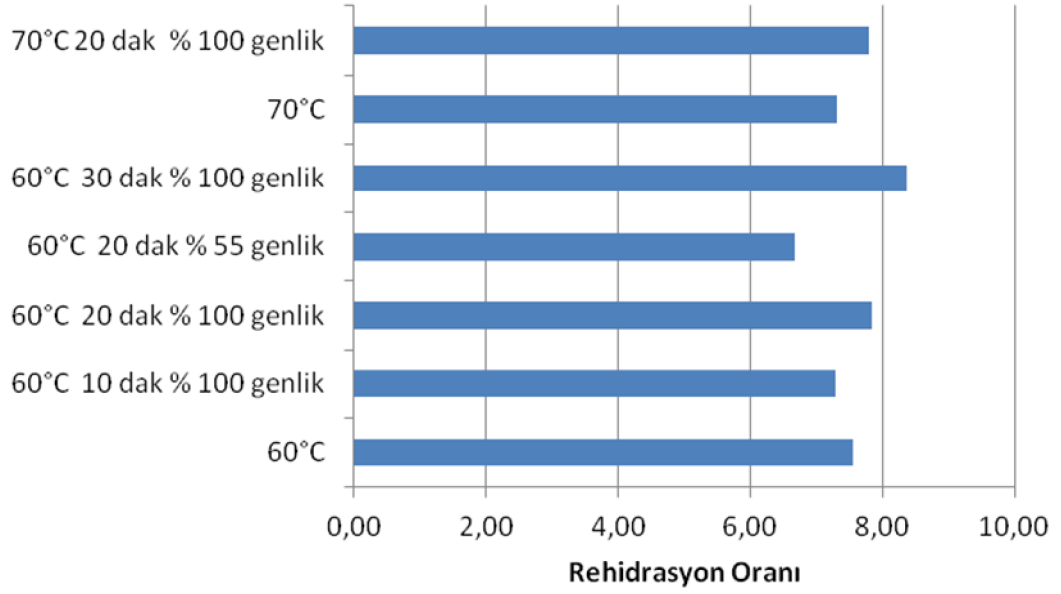


ekil 6.11 : Farklı ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş bamyâ örneklerinin nem içeri inin rehidrasyon zaman, ile de i imi

6.2.6.2 Rehidrasyon oran, ve su tutma kapasitesi

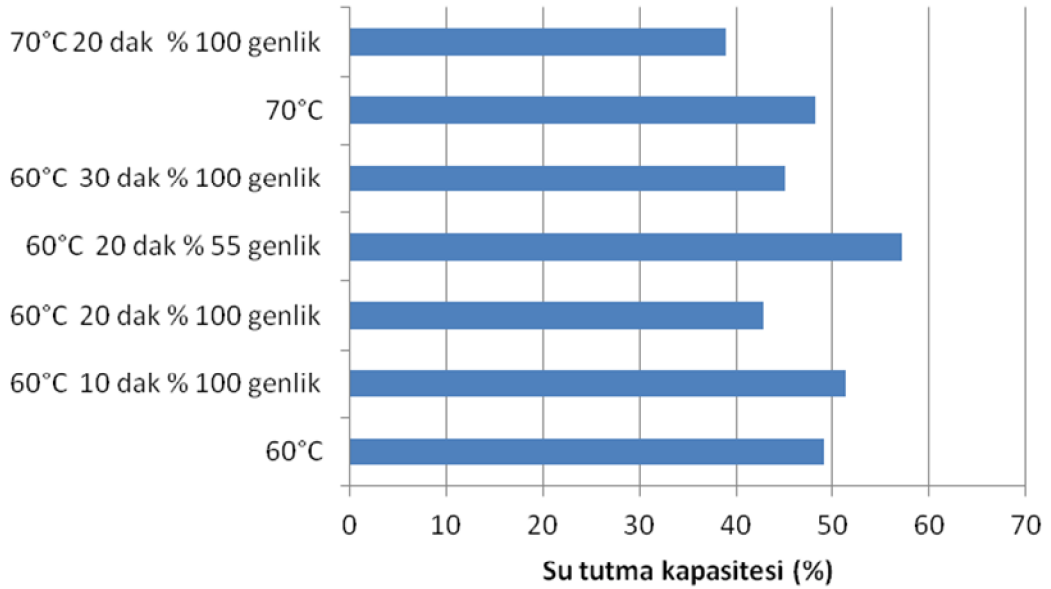
Rehidrasyon oran, ve su tutma kapasitesi Denklem 3.8 ve Denklem 3.9 kullan,ılarak hesaplanm, t,r. Bamyâ örneklerinin rehidrasyonun 210. dakikas,ndaki rehidrasyon oranlar, ekil 6.12de verilmi tir.

En yüksek rehidrasyon oran, 8,37 ile 30 dakika süreyle % 100 genlikte ultrasese tabi tutularak 60°Cde kurutulmuş bamyâ örne ine ait iken en dü ük rehidrasyon oran, 7,02 ile 20 dakika süreyle % 55 genlikte ultrasese tabi tutularak 60°Cde kurutulmuş bamyâ örne ine aittir. Bu oran,n s,ras,yla; 60°C ve 70°Cde ön i lem uygulanmadan kurutulmuş örnekler için 7,56 ve 7,30, 20 dakika süreyle % 100 genlikte ultrasese tabi tutulmuş örnekler için 7,84 ve 7,78 oldu u tespit edilmi tir (ekil 6.12).



ekil 6.12 : Farklı ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş bamyâ örneklerinin 60°C ve 210. dakika sonundaki rehidrasyon oran, de erleri

Di er taraftan örneklerin rehidrasyon süresince bünyelerine aldıkları, suyun ne kadar, n, bünyelerinde tutabildi i yani su tutma kapasiteleri ekil 6.13'de grafiksel olarak sunulmu tur.



ekil 6.13 : Farklı ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş bamyâ örneklerinin su tutma kapasiteleri

Kazanılan su oranı arttıkça su tutma kapasitesi düşmektedir. Bu durumda en yüksek su tutma kapasitesi % 57,27 ile % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabii tutulmuş bamyada örnekte gerçekleşmiştir (ekil 6.13).

6.2.7 Rehidrasyon kinetiğinin modellenmesi

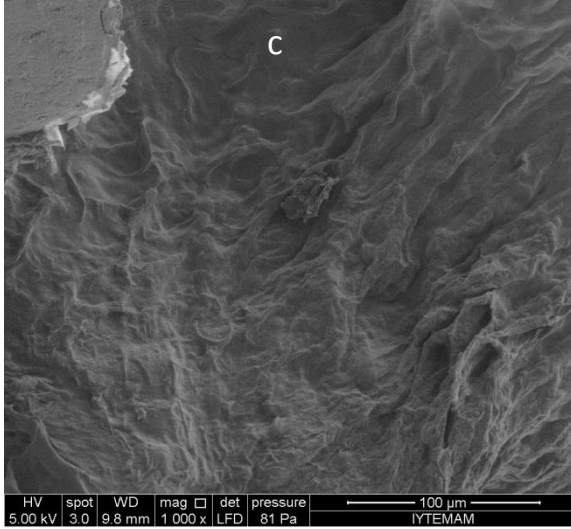
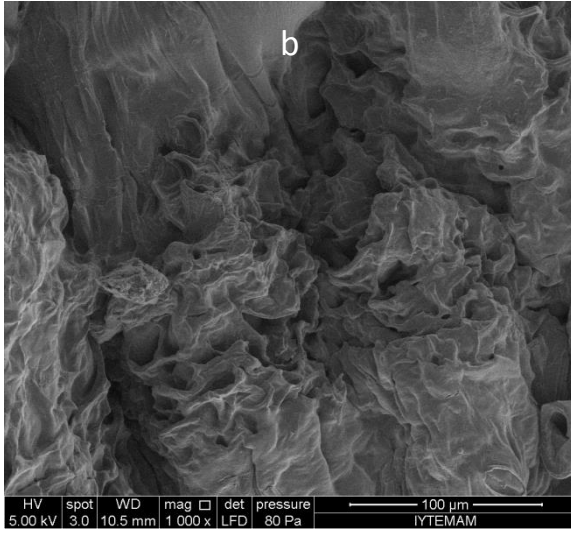
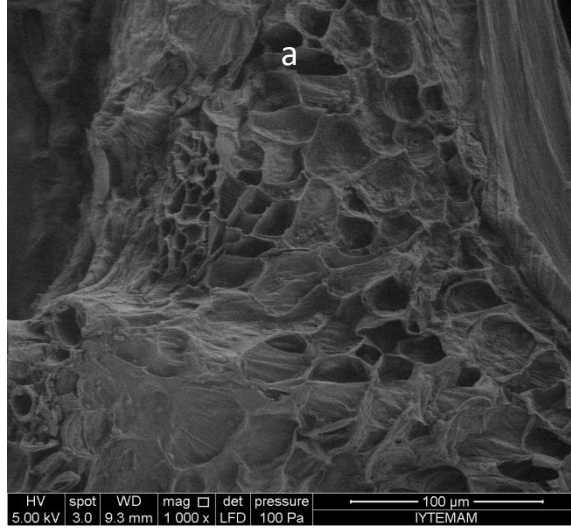
Farklı koşullarda ultrasonik ön ıleme tabii tutulmuş ardından tepsili kurutma fırınında kurutulmuş bamyada örneklerinin rehidrasyon sırasında elde edilen nem içeriğindeki değişimlerinin kuruma zamanı ile değişimini içeren deneysel verilerin Peleg modeline uygunluğunu araştırmak için 60°C'de rehidre edilen kuru bamyada örneklerinin nem içeriğinin rehidrasyon zamanı ile değişimi için elde edilen deneysel ve teorik değerlerin karşılaştırılması için ekil 6.11'de, matematiksel model sabitleri ve istatistiksel değerler ise Tablo 6.12'de sunulmuştur.

Tablo 6.12: Farklı koşullarda ultrasonik ön ıleme tabii tutulmuş kuru bamyada örneklerine ait nem içeriğindeki değişimleri kullanarak Peleg model ile elde edilen model sabitleri ve istatistiksel veriler

Ön ılem Koşulları		Kuruma Sıcaklığı (°C)	k ₁	k ₂	R ²	RMSE	σ ²
Süre (dakika)	Genlik (%)						
-	-	60	0,0539	0,1396	0,9990	0,043877	0,031445
10	100	60	0,0533	0,1454	0,9993	0,036696	0,021994
20	100	60	0,0491	0,1280	0,9995	0,030261	0,014957
20	55	60	0,0714	0,0146	0,9982	0,046268	0,034965
30	100	60	0,0312	0,1282	0,9998	0,030632	0,014416
-	-	70	0,0527	0,1404	0,9978	0,061554	0,030776
20	100	70	0,0397	0,1337	0,9970	0,030776	0,013639

6.2.8 Doku değişimi

Ön ılem uygulanmamış, 20 dakika süreyle % 55 ve % 100 genlikte ultrasese tabii tutulmuş 60°C'de kurutulmuş bamyada örneklerinin iç kısımlarında kabuk ve yakını bölgeleri FEI Quanta 250 FEG taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiş ve bamyada örneklerinin dokusunda meydana gelen değişim ekil 6.14'de verilmiştir.



ekil 6.14 : 60°C'de kurutulmuş banya örneklerine ait SEM görüntüleri (büyütme oran,: 1000 ×) a) Ön i lemsiz, b) 20 dakika süreyle % 55 genlikte ultrasese tabi tutulmuş , c) 20 dakika süreyle % 100 genli e tabi tutulmuş .

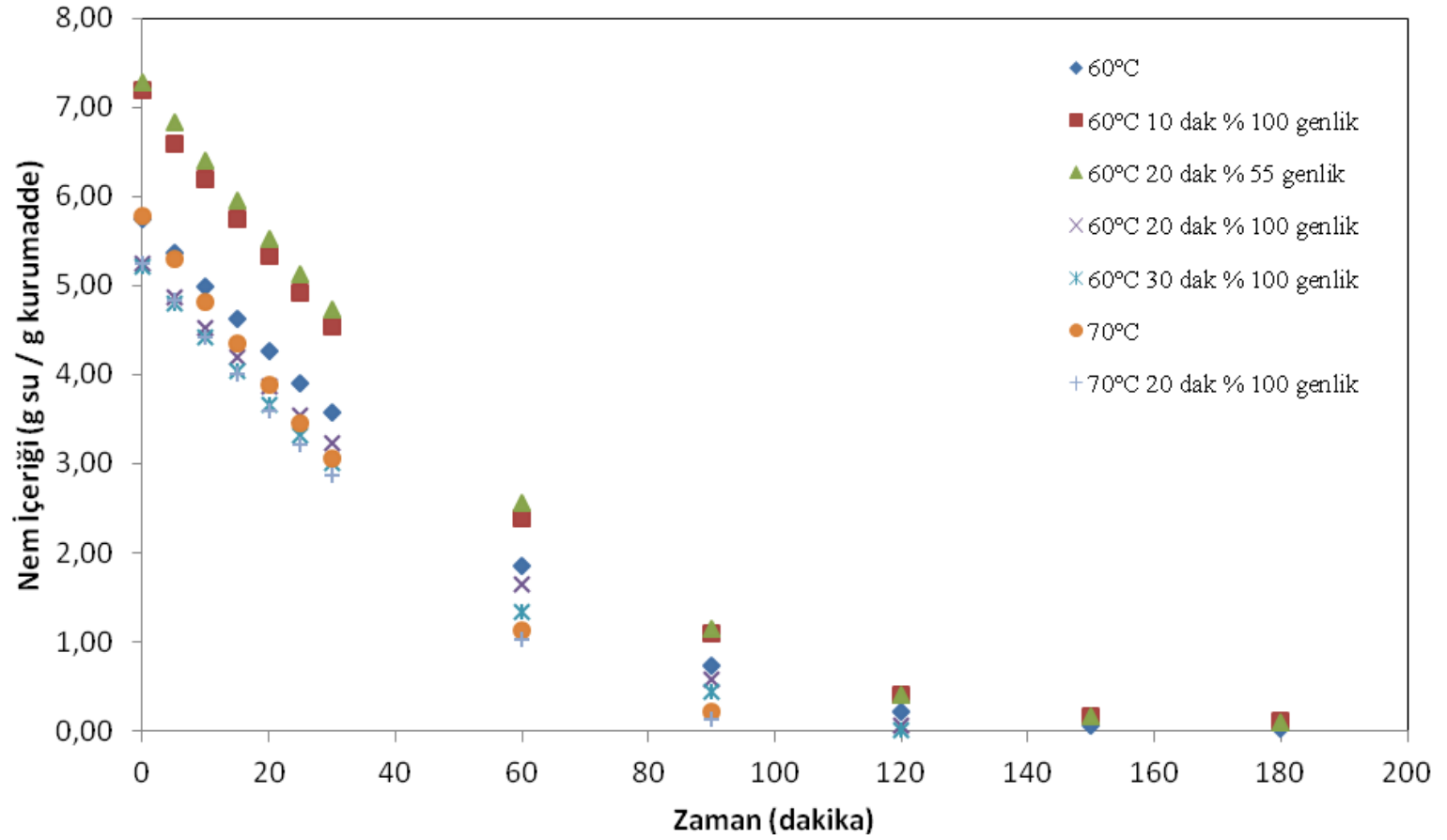
Ön i lem uygulanmam, bamyaya örne inde, ön i leme tabi tutulmu örneklere göre hücre bütünlü ünün korundu u tespit edilmiştir. Ultrases uygulanm, örneklerdeki bozuk ekilli da ,l,m ultrases etkisiyle oluşan kavitasyonun sonucunda bitişik hücrelerin parçalanmas, ve hücrelerin uzay,p yass,la mas,yla aç,klanm, t,r (Fernandes ve ark., 2008; Fernandes ve ark., 2009). Ayr,ca artan genlikle birlikte dokuda gerçekleşen en bozulman,n belirgin bir hal ald, , görülmektedir (ekil 6.14).

6.3 Ultrasonik Ön lemin Elma Örneklerinin Kurutulmas, Üzerindeki Etkisi

6.3.1 Nem içeri i de i imi

Bu çal, mada kullan,lan ön i lem uygulanmam, elma örne inin ba lang,ç ortalama nem içeri i $M_0 = 5,74$ g su/g kurumadde olarak hesaplanm, t,r. Ultrasonik ön i lem uygulanan örneklerin ba lang,ç ortalama nem içeriklerinin 5,20 ile 7,28 g su/g kurumadde aras,nda de i ti i görülmü tür. Ultrasonik ön i lemin nem içeri i de i imi üzerine etkisini incelemek için; farklı süre ve genliklerde ultrasese tabi tutulduktan sonra kurutulan elma örneklerinin nem içeri i de i imi için elde edilen de erler ekil 6.15'te grafiksel olarak sunulmu tur.

60°C s,cakl,ta ön i lem uygulanmam, elma örne inde nem içeri i 5,74'den 0,02 g su/g kurumadde de erine 180 dakika içinde dü erken, 30 dakika boyunca % 100 genlikte ultrasese tabi tutulmu elma örne inde nem içeri i 5,21'den 0,01 g su/g kurumadde de erine 120 dakika içinde gelmiştir. 20 dakika süreyle % 55 ve 10 dakika % 100 genliklerde ultrasese tabi tutulmu elma örne inde nem içeri i 180 dakika sonunda s,ras,yla; 7,28'dan 0,10 g su/g kurumadde ve 7,19'den 0,12 g su/g kurumadde de erine dü mü tür. Söz konusu iki ko ulun elman,n kurumas,n, olumsuz etkiledi i, ultrasonik ön i lemin kuruma h,z,n, ancak 20 dakika ve üzerindeki uygulamalarla arttırd, , saptanm, t,r (ekil 6.15).



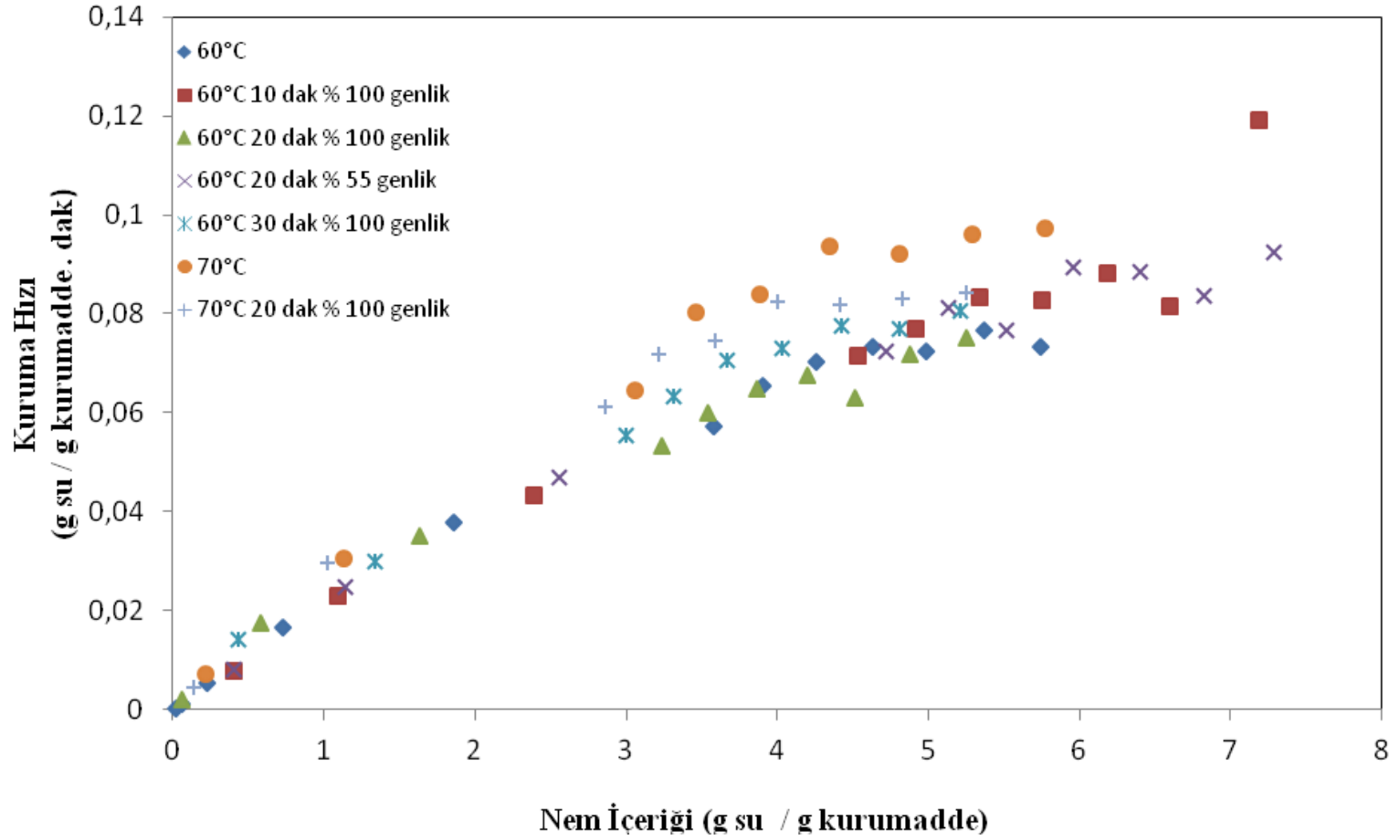
ekil 6.15: Farklı koşullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş elma örneklerinin nem içeriğinin kuruma zamanı ile değişimi

Ultras ses genli inin artmas, ile kuruma süresinin k,sald, ,, en h,zl, kurumana, ise 30 dakikal,k ön i lem ile gerç ekle ti i tespit edilmi tir. Fernandes ve ark. (2008^a), kavunun s,cak hava ile kurutma öncesinde tabi tutuldu u 30 dakikal,k ultras es i leminin 20 dakikaya göre daha olumlu sonuç verdi ini, malay elmas,yla yap,lan bir ba ka çal, mada (Oliviera ve ark., 2010) ise ozmotik çö zelti içinde gerç ekle tirilen 30 dakikal,k ultras es uygulamas,n,n ard,ndan gerç ekle tirilen s,cak hava ile kurutmada di er tüm süre ve ko ullardan daha iyi sonuç verdi ini bildirmi lerdir.

6.3.2 Kuruma H,z, De i imi

Ultrasonik ön i lemin nem içeri i de i imi üzerine etkisini incelemek için; farklı, süre ve genliklerde ultrasese tabi tutulduktan sonra kurutulan elma örneklerinin kuruma h,zlar, Denklem 3.2øden hesaplanm, ve elma örneklerine ait kuruma h,z, de erleri ekil 6.16øde verilmi tir.

Elma örneklerinin kurutulmas, s,ras,nda sadece azalan h,zda kuruma periyodunda gerç ekle ti i gözlemlenmi tir. Literatürde ve çal, man,n bamya ile gerç ekle tirilen k,sm,nda da ayn, durum gerç ekle mi tir. Ön i lem ko ullar,na ba l, olarak kurutma h,zlar, aras,nda ciddi farklı,lklar tespit edilmi tir, nem içeri inin azalması,na ba l, olarak da kuruma h,zlar, aras,ndaki farklar azalm, t,r ve 2 g su/g kurumadde de erinden daha dü ük nem içeriklerinde fark s,f,ra yakla m, t,r (ekil 6.16).



ekil 6.16: Farklı koşullarda ultrasonik ön ıleme tabi tutulmuş elma örneklerinin ait kuruma hızları, nem içeriği ile de ılemi

6.3.3 Kuruma kineti inin modellenmesi

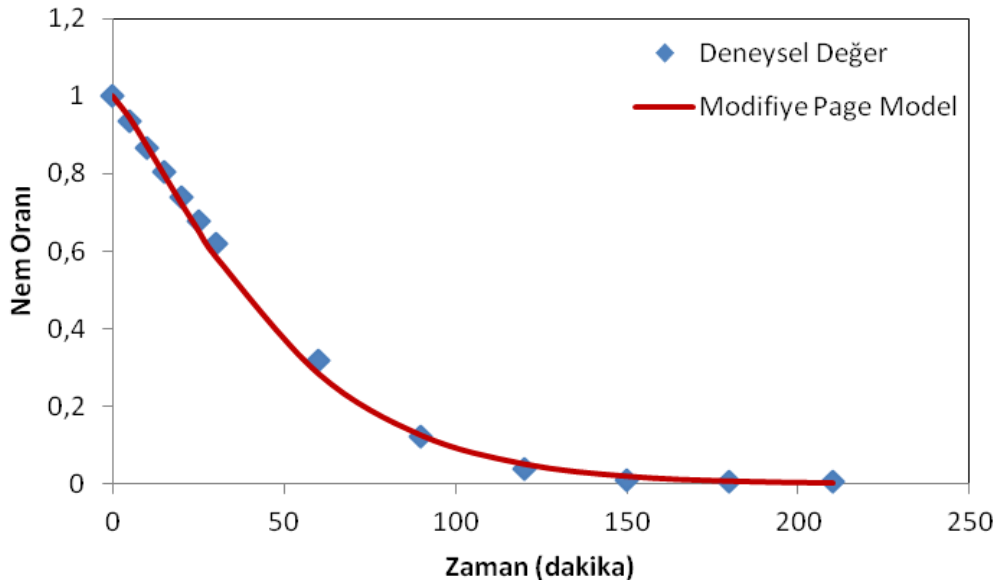
Farklı koşullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş elma örneklerinin tepsili kurutma f,r,n,nda kurutulması, s,ras,nda elde edilen nem oran, de erlerinin kuruma zaman, ile de i imini içeren deneysel veriler be ayrı, ince tabaka kurutma modeli ile modellenmiştir. Matematiksel modellere ait katsayı, ve sabitleri ile istatistiksel veriler Tablo 6.13 - 6.19'da verilmiştir. Elde edilen verilerden, yüksek R^2 ve düşük RMSE ile χ^2 de erleri ile Page ve Modifiye Page modelin elma örne inin kineti ini açıklayan en iyi modeller olduğu saptanmıştır. Kurutmanın gerçekleşti i her bir koşul için nem oranlar, de erlerinin kuruma zaman, ile de i imi için elde edilen deneysel de erler ile kullanılan Modifiye Page modelden elde edilen de erlerin karşılaştırılması, içeren grafiksel gösterim ekil 6.17 - 6.26'da verilmiştir.

Tablo 6.13-6.19 incelendi inde; Modifiye Page modele ait kinetik sabitin (k) de erinin 60°C'de kurutulan örnekler için ultrasonik ön i lem süresi arttıkça 0,0200 dak^{-1} de erinden 0,0228 dak^{-1} de erine arttı, %, % 100 genlikte 10 dakika ve % 55 genlikte 20 dakika süreyle ultrasese tabi tutulmuş örnekler için bu de er s,ras,yla 0,0188 ve 0,0183 dak^{-1} de erlerinde kalarak kontrol örne iyle bir farklılık göstermemiştir. Page model için k de eri Modifiye Page modele k,yasla oldukça düşük kalmıştır. Page ve Modifiye Page modele ait di er bir sabit olan n de eri 1,1237 ó 1,2397 de erleri arasında de i miştir.

Ye il elmanın (Doymaz, 2009) ve organik elma dilimlenin (Sacilik ve Elicin 2006) sıcak hava ile kurutulması,ncelendi i çalışmalarında örneklerinin kuruma kinetiklerinin en iyi açıklayan modelin Logaritmik model olduğu bildirmişlerdir. Wang ve ark (2007), elma posasının mikrodalga ile ince tabaka kurutulması,nceladıkları çalışmalarında en uyumlu model Page model olmuştur. Kanta (2007) elmanın sıcak hava ile kurutulması,nceladığı çalışmada direkt temas eden ultrasesin etkisini inceledi i çalışmalarında elma örneklerinin kuruma kineti ini en iyi açıklayan modellerin Page ve Modifiye Page modeller olduğu bildirmiştir.

Tablo 6.13: 60°C'de kurutulan ön i lemsiz elma örne ine ait model sabitleri ile istatistiksel de erler.

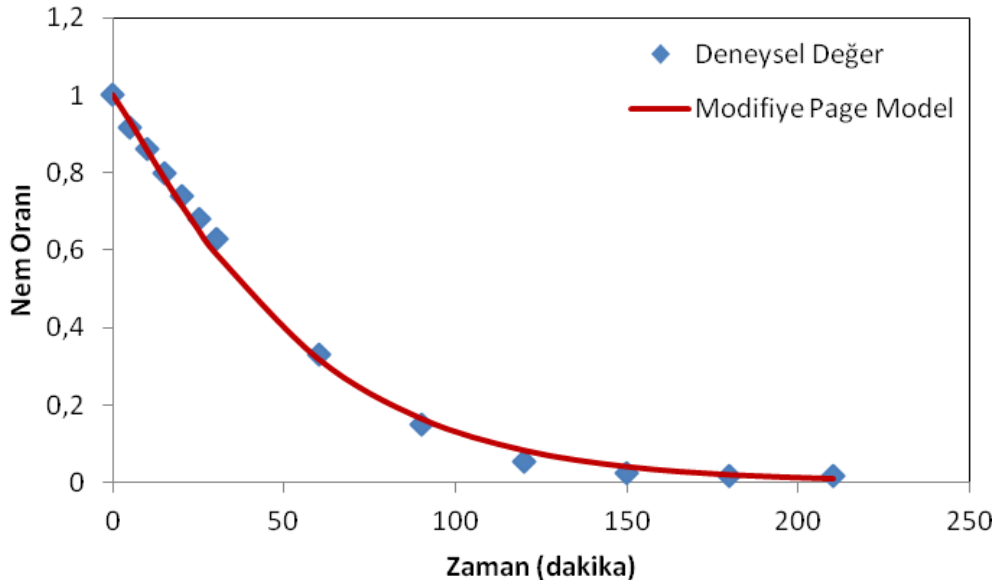
Modeller	Model Katsay,lar,	R ²	RMSE	²
Lewis Model	k = 0,0268	0,9780	0,027755	0,010849
Henderson ve Pabis Model	a = 1,2418 k = 0,0284	0,9838	0,025179	0,009740
Page Model	k = 0,0079 n = 1,2384	0,9958	0,004644	0,000331
Modifiye Page Model	k = 0,0200 n = 1,2384	0,9958	0,004644	0,000331
Logaritmik Model	a = 1,5938 k = 0,0373 c = 0,0049	0,9570	0,060398	0,061650



ekil 6.17 : 60°C'de kurutulan ön i lemsiz elma örne ine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar,n,n zamana ba l, de i imi

Tablo 6.14: % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.

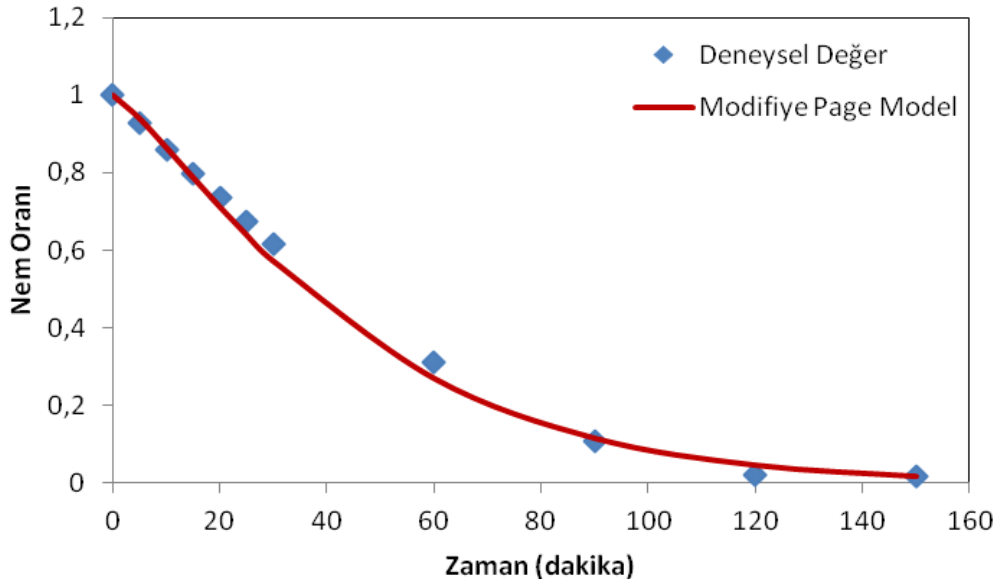
Modeller	Model Katsayılar,	R ²	RMSE	s ²
Lewis Model	k = 0,0229	0,9857	0,018987	0,005077
Henderson ve Pabis Model	a = 1,1515 k = 0,0241	0,9906	0,016934	0,004406
Page Model	k = 0,0115 n = 1,1237	0,9926	0,005322	0,000435
Modifiye Page Model	k = 0,0188 n = 1,1237	0,9926	0,005322	0,000435
Logaritmik Model	a = 1,4965 k = 0,0351 c = 0,0167	0,9580	0,053150	0,047741



Şekil 6.18 : % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğine ait deneysel nem oranları, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranları, n, n zamana bağlıdır.

Tablo 6.15: % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.

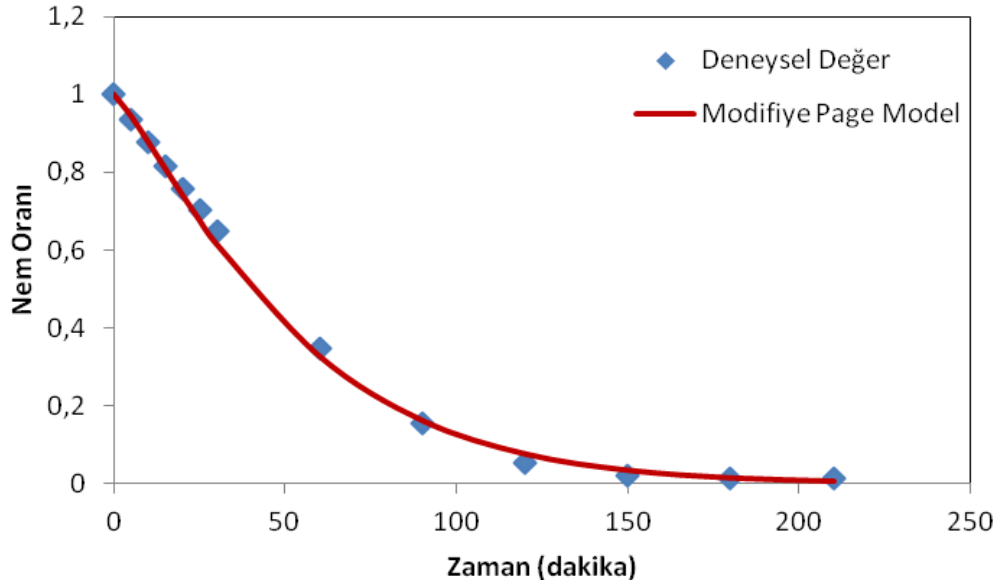
Modeller	Model Katsayıları,	R ²	RMSE	s ²
Lewis Model	k = 0,0272	0,9570	0,032195	0,012542
Henderson ve Pabis Model	a = 1,2572 k = 0,0296	0,9696	0,031860	0,013647
Page Model	k = 0,0114 n = 1,2297	0,9908	0,024348	0,007970
Modifiye Page Model	k = 0,0207 n = 1,2297	0,9908	0,024348	0,007970
Logaritmik Model	a = 1,1360 k = 0,0258 c = 0,0175	0,9708	0,020125	0,006126



Şekil 6.19 : % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğine ait deneysel nem oranları, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranları, zamanla değişimi

Tablo 6.16: % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan elma örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.

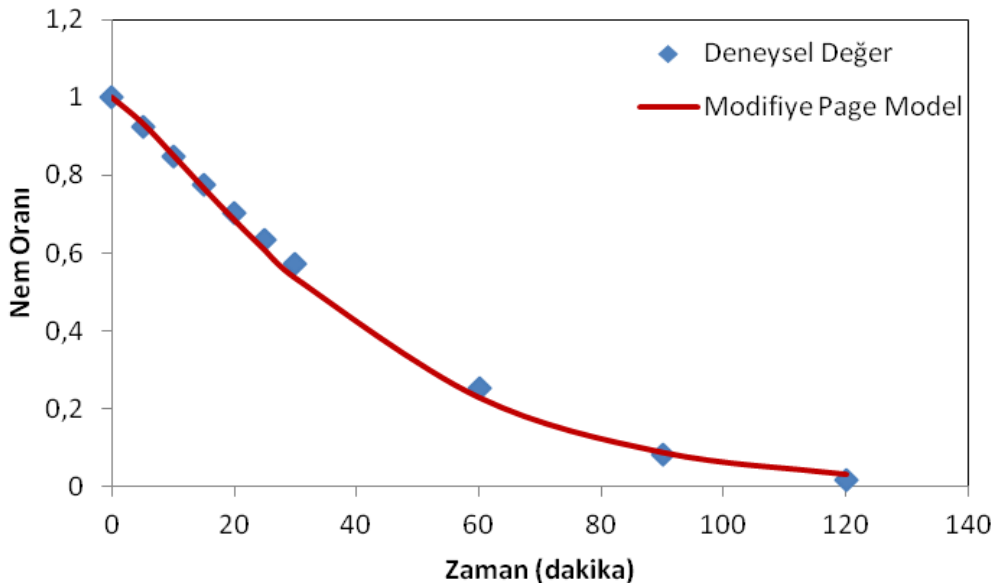
Modeller	Model Katsayılar,	R ²	RMSE	s ²
Lewis Model	k = 0,0236	0,9808	0,024215	0,008258
Henderson ve Pabis Model	a = 1,2176 k = 0,0253	0,9890	0,022797	0,007984
Page Model	k = 0,0081 n = 1,2024	0,9955	0,004298	0,000284
Modifiye Page Model	k = 0,0183 n = 1,2024	0,9955	0,004298	0,000284
Logaritmik Model	a = 1,1470 k = 0,0331 c = 0,0116	0,9649	0,049087	0,040722



Şekil 6.20 : % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan elma örneğine ait deneysel nem oranları, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranları, zamanla değişimi

Tablo 6.17: % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.

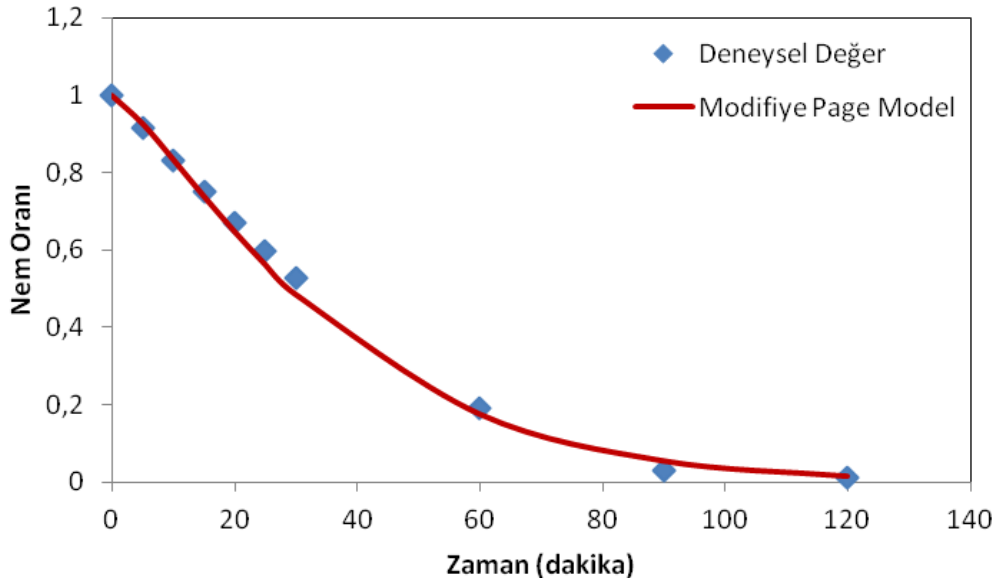
Modeller	Model Katsayılar,	R ²	RMSE	s ²
Lewis Model	k = 0,0300	0,9664	0,034764	0,013428
Henderson ve Pabis Model	a = 1,3010 k = 0,0335	0,9674	0,038898	0,018913
Page Model	k = 0,0092 n = 1,2397	0,9928	0,006054	0,000458
Modifiye Page Model	k = 0,0228 n = 1,2397	0,9928	0,006054	0,000458
Logaritmik Model	a = 1,1677 k = 0,0296 c = 0,1516	0,9739	0,053037	0,040185



Şekil 6.21 : % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğine ait deneysel nem oranları, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranları, n, n zamana bağlıdır.

Tablo 6.18: 70°C'de kurutulan ön i lemsiz elma örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.

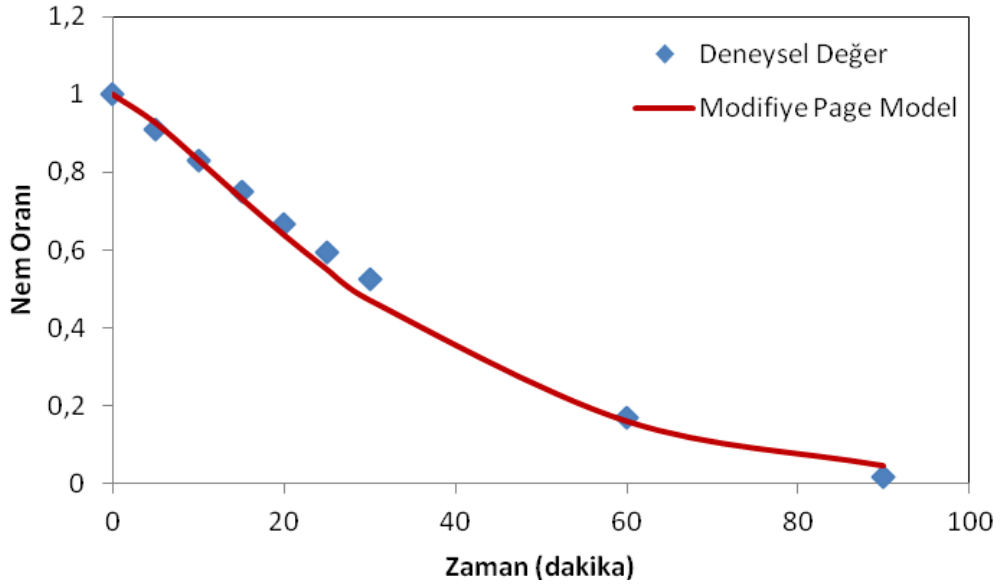
Modeller	Model Katsayılar,	R ²	RMSE	χ^2
Lewis Model	k=0,0345	0.9627	0.037193	0.015370
Henderson ve Pabis Model	a= 1.3108 k= 0.0381	0.9801	0.039513	0.019516
Page Model	k= 0.0098 n= 1.2641	0,993	0.006647	0.000552
Modifiye Page Model	k= 0.0258 n= 1.2641	0,993	0.006647	0.000552
Logaritmik Model	a= 1.0980 k= 0.0286 c= 0.0129	0.9774	0.0165127	0.003895



Şekil 6.22 : 70°C'de kurutulan ön i lemsiz elma örneğine ait deneysel nem oranlar, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranlar, n, n zamana bağımlı değişimi

Tablo 6.19: % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 70°C'de kurutulan elma örneğine ait model sabitleri ile istatistiksel değerler.

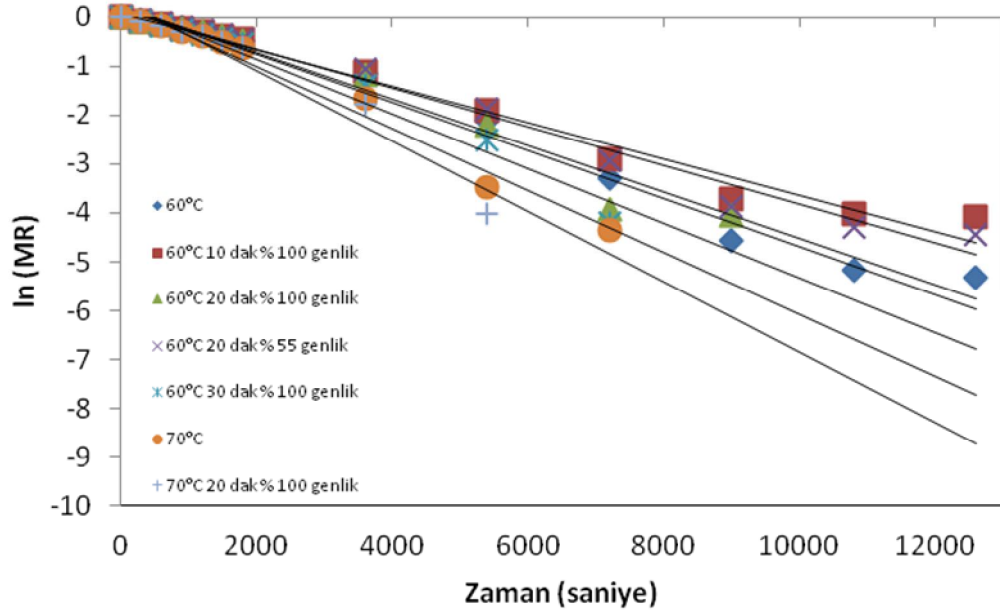
Modeller	Model Katsayılar,	R ²	RMSE	s ²
Lewis Model	k=0,0369	0.9025	0.046193	0.021604
Henderson ve Pabis Model	a= 1.4051 k= 0.0431	0.9401	0.057038	0.037646
Page Model	k= 0.0096 n= 1.2808	0,9826	0.009328	0.001007
Modifiye Page Model	k= 0.0267 n= 1.2808	0,9826	0.009328	0.001007
Logaritmik Model	a= 1.1201 k= 0.0309 c= 0.0178	0.9675	0.022084	0.006584



Şekil 6.23 : % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 70°C'de kurutulan elma örneğine ait deneysel nem oranları, ile Modifiye Page Modelden elde edilen nem oranları, n, n zamana bağlı değişimi

6.3.4 Etkin difüzyon katsay,s,

Etkin difüzyon katsay,s, dilim kabulü yapılan elma için Denklem 3.5'de verilen lineer denklemin e iminden hesaplanm, t,r (ekil 6.24). Elma örneklerine ait etkin difüzyon katsay,lar, Tablo 6.20'de verilmi tir.



ekil 6.24: Farklı ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmu elma örneklerinin ln(MR) de erlerinin kuruma zaman, ile de i imi

Tablo 6.20: Farklı ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmu elma örneklerine ait etkin difüzyon katsay,s, de erleri

Ön leme Ko ullar,		Kuruma S,cakl, , (°C)	$D_{eff} * 10^8$ (m ² /s)
Süre (dakika)	Genlik (%)		
-	-	60	6,79
10	100	60	5,80
20	100	60	6,89
20	55	60	5,98
30	100	60	7,60
-	-	70	8,74
20	100	70	9,35

Etkin difüzyon katsay,s,; 60°C'de kurutulmuş örnekler için $5,80-7,60 \times 10^{-8}$ m²/s, 70°C'de kurulan örnekler için $8,74-9,35 \times 10^{-8}$ m²/s aras,nda de i mi tir. Ayr,ca % 100 genlikte 30 dakika ultrasese tabi tutulmuş örnek için etkin difüzyon katsay,s,nda % 11,92 oran,nda yükselme gerçekleş mi tir. 10 dakika süreyle % 100 genlikte ve 20 dakika süreyle % 55 genlikte ultrasese tabi tutulmuş örnekler için etkin difüzyon katsay,s, kontrol örne inin alt,nda kalm, t,r (Tablo 6.20).

Literatürdeki çal, malar da ultrasese enerjisinin meyve ve sebzelerin s,cak hava ile kurutulmas, esnas,nda su difüzyon katsay,n, artt,rd, , yönündedir. Etkin difüzyon katsay,s,n,n 20 dakikal,k ultrasese uygulamas, ile papaya için % 28,8, 30 dakikal,k ultrasese uygulamas, ile ananas için % 21,52 oran,nda artt, , bildirilmis tir (Fernandes ve ark., 2008; Fernandes ve ark., 2009). Bunun yan,nda s,cak hava ile e zamanl, uygulanan ultrasese de etkin difüzyon katsay,s,n, artt,rd, , yönünde yap,lan çal, malar vard,r. Örne in Ouzuna ve ark. (2001) patates küplerinin ultrasese destekli s,cak hava ile kurutulmas, s,ras,nda kontrol örneklerine göre etkin difüzyon katsay,s,n,n % 64 oran,nda artt, ,n, ifade etmişlerdir..

6.3.5 Ultrasonik Ön i lemin Elma Örneklerinin Büzü me Oran, De erine Etkisi

Elma dilimlerinin büzü me oran, de erleri Tablo 6.21'de verilmiş tir. En büyük büzü me katsay,s, yani en fazla ekil de i tirme 10 dakika süreyle %100 genlikte ultrasese tabi tutulmuş ve 60°C'de kurutulmuş elma örne inde % 88,85 oran,nda gerçekleş mi tir. Tablo 6.21 incelendi inde artan ön i lem sürelerinde ve bamy örneklerinden farklı olarak artan genlik oranlar,nda elma örneklerinde büzü menin azald, , görülmüş tür.

Tablo 6.21: Farklı koşullarda ultrasonik ön i leme tabii tutulmuş elma örneklerinin büzü me oran, de erleri.

Ön i lem Ko Őullar,		Kuruma S,cakl, , (°C)	Büzü me Oran,* (%)
Süre (dakika)	Genlik (%)		
-	-	60	88,00±0,44
10	100	60	88,85±1,90
20	100	60	85,33±0,24
20	55	60	87,76±0,22
30	100	60	85,80±1,77
-	-	70	87,40±1,34
20	100	70	87,62±1,50

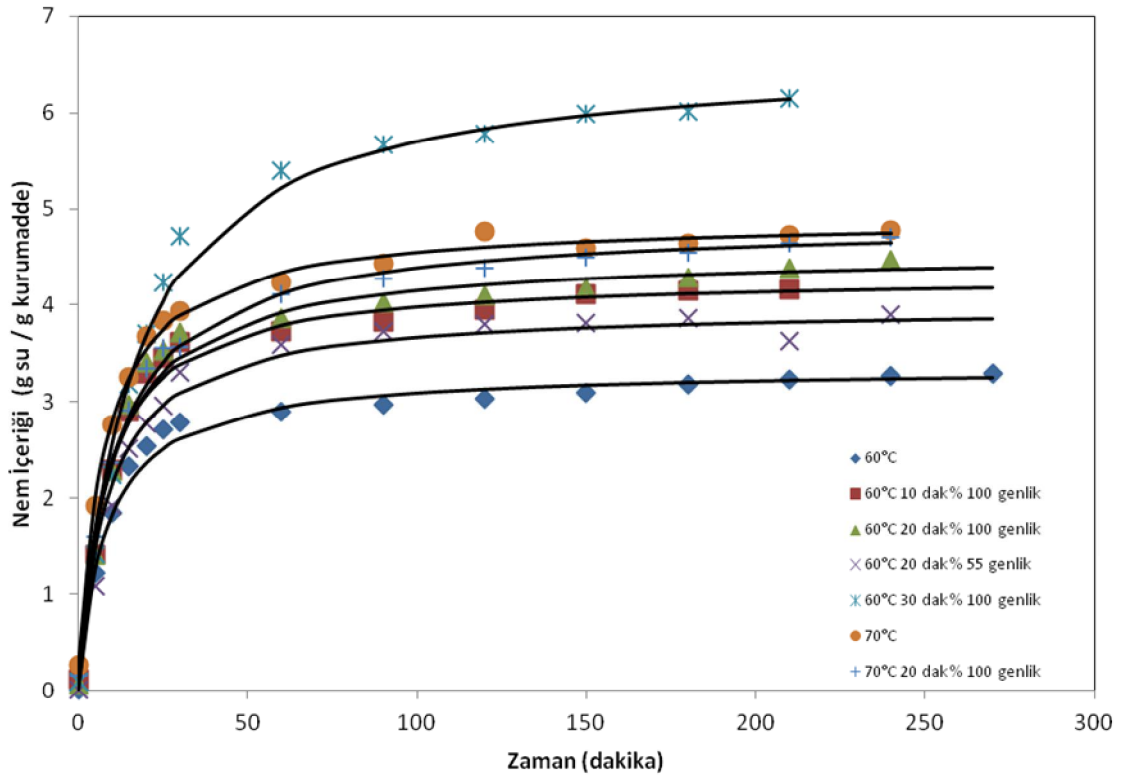
*De er ± standart sapma olarak verilmi tir.

6.3.6 Ultrasonik Ön i lemin Elma Örneklerinin Rehidrasyonuna Etkisi

6.3.6.1 Nem içeri i de i imi

Rehidre edilen ön i lem uygulanmam, kuru elma örne inin ba lang,ç ortalama nem içeri i 0,015 g su/g kurumadde olarak hesaplanm, t,r. Ultrasonik ön i lem uygulanan kuru örneklerin ba lang,ç ortalama nem içeriklerinin 0,087 ile 0,213g su/g kurumadde aras,nda de i ti i görülmü tür. Ultrasonik ön i lemin rehidrasyon süresince nem içeri i de i imi üzerine etkisini incelemek için; farklı süre ve genliklerde ultrasese tabii tutulduktan sonra kurutulan elma örnekleri 60°C s,cakl,кта 1:50 (w/w) kuru ürün/su oran,nda rehidrasyon i lemi s,ras,ndaki nem içeri i de i imi için elde edilen de erler ekil 6.25de verilmi tir.

60°C s,cakl,кта ön i lem uygulanm, örneklerde ultrases uygulama süresi ve genli i artt,kça elma örne inin nem içeri i daha h,zl, bir ekilde artmakta ve son nem içeri i ne daha k,sa sürede ula maktadır. % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süresince tabii tutulmuş kuru elma örne inin nem içeri i 0,095dan 6,149 g su/g kurumaddeöye 210 dakikada ula rken, 20 dakikal,k ultrases uygulamas,yla 0,011den 3,897 g su/g kurumaddeöye 240 dakika ula abilmi tir. Örneklerin rehidrasyon sonras, nem içerikleri ile taze haldeki nem içerikleri k,yasland, ,nda örneklerin hepsinin rehidrasyon sonras,ndaki nem içeriklerinin taze haldeki nem içeriklerinden fazla oldu u tespit edilmi tir (ekil 6.25).

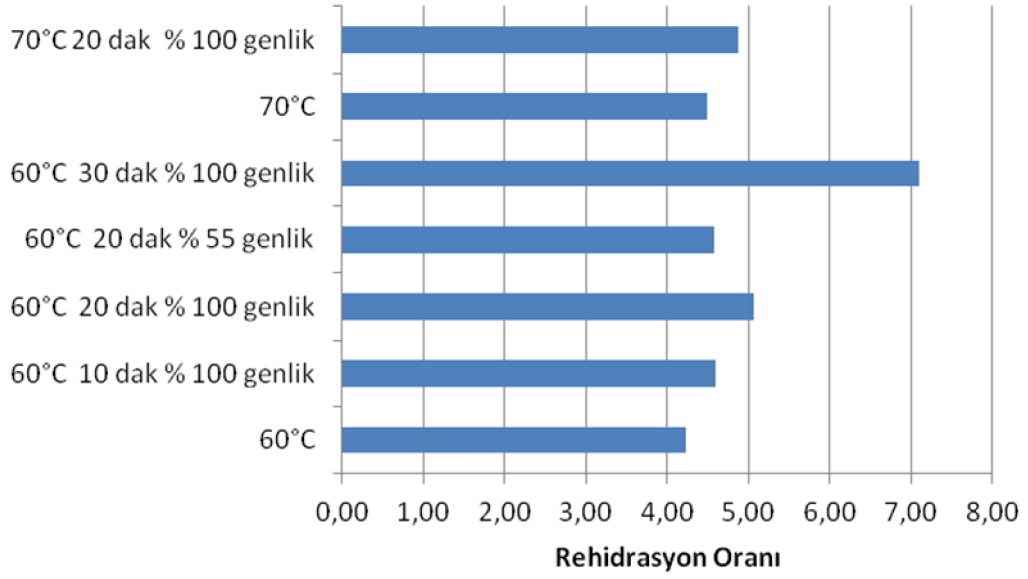


ekil 6.25 : Farklı ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş elma örneklerinin nem içeri inin rehidrasyon zaman, ile de i imi

6.3.6.2 Rehidrasyon oran, ve su tutma kapasitesi

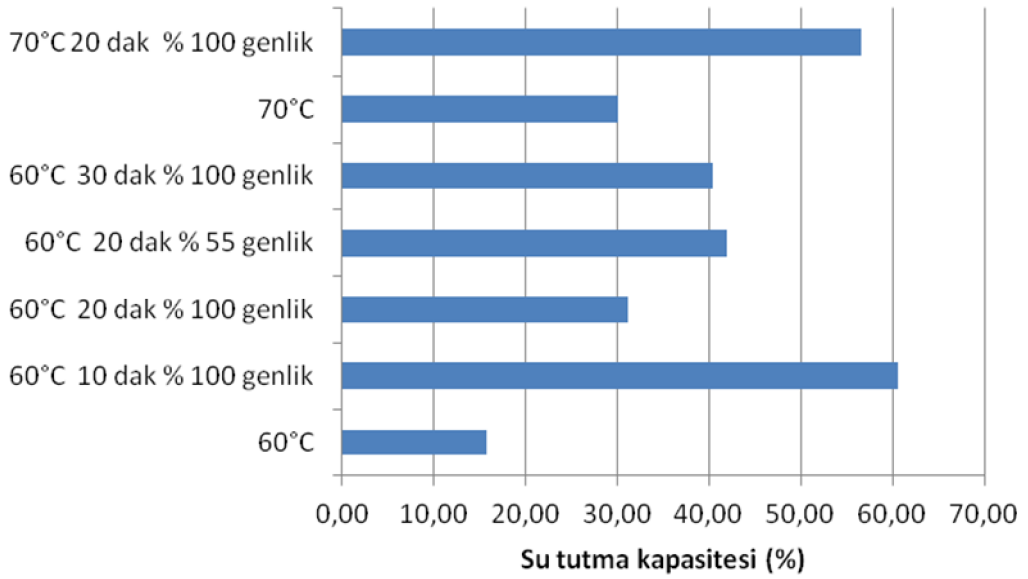
Rehidrasyon oran, ve su tutma kapasitesi Denklem 3.8 ve Denklem 3.9 kullan,ılarak hesaplanm, t,r. Elma örneklerinin rehidrasyonunun 210. dakikas,ndaki rehidrasyon oranlar, ekil 6.26da verilmi tir.

En yüksek rehidrasyon oran, 7,10 ile 30 dakika süreyle % 100 genlikte ultrasese tabi tutularak 60°Cde kurutulmuş elma örne ine ait iken en dü ük rehidrasyon oran, 4,23 ile ön i lemsiz 60°Cde kurutulmuş elma örne ine aittir. Bu oran,n; 70°Cde ön i lem uygulanmadan kurutulmuş örnekler için 4,50, 20 dakika süreyle % 100 genlikte ultrasese tabi tutulmuş örnekler için 4,87 oldu u görülmü tür (ekil 6.26).



ekil 6.26 : Farklı ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş elma örneklerinin 60°C ve 210. dakika sonundaki rehidrasyon oran, de erleri

Di er taraftan örneklerin rehidrasyon süresince bünyelerine aldıkları, suyun ne kadar, bünyelerinde tutabildi i yani su tutma kapasiteleri ekil 6.27de verilmiştir.



ekil 6.27 : Farklı ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmuş elma örneklerinin su tutma kapasiteleri

Kazanılan su oran, arttıkça su tutma kapasitesi düşmektedir. Bu durumda en yüksek su tutma kapasitesi % 60,60 ile % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmuş elma örneğinde gerçekleşmiştir (ekil 6.27).

6.3.7 Rehidrasyon kineti inin modellenmesi

Farklı ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmu ard,ndan tepsili kurutma f,r,n,nda kurutulmu elma örneklerinin rehidrasyon s,ras,nda elde edilen nem içeri i de erlerinin kuruma zaman, ile de i imini içeren deneysel verilerin Peleg modele uygunlu u test edilmi tir. 60°Cde rehidre edilen kuru elma örneklerinin nem içeri inin rehidrasyon zaman, ile de i imi için elde edilen deneysel ve teorik de erlerin kar ,la t,r,lmas, ekil 6.25de, matematiksel model sabitleri ile istatistiksel de erler ise Tablo 6.22de sunulmu tur.

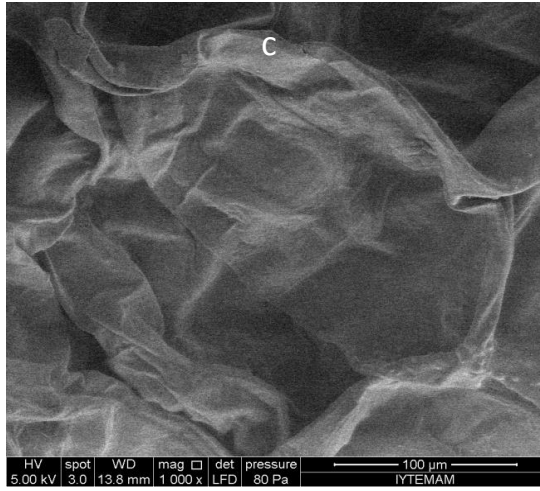
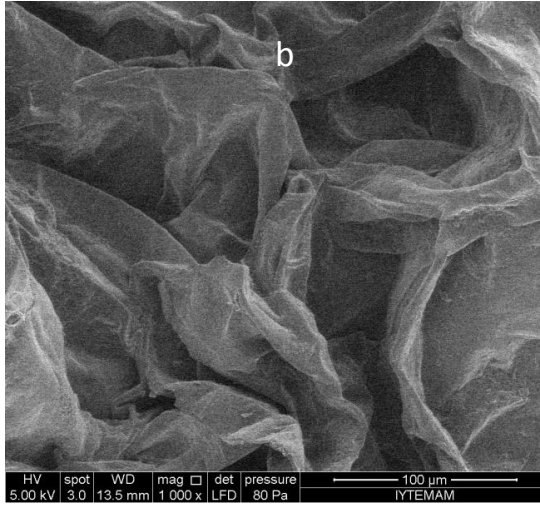
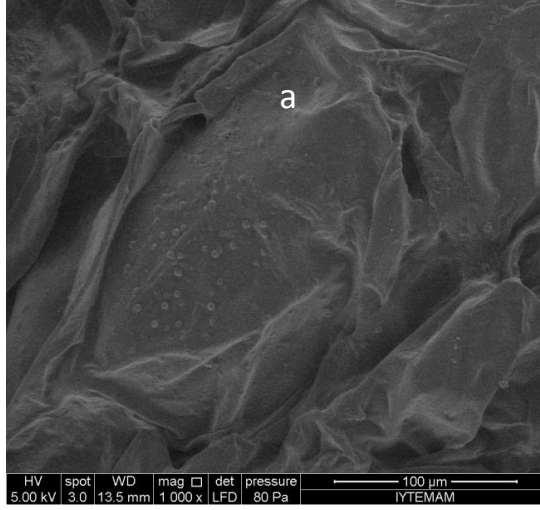
Tablo 6.22: Farklı ko ullarda ultrasonik ön i leme tabi tutulmu kuru elma örneklerine ait nem içeri i de erleri kullan,larak Peleg model ile elde edilen model sabitleri ve istatistiksel de erler.

Ön lem Ko ullar,		Kuruma S,cakl, , (°C)	k ₁	k ₂	R ²	RMSE	s ²
Süre (dakika)	Genlik (%)						
-	-	60	0,0421	0,2992	0,9992	0,028906	0,013648
10	100	60	0,0337	0,2392	0,9992	0,422981	0,026602
20	100	60	0,0357	0,2229	0,9989	0,045166	0,031341
20	55	60	0,0363	0,2520	0,9974	0,042816	0,028165
30	100	60	0,0418	0,1535	0,9989	0,052483	0,039665
-	-	70	0,0301	0,2158	0,9994	0,023747	0,008664
20	100	70	0,0398	0,2126	0,9996	0,021105	0,006843

6.3.8 Doku de i imi

Ön i lem uygulanmam, , 20 dakika süreyle % 55 ve % 100 genlikte ultrasese tabi tutulup 60°Cde kurutulmu elma örnekleri FEI Quanta 250 FEG taramal, elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmi ve elma örne inin dokusunda gerçekte en de i imler ekil 6.28de verilmi tir.

Ön i lem uygulanm, elma örneklerinde, ultrases etkisiyle olu an kavitasyonun sonucunda hücre yap,s,nda bozulma ve parçalanman,n gerçekte i, dokuda y,rt,klar olu tu u tespit edilmi tir (Deng ve Zhao, 2008). Artan genlikle birlikte iddeti artan kavitasyon sonucu hücrelerde uzama ve yass,la ma meydana geldi i saptanm, t,r (Fernandes ve ark., 2008^a). (ekil 6.28).



ekil 6.28 : 60°C'de kurutulmu elma örneklerine ait SEM görüntüleri (büyütme oranı: 1000 ×); a) Önlü, b) 20 dakika süreyle %55 genlikte ultrasese tabi tutulmuş, c) 20 dakika süreyle %100 genlikte tabi tutulmuş.

7. SONUÇ ve ÖNER LER

Bu çal, mada 20 kHz frekansa sahip ultrases üreticisi kullan,larak 10, 20, 30 dakika sürelerinde ve %55, %100 genlik de erlerin ultrases s,cak hava ile kurutma öncesinde bamy ve elma örneklerine saf su içerisinde uygulanm, t,r. Ön i lemin ardından 60°C ve 70°C hava s,cakl,klar,nda ve 0.3 m/s hava h,z,nda kurutma denemeleri gerçekte tirilmi tir.

Çal, ma sonuçlar,na göre s,cak hava ile kurutma öncesi gerçekte tirilen ultrases ön i leminin ürünün kuruma h,z,n,, ürünün yap,sal özelliklerine ba l, olarak kurutma h,z,n, artt,ran bir etki gösterdi i saptanm, t,r. Buna göre, en etkili ko ullar,n bamy için, % 100 genlikte 20 dakika ve elma için % 100 genlikte 30 dakika ultrases uygulamas, oldu u, her iki örnek için de ultrases genli indeki art, ,n kuruma h,z,n, artt,rd, , tespit edilmi tir.

Etkin difüzyon katsay,n,n; bamy ve elma örnekleri için s,ras,yla $3,62 \text{ ó } 8,08 \times 10^{-8}$ ve $6,79 \text{ ó } 9,35 \times 10^{-8}$ m²/s aras,nda de i ti i bulunmu tur. Ultrases uygulama süresi ve genli i artt,kça, etkin difüzyon katsay,s, de erleri de artm, t,r.

Elde edilen veriler, kurutma kineti ini tan,mlayan be ayr, matematiksel modele göre i lenmi , bamy ve elman,n kurutma kineti ini en iyi aç,klayan modellerin Page ve Modifiye Page modelleri oldu u görülmü tür.

Artan ön i lem sürelerinde ve azalan genlik oranlar,nda bamy örneklerinde büzü menin artt, , görülmü tür. Artan ön i lem sürelerinde ve bamy örneklerinden farklı olarak artan genlik oranlar,nda elma örneklerinde büzü menin azald, , görülmü tür.

En yüksek rehidrasyon oranlar,na 30 dakika süreyle % 100 genlikte ultrasese tabi tutulmu örneklerin sahip oldu u, bu ko ullarda rehidrasyon oran, de erlerinin bamy ve elma için s,ras,yla; 8,37 ve 7,10 oldu u ve rehidrasyon kineti inin Peleg modele uygunluk gösterdi i saptanm, t,r.

Kazanılan su oran, arttıkça su tutma kapasitesi düşmektedir. En yüksek su tutma kapasitesi, % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş bamyaya ve % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmuş elma örneklerinde gerçekleşmiştir.

Çalışma sonuçları, sıcak hava ile kurutma öncesinde ultrasonik ön işleme uygulamasının umut verici bir teknoloji olduğunu göstermiştir. Konu üzerine sistemin optimize edilmesi ve ultrases uygulamasıyla ürünün kalite özelliklerinde ne gibi değişiklikler meydana geldiği üzerine yapılacak çalışmalar, malzeme ihtiyacı olacaktır.

8. KAYNAKLAR

Anonim, Pharmaceutical and Chemical Process Technology Laboratory Manual, Dublin Institute of Technology. (2008).

Anonim, Fundamentals What is Sonochemistry, (Eri im Tarihi: 05.06.2012), <http://www.europeansocietyofsonochemistry.com/introduction/>, (2012).

Azoubel, P. M., Baima, M. A. M., Amorim, M. R., Effect of ultrasound on banana cv Pacovan drying kinetics, *Journal of Food Engineering*, 97: 194-198, (2010)

Büyüktan, r. A., öUltrases (Ultrasound)ö, Gazi Üniversitesi, Gazi E itim Fakültesi, Fizik E itimi Anabilim Dal., Lisans Tezi. 2010

Carcél, J. A., Benedito, J., Rosello, C., Mulet, A., Influence of ultrasound intensity on mass transfer in apple immersed in a sucrose solution, *Journal of Food Engineering*, 78: 472-479, (2007).

Cemero lu, B., Özkan, M., Meyve Sebze ıleme Teknolojisi, Bölüm: Kurutma Teknolojisi. *G,da Teknolojisi Derne i Yay,nlar,*, No: 39, 479-626, (2009).

Ç,nar, ., G,da kurutma teknolojisinde matematik modellerin kullan,m,, Türkiye 9. G,da Kongresi, 24-26 May,s 2006, Bolu, 805-806, (2006).

Dadal,, G., öBamya ve Ispana ,n Mikrodalga tekni i Kullan,larak Kurutulmas,, Doku ve Renk Özelliklerinin ncelenmesi ve Modellenmesiö, Yüksek Lisans Tezi, Yıld,z Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, stanbul, (2007).

Deng, Y., Zhao, Y., Effect of pulsed vacuum and ultrasound osmopretreatments on glass transition temperature, texture, microstructure and calcium penetration of dried apples (Fuji), *LWT- Food Science and Technology*, 41: 1575-1585, (2006).

Demiray, E., öKurutma ıleminde Domatesin Likopen, -karoten, Askorbik Asit ve Renk De i im Kineti inin Belirlenmesiö, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, (2009).

Doymaz, ., Drying characteristics and kinetics of okra, *Journal of Food Engineering*, 69: 275-279, (2005).

Doymaz, ., An experimental study on drying of green apples, *Drying Technology*, 27:3, 478-485, (2009).

Ertekin Kaymak, F., çier, f., Kumcuo lu, S., Sakin, M., öUnit Operations Laboratory Manuelö, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yay,nlar,, 47: 73-78, (2006).

Fernandes, F. A. N., Rodrigues, S., Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana, *Journal of Food Engineering*, 82: 261-267, (2007).

Fernandes, F. A. N., Gallão, M. I., Rodrigues, S., Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: Melon dehydration, *LWT-food Science and Technology*, 41: 604-610, (2008^a)

Fernandes, F. A. N., Oliviera, F. I. P., Rodrigues, S., Use of ultrasound for dehydration of papayas, *Food Bioprocess Technol*, 1:339-345, (2008^b)

Fernandes, F. A. N., Gallão, M. I., Rodrigues, S., Effect of osmosis and ultrasound on pineapple cell tissue structure during dehydration, *Journal of Food Engineering*, 90: 186-190, (2009.).

Garcia-Perez, J. V., Carcél, J. A., Benedito, M., Mulet, A., Power ultrasound mass transfer enhancement in food drying, *Food and Bioproducts Processing Journal*, 85: 247-254, (2007).

Garcia-Perez, J. V., Puig, A., Perez-Munuera, I., Carcel, J.A., Riera, E., Kinetic and microstructural changes induced by power ultrasound application on convective drying of eggplant, Proceeding of 20th International Congress on Acoustics, ICA 2010, 23-27 August 2010, Sydney, Australia, (2010).

Geankoplis, C. J., Transport Processes and Separation Process Principles (includes unit operations) (fourth ed.). Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall PTR, 559-611, (2003).

Izidoro, D. R., Sierakowski, M. R., Haminiuk, C. W. I., Souza, C. F., Scheer, A. G., Physical and chemical properties of ultrasonically, spray-dried green banana (*Musa Cavendish*) starch, *Journal of Food Engineering*, 104: 639-648, (2011).

saeva, J., öKay,s, Kurutmas,n,n Deneysel ve Teorik Olarak Ara t,r,lmas,ö, Doktora Tezi, Y,ld,z Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, stanbul, (2007).

spir, A., öKay,s,n,n Ozmotik Dehidrasyonu ve Kurutmaya Etkisiö, Yüksek Lisans Tezi, F,rat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elaz, , (2006).

Jambrak, A. R., Mason, T. J., Paniwyk, L., Lelas, V., Accelerated drying of button mushrooms, Brussels sprouts and cauliflower by applying power ultrasound and its rehydration properties, *Journal of Food Engineering*, 81: 88-97, (2007).

Kanta , Y., öEffect Of Ultrasound On Drying Rate of Selected Produceö, Middle East Technical University, Natural and Applied Sciences, Ankara, (2007).

Kocayi it, F., öBaz, Sebzelerin Kurutma Karakteristiklerinin ncelenmesiö, Yüksek Lisans Tezi, Y,ld,z Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, stanbul, (2010).

Koç, M., öPastörize S,v, Yumurta,n Püskürtmeli Kurutma Yöntemi ile Optimum Kurutma Ko ullar,n,n Belirlenmesi ve Mikroenkapsülasyonuö, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, zmir, (2009).

Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., Lee, D., Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15: 261-266, (2004).

Mason, T. J., Lorimer, J.P., *Applied Sonochemistry (The Uses of Power Ultrasound in Chemistry and Processing)*, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, (2002).

Mulet, A., Carcel, J.A., Sanjuan, N., Bon, J., New food drying technologies ó use of ultrasound, *Food Science and Technology International*, 9: 215-221, (2003).

Nas,ro lu, ., öK,rm,z, Biber, Elma ve P,rasan,n Kurutulmas,nda nfrared Kurutma Tekni inin Kullan,lmaz,ö, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, (2007).

Oliviera, F. I. P., Gallão, M. I., Rodrigues, S., Fernandes, F. A. N., Dehydration of malay apple (*Syzygium malaccense* L.) using ultrasound as pre-treatment, *Food Bioprocess Technol*, 4: 610-615, (2010).

Ozuna, C., Carcél, J. A., Garcia-Perez, J. V., Mulet, A., Improvement of water transport mechanisms during potato drying by applying ultrasound, *Journal of Science Food and Agriculture*, 91: 2511-2517, (2011).

Özel, Ö. F., öBalkaba ,n,n Farkl, Kurutma artlar,ndaki Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesiö, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, (2010).

Patist, A., Bates, D., Ultrasonic innovations in food industry: From the laboratory to commercial production, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9: 147-154, (2007).

Peleg, M., An empirical model for the description of moisture sorption curves, *Journal of Food Science*, 53: 1216-1219, (1988.).

Rastogi, N. K., Opportunities and challenges in application of ultrasound in food processing, *Food Science and Nutrition*, 51:8, 705-722, (2011).

Rodrigues, S., Gomes, M. CF., Gallao, M. I., Fernandes, F. A.N., Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration on cell structure of sapotas, *Journal of Science Food and Agriculture*, 89: 665-670, (2008).

Schössler, K., Jäger, H., Knorr, D., Effect of continuous and intermittent ultrasound on drying time and effective diffusivity during convective drying of apple and red bell pepper, *Journal of Food Engineering*, 108: 103-110, (2008).

Soria, A. C., Corzo-Martinez, M., Montilla, A., Riera, E., Gamboa-Santos, J., V,llamiel, M., Chemical and physicochemical quality parameters in carrots dehydrated by power ultrasound, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 7715-7722, (2010).

Topda , E.F., Ba lar, M., Ertugay, M.F., Elmalar,n ozmotik kurutulmas, üzerine ultrases i leminin etkisi, *Akademik G,da*, 9(5): 6-10, (2011).

Uzuno lu, T.P., öYüksek Güçlü Ultrases i leminin K,sa ve Uzun Ömürlü Ayran,n Mikrobiyolojik ve Duyusal Özelliklerine Etkisiö, stanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, stanbul, (2012).

Wang, Z., Sun, J., Chen, F., Liao, X., Hu, X., Mathematical modelling on thin layer microwave drying of apple pomace with and without hot air pre-drying, *Journal of Food Engineering*, 80: 536-544, (2007).

Wega-Galvez, A., Scala, K.D., Rodriguez, K., Lemus, M., Miranda, M., Lopez, J., Perez-Won, M., Effect of air drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper, *Food Chemistry*, 117: 647-653., (2009).

Y,lmaz, T., öDomates i leme At,kklar,ndan Ultrason Destekli Likopen Ektraksiyonu leminin Optimizasyonuö, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, zmir, (2011).

EKLER

EK. A. KURUMA HIZINA ve K NET NE A T DENEYSSEL VER LER**Çizelge A1.** 60°C'de kurutulan ön i lemsiz bamya örne ine ait deneysel veriler

Kuruma Zaman, (dakika)	Nem çeri i (g su / g kurumadde)*	Nem Oran, (MR)*
0	6,0122±0,0000	1,0000±0,0000
5	5,5881±0,0297	0,9295±0,0049
10	5,2180±0,0494	0,8676±0,0082
15	4,8701±0,0660	0,8097±0,0110
20	4,5696±0,0699	0,7596±0,0116
25	4,2810±0,0722	0,7115±0,0128
30	4,0328±0,0967	0,6700±0,0161
60	2,6291±0,1174	0,4366±0,0195
90	1,6828±0,1284	0,2788±0,0214
120	1,0209±0,1203	0,1687±0,0200
150	0,5753±0,1225	0,0948±0,0204
180	0,2667±0,0951	0,0432±0,0158
210	0,0887±0,0680	0,0139±0,0113
240	0,0272±0,0450	0,0066±0,0053
270	0,0072±0,0446	0,0068±0,0030

*De er ± standart sapma olarak verilmi tir.

Çizelge A2. % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan bamya örne ine ait deneysel veriler

Kuruma Zaman, (dakika)	Nem çeri i (g su / g kurumadde)*	Nem Oran, (MR)*
0	6,2692±0,0000	1,0000±0,0000
5	5,8263±0,0722	0,9287±0,0115
10	5,3871±0,0904	0,8586±0,0144
15	5,0152±0,1386	0,7987±0,0221
20	4,6718±0,1803	0,7433±0,0288
25	4,3642±0,2054	0,6940±0,0382
30	4,0755±0,2393	0,6476±0,0499
60	2,5824±0,3127	0,4086±0,0499
90	1,5972±0,3212	0,2513±0,0512
120	0,9038±0,2526	0,1413±0,0403
150	0,4615±0,1776	0,0718±0,0283
180	0,1806±0,0633	0,0285±0,0150
210	0,0623±0,0468	0,0138±0,0068
240	0,0138±0,0265	0,0078±0,0051

*De er ± standart sapma olarak verilmi tir.

Çizelge A3. % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan bamya örneğine ait deneysel veriler

Kuruma Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*	Nem Oran, (MR)*
0	6,3795±0,0000	1,0000±0,0000
5	5,8915±0,0522	0,9237±0,0082
10	5,4077±0,0916	0,8477±0,0144
15	4,9781±0,0769	0,7807±0,0121
20	4,6008±0,1052	0,7217±0,0165
25	4,2476±0,1110	0,6664±0,0174
30	3,9096±0,1185	0,6134±0,0186
60	2,2962±0,1604	0,3598±0,0251
90	1,2328±0,1728	0,1925±0,0271
120	0,5689±0,1705	0,0881±0,0267
150	0,1889±0,1250	0,0294±0,0207
180	0,0222±0,0477	0,0140±0,0078

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge A4. % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan bamya örneğine ait deneysel veriler

Kuruma Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*	Nem Oran, (MR)*
0	6,3646±0,0000	1,0000±0,0000
5	5,9292±0,0820	0,9302±0,0129
10	5,4618±0,1706	0,8553±0,0268
15	5,1140±0,1348	0,8009±0,0212
20	4,8061±0,1734	0,7538±0,0272
25	4,4960±0,2033	0,7046±0,0319
30	4,1635±0,2139	0,6518±0,0336
60	2,5761±0,3586	0,3982±0,0563
90	1,5542±0,3139	0,2384±0,0493
120	0,8759±0,2786	0,1322±0,0438
150	0,4290±0,1877	0,0636±0,0295
180	0,2181±0,1131	0,0327±0,0238
210	0,0528±0,0764	0,0235±0,0120

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge A5. % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan bamya örneğine ait deneysel veriler

Kuruma Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*	Nem Oran, (MR)*
0	6,4448±0,0000	1,0000±0,0000
5	5,9473±0,0571	0,9229±0,0089
10	5,5201±0,0731	0,8560±0,0113
15	5,1308±0,1154	0,7955±0,0179
20	4,7486±0,1305	0,7362±0,0202
25	4,4033±0,1590	0,6824±0,0247
30	4,0899±0,2007	0,6335±0,0311
60	2,4200±0,2403	0,3737±0,0373
90	1,3307±0,1856	0,2048±0,0288
120	0,6266±0,1603	0,0954±0,0249
150	0,2148±0,1049	0,0321±0,0163
180	0,0061±0,0192	0,0053±0,0031

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge A6. 70°C'de kurutulan ön işlemlenmiş bamya örneğine ait deneysel veriler

Kuruma Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*	Nem Oran, (MR)*
0	6,0122±0,0000	1,0000±0,0000
5	5,4790±0,0959	0,9102±0,0160
10	5,0154±0,0841	0,8338±0,0140
15	4,5866±0,0957	0,7629±0,0159
20	4,1736±0,1081	0,6943±0,0180
25	3,8049±0,1110	0,6329±0,0185
30	3,4445±0,1839	0,5731±0,0306
60	1,7097±0,1600	0,2844±0,0266
90	0,6986±0,1596	0,1166±0,0265
120	0,1538±0,0591	0,0257±0,0098
150	0,0418±0,0304	0,0070±0,0051
180	0,0261±0,0235	0,0044±0,0039

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge A7. % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 70°C'de kurutulan bamya örneğine ait deneysel veriler

Kuruma Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*	Nem Oran, (MR)*
0	6,3795±0,0000	1,0000±0,0000
5	5,7198±0,1114	0,8959±0,0175
10	5,1480±0,1003	0,8065±0,0157
15	4,6381±0,0786	0,7268±0,0123
20	4,1950±0,0844	0,6572±0,0132
25	3,7829±0,0784	0,5927±0,0123
30	3,3980±0,0964	0,5323±0,0151
60	1,5953±0,0688	0,2497±0,0108
90	0,5860±0,0505	0,0915±0,0079
120	0,1164±0,0287	0,0182±0,0045
150	0,0167±0,0280	0,0045±0,0040

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge A8. 60°C'de kurutulan ön işlemlenmiş elma örneğine ait deneysel veriler

Kuruma Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*	Nem Oran, (MR)*
0	5,7397±0,0000	1,0000±0,0000
5	5,3727±0,0509	0,9354±0,0089
10	4,9886±0,1192	0,8676±0,0208
15	4,6271±0,1360	0,8045±0,0237
20	4,2610±0,1695	0,7404±0,0295
25	3,9091±0,2133	0,6786±0,0372
30	3,5820±0,2435	0,6212±0,0424
60	1,8602±0,3288	0,3199±0,0573
90	0,7256±0,2745	0,1225±0,0478
120	0,2227±0,0871	0,0376±0,0152
150	0,0596±0,0418	0,0104±0,0073
180	0,0241±0,0335	0,0057±0,0054
210	0,0144±0,0271	0,0049±0,0051

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge A9. % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğine ait deneysel veriler

Kuruma Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*	Nem Oran, (MR)*
0	7,1928±0,0000	1,0000±0,0000
5	6,5967±0,1830	0,9167±0,0254
10	6,1893±0,2029	0,8596±0,0282
15	5,7484±0,2512	0,7982±0,0349
20	5,3353±0,2730	0,7406±0,0380
25	4,9185±0,3054	0,6825±0,0425
30	4,5337±0,3467	0,6289±0,0482
60	2,3889±0,4578	0,3304±0,0636
90	1,0907±0,3756	0,1502±0,0522
120	0,4019±0,2011	0,0550±0,0280
150	0,1675±0,1090	0,0240±0,0131
180	0,1183±0,0803	0,0178±0,0079
210	0,1098±0,0755	0,0167±0,0073

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge A10. % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğine ait deneysel veriler

Kuruma Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*	Nem Oran, (MR)*
0	5,2510±0,0000	1,0000±0,0000
5	4,8746±0,0389	0,9280±0,0074
10	4,5156±0,0909	0,8593±0,0173
15	4,2007±0,1096	0,7990±0,0209
20	3,8623±0,1466	0,7344±0,0279
25	3,5379±0,1868	0,6724±0,0356
30	3,2376±0,2075	0,6150±0,0395
60	1,6365±0,3183	0,3096±0,0606
90	0,5802±0,2408	0,1091±0,0459
120	0,0586±0,0556	0,0197±0,0115

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge A11. % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğine ait deneysel veriler

Kuruma Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*	Nem Oran, (MR)*
0	7,2848±0,0000	1,0000±0,0000
5	6,8223±0,0623	0,9363±0,0086
10	6,4035±0,1070	0,8784±0,0147
15	5,9606±0,1598	0,8173±0,0219
20	5,5139±0,2027	0,7558±0,0278
25	5,1304±0,2644	0,7027±0,0363
30	4,7240±0,2832	0,6468±0,0389
60	2,5545±0,4834	0,3479±0,0664
90	1,1437±0,4128	0,1546±0,0567
120	0,4035±0,2341	0,0541±0,0321
150	0,1555±0,1159	0,0208±0,0159
180	0,1016±0,0937	0,0135±0,0129
210	0,0871±0,0859	0,0116±0,0118

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge A12. % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğine ait deneysel veriler

Kuruma Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*	Nem Oran, (MR)*
0	5,2079±0,0000	1,0000±0,0000
5	4,8051±0,0529	0,9235±0,0102
10	4,4210±0,0711	0,8491±0,0137
15	4,0330±0,0740	0,7744±0,0142
20	3,6680±0,0782	0,7042±0,0150
25	3,3144±0,0705	0,6349±0,0135
30	2,9979±0,0860	0,5738±0,0165
60	1,3359±0,1707	0,2527±0,0328
90	0,4384±0,1412	0,0808±0,0271
120	0,0113±0,0432	0,0152±0,0122

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge A13. 70°C'de kurutulan ön i lemsiz elma örne ine ait deneysel veriler

Kuruma Zaman, (dakika)	Nem çeri i (g su / g kurumadde)*	Nem Oran, (MR)*
0	5,2510±0,0000	1,0000±0,0000
5	4,8296±0,0519	0,9110±0,0158
10	4,4148±0,0872	0,8294±0,0244
15	4,0062±0,1200	0,7493±0,0308
20	3,5936±0,1584	0,6677±0,0363
25	3,2206±0,1760	0,5944±0,0444
30	2,8618±0,2136	0,5262±0,0484
60	1,0259±0,2445	0,1705±0,0235
90	0,1368±0,1230	0,0178±0,0105

*De er ± standart sapma olarak verilmi tir.

Çizelge A14. % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 70°C'de kurutulan elma örne ine ait deneysel veriler

Kuruma Zaman, (dakika)	Nem çeri i (g su / g kurumadde)*	Nem Oran, (MR)*
0	5,7770±0,0000	1,0000±0,0000
5	5,2905±0,1053	0,9156±0,0090
10	4,8100±0,1490	0,8321±0,0152
15	4,3490±0,1854	0,7518±0,0209
20	3,8811±0,2214	0,6703±0,0273
25	3,4616±0,2625	0,5973±0,0307
30	3,0604±0,2771	0,5275±0,0372
60	1,1273±0,2467	0,1908±0,0426
90	0,2138±0,1244	0,0314±0,0209

*De er ± standart sapma olarak verilmi tir.

EK.B. REH DRASYON LEM NE ve K NET NE A T DENEYSSEL VER LER

Çizelge B1. 60°C'de kurutulan ön i lemsiz bamya örne inin nem içeri inin rehidrasyon zaman, ile de i imine ait deneysel veriler

Rehidrasyon Zaman, (dakika)	Nem içeri i (g su / g kurumadde)*
0	0,0072±0,0000
5	1,1442±0,6189
10	2,1415±0,0147
15	2,7701±0,1417
20	3,2936±0,1506
25	3,5488±0,1608
30	3,9277±0,3170
60	5,6395±0,3085
90	5,9765±0,2464
120	6,1079±0,2338
150	6,1723±0,2895
180	6,2746±0,2914
210	6,4351±0,2930
240	6,5057±0,3019
270	6,6158±0,2495

*De er ± standart sapma olarak verilmi tir.

Çizelge B2. % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan bamya örne inin nem içeri inin rehidrasyon zaman, ile de i imine ait deneysel veriler

Rehidrasyon Zaman, (dakika)	Nem içeri i (g su / g kurumadde)*
0	0,0140±0,0000
5	1,4768±0,2505
10	2,3523±0,2033
15	2,7278±0,1476
20	3,1128±0,2949
25	3,3877±0,2883
30	3,9223±0,1002
60	4,8399±0,3225
90	5,4488±0,3382
120	5,7729±0,3380
150	6,0402±0,4614
180	6,1062±0,2839
210	6,1269±0,1908
240	6,3594±0,3674
270	6,3832±0,3826

*De er ± standart sapma olarak verilmi tir.

Çizelge B3. % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan bamyaya örneğinin nem içeriğinin rehidrasyon zamanı ile de iimine ait deneysel veriler

Rehidrasyon Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*
0	0,0227±0,0000
5	1,7540±0,1746
10	2,3970±0,3411
15	3,0187±0,5379
20	3,6387±0,5214
25	3,9494±0,4891
30	4,3003±0,4043
60	5,7234±0,7274
90	6,1915±0,5271
120	6,5815±0,5522
150	6,7363±0,5072
180	6,9008±0,3480
210	7,0172±0,4082
240	7,2025±0,2763
270	7,2580±0,2536

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge B4. % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan bamyaya örneğinin nem içeriğinin rehidrasyon zamanı ile de iimine ait deneysel veriler

Rehidrasyon Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*
0	0,0558±0,0000
5	1,3121±0,0995
10	1,9838±0,2683
15	2,2777±0,1573
20	2,5877±0,1451
25	2,9308±0,1380
30	3,1677±0,1841
60	4,6583±0,5775
90	5,3134±0,5666
120	5,7276±0,6705
150	5,8566±0,6964
180	5,9571±0,7041
210	6,0410±0,8058
240	6,1003±0,8100
270	6,1638±0,7763

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge B5. % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan bamya örneğinin nem içeriğinin rehidrasyon zamanı ile de i imine ait deneysel veriler

Rehidrasyon Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*
0	0,0061±0,0000
5	2,3250±0,1671
10	3,2749±0,2970
15	3,8356±0,2524
20	4,4944±0,2831
25	4,8561±0,3127
30	5,1504±0,2594
60	6,2489±0,2574
90	6,6446±0,3545
120	6,9270±0,3465
150	7,1212±0,2855
180	7,2596±0,3523
210	7,3090±0,3260

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge B6. 70°C'de kurutulan ön i lemsiz bamya örneğinin nem içeriğinin rehidrasyon zamanı ile de i imine ait deneysel veriler

Rehidrasyon Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*
0	0,0268±0,0000
5	1,9520±0,9001
10	2,2792±0,0571
15	2,8301±0,2009
20	3,3445±0,1070
25	3,6806±0,2368
30	4,0230±0,1752
60	5,1686±0,4094
90	5,4791±0,6247
120	5,8955±0,5030
150	6,0969±0,5323
180	6,2836±0,3605
210	6,5006±0,3314
240	6,7015±0,4129

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge B7. % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 70°C'de kurutulan bamya örneğinin nem içeriğinin rehidrasyon zamanı ile de i imine ait deneysel veriler

Rehidrasyon Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*
0	0,0170±0,0000
5	1,8459±0,1842
10	2,7175±0,2496
15	3,2762±0,2960
20	3,7928±0,1979
25	4,2615±0,2313
30	4,7181±0,3937
60	5,9064±0,3607
90	6,3285±0,2339
120	6,5768±0,2421
150	6,6844±0,2818
180	6,7546±0,2974
210	6,9149±0,3027
240	7,0005±0,3333

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge B8. 60°C'de kurutulan ön i lemsiz elma örneğinin nem içeriğinin rehidrasyon zamanı ile de i imine ait deneysel veriler

Rehidrasyon Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*
0	0,0146±0,0000
5	1,2142±0,0557
10	1,8474±0,1357
15	2,3259±0,1397
20	2,5453±0,0944
25	2,7135±0,0919
30	2,7842±0,0918
60	2,8945±0,1266
90	2,9731±0,1563
120	3,0333±0,1840
150	3,0944±0,2161
180	3,1888±0,2376
210	3,2296±0,2020
240	3,2763±0,1516
270	3,2955±0,1398

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge B9. % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulmuş elma örneğinin nem içeriğinin rehidrasyon zamanı ile de i imine ait deneysel veriler

Rehidrasyon Zaman, (dakika)	Nem içeri i (g su / g kurumadde)*
0	0,1234±0,0000
5	1,4133±0,1792
10	2,3007±0,2109
15	2,9047±0,3063
20	3,2918±0,2656
25	3,4606±0,3364
30	3,6122±0,3265
60	3,7292±0,2788
90	3,8209±0,2483
120	3,9458±0,1918
150	4,1050±0,1509
180	4,1427±0,1476
210	4,1555±0,1663

*De er ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge B10. % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulmuş elma örneğinin nem içeriğinin rehidrasyon zamanı ile de i imine ait deneysel veriler

Rehidrasyon Zaman, (dakika)	Nem içeri i (g su / g kurumadde)*
0	0,0623±0,0000
5	1,4040±0,2130
10	2,2850±0,3511
15	2,9783±0,4238
20	3,4128±0,4083
25	3,5362±0,2349
30	3,7189±0,1813
60	3,8616±0,2029
90	4,0262±0,2829
120	4,1012±0,2300
150	4,1785±0,2024
180	4,2777±0,2000
210	4,3766±0,1953
240	4,4650±0,2237

*De er ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge B11. % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğinin nem içeriğinin rehidrasyon zamanı ile de iimine ait deneysel veriler

Rehidrasyon Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*
0	0,0114±0,0000
5	1,0863±0,0889
10	1,9305±0,1564
15	2,5170±0,3090
20	2,7739±0,4278
25	2,9596±0,4639
30	3,3057±0,5266
60	3,5889±0,3462
90	3,7281±0,3296
120	3,7990±0,3534
150	3,8152±0,3651
180	3,8632±0,3939
210	3,6291±0,2415
240	3,8979±0,4056

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge B12. % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmuş 60°C'de kurutulan elma örneğinin nem içeriğinin rehidrasyon zamanı ile de iimine ait deneysel veriler

Rehidrasyon Zaman, (dakika)	Nem içeriği (g su / g kurumadde)*
0	0,0955±0,0000
5	1,4195±0,0480
10	2,2408±0,2873
15	3,1864±0,3120
20	3,7094±0,2808
25	4,2320±0,4347
30	4,7211±0,5014
60	5,3948±0,4435
90	5,6653±0,5105
120	5,7773±0,4577
150	5,9860±0,3633
180	6,0121±0,4911
210	6,1485±0,5220

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge B13. 70°C'de kurutulan ön i lemsiz elma örne inin nem içeri inin rehidrasyon zaman, ile de i imine ait deneysel veriler

Rehidrasyon Zaman, (dakika)	Nem içeri i (g su / g kurumadde)*
0	0,2719±0,0000
5	1,9227±0,0413
10	2,7645±0,0834
15	3,2644±0,1470
20	3,6840±0,2251
25	3,8433±0,2307
30	3,9413±0,3038
60	4,2289±0,3489
90	4,4316±0,3831
120	4,7702±0,8300
150	4,5958±0,4494
180	4,6470±0,4561
210	4,7310±0,5186
240	4,7803±0,5676

*De er ± standart sapma olarak verilmi tir.

Çizelge B14. % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 70°C'de kurutulan elma örne inin nem içeri inin rehidrasyon zaman, ile de i imine ait deneysel veriler

Rehidrasyon Zaman, (dakika)	Nem içeri i (g su / g kurumadde)*
0	0,1585±0,0000
5	1,6020±0,0645
10	2,3738±0,01108
15	2,9100±0,2470
20	3,3426±0,2051
25	3,5598±0,2208
30	3,5657±0,3474
60	4,1142±0,3999
90	4,2697±0,3507
120	4,3879±0,3941
150	4,4878±0,4219
180	4,5472±0,4180
210	4,6454±0,4045
240	4,7065±0,3767

*De er ± standart sapma olarak verilmi tir.

Çizelge B15. Farklı kuruma koşullarında ultrasonik ön i leme tabii tutulmuş bamyaya örneklerine ait rehidrasyon oranı, ve su tutma kapasitesi değerleri

Ön i leme Koşulları,		Kuruma Sıcaklığı, (°C)	Rehidrasyon Oranı,*	Su Tutma Kapasitesi* (%)
Süre (dakika)	Genlik (%)			
-	-	60	7,5609±0,2477	49,1466±0,5257
10	100	60	7,2816±0,3773	51,3863±2,2737
20	100	60	7,8392±0,3992	42,8775±2,9681
20	55	60	6,6689±0,7632	57,2705±2,3434
30	100	60	8,3737±0,1312	45,0467±2,1121
-	-	70	7,3047±0,3228	48,2098±1,3023
20	100	70	7,7825±0,2976	38,9276±0,7794

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

Çizelge B16. Farklı kuruma koşullarında ultrasonik ön i leme tabii tutulmuş elma örneklerine ait rehidrasyon oranı, ve su tutma kapasitesi değerleri

Ön i leme Koşulları,		Kuruma Sıcaklığı, (°C)	Rehidrasyon Oranı,*	Su Tutma Kapasitesi* (%)
Süre (dakika)	Genlik (%)			
-	-	60	4,2335±0,1377	15,8193±0,3086
10	100	60	4,5893±0,1480	60,5970±1,5663
20	100	60	5,0614±0,1592	31,0933±1,0350
20	55	60	4,5771±0,2387	41,8617±0,7648
30	100	60	7,1013±0,7200	40,3121±1,5709
-	-	70	4,4987±0,4191	30,1459±1,5454
20	100	70	4,8732±0,3492	56,5034±0,5933

*Değerler ± standart sapma olarak verilmiştir.

EK.C. RES MLER



ekil C1. 60°C'de kurutulan ön i lemsiz bamyâ örnekleri



ekil C2. % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan bamyâ örnekleri



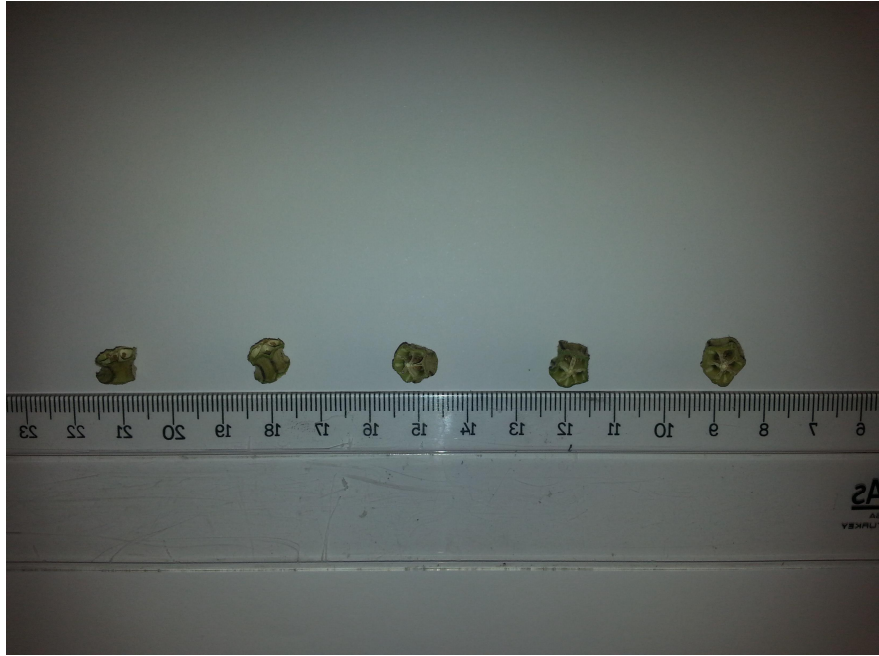
ekil C3. % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan bamya örnekleri



ekil C4. % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan bamya örnekleri



ekil C5. % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan bamy örnekleri



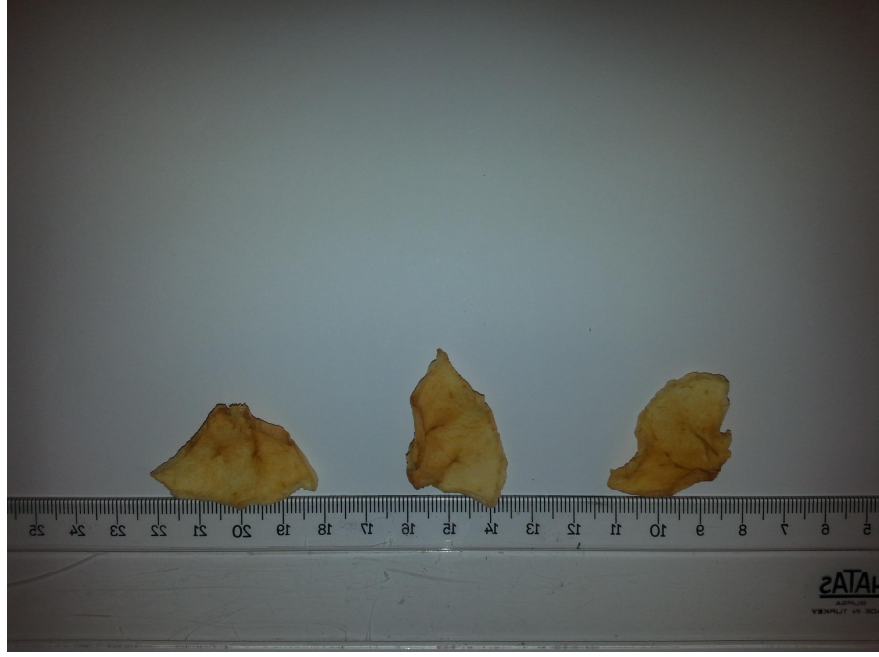
ekil C6. 70°C'de kurutulan ön i lemsiz bamy örnekleri



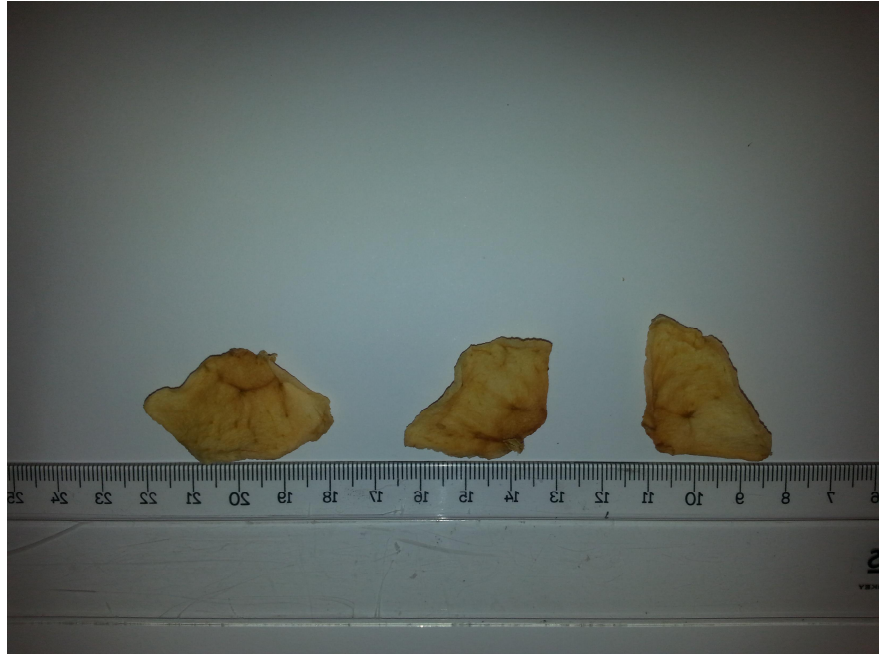
ekil C7. % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmuş 70°C'de kurutulmuş bamyas örnekleri



ekil C8. 60°C'de kurutulmuş ön i lemsiz elma örnekleri



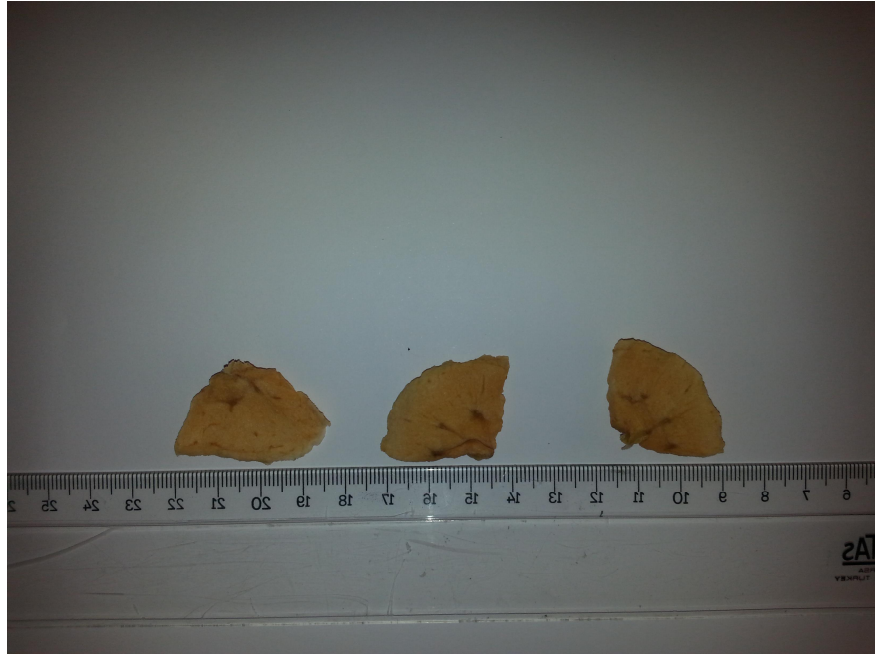
ekil C9. % 100 genlikte ultrasese 10 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan elma örnekleri



ekil C10. % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan elma örnekleri



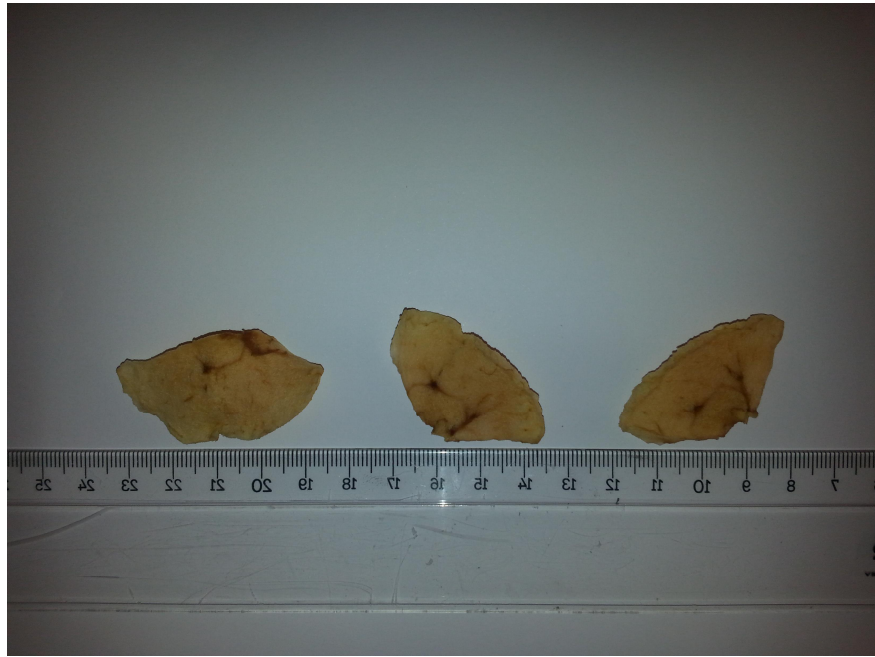
ekil C11. % 55 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan elma örnekleri



ekil C12. % 100 genlikte ultrasese 30 dakika süreyle tabi tutulmu 60°C'de kurutulan elma örnekleri



ekil C13. 70°C'de kurutulan ön i lemsiz elma örnekleri



ekil C14. % 100 genlikte ultrasese 20 dakika süreyle tabi tutulmu 70°C'de kurutulan elma örnekleri

10. ÖZGEÇM

Ad, Soyad, : Senem TÜFEKÇİ

Do ım Yeri ve Tarihi : Trabzon 16.06.1985

Lisans iversite : Ege iversitesi

Elektronik posta : stufekci@pau.edu.tr

leti im Adresi : So ukkuyu Mah. 1595 Sok. No:14/1

Kat:7 Daire:13 Kar ,yaka/ ZM R

Konferans listesi

ÉTüfekçi, S., Özkal, S.G., õEffect of Ultrasound Pretreatment on Drying Kinetics of Carrotö, International Food Congress Novel Approaches in Food Industry, 2014 (Ku adas,, Turkey)

ÉTok, T., Tüfekçi, S., õH,d,rellez In Turkish Cuisine Culture: Denizli Case Studyö, 2nd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, 2013 (Struga-Ohrid, Macedonia)

ÉTüfekçi, S., Özkal, S.G., õChemical and Physical Properties of Sour Plum Sauceseö, 2nd International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, , 2013 (Struga-Ohrid, Macedonia)

É Tüfekçi, S., Özkal, S.G., õÜzüm Kurutmada Ultrases Uygulamas,n,n Etkisinin Ara t,r,lmas,ö, 8. G,da Mühendisli i Kongresi, 2013 (Ba kent Ö retmen Evi, Ankara)

ÉTüfekçi, S., Özkal, S.G., õTan,mly,c, Zamana Ba l, ntensite Analiziö, 1. Tar,m ve G,da Kongresi, 2013 (Ni de iversitesi)

É Tüfekçi, S., Özkal, S.G., õSüt Teknolojisinde Ultrases Kullan,m,ö, Süt Endüstrisinde Yenilikçi Yakla ,mlar Sempozyumu, 2012 (Pamukkale iversitesi).

ÉTüfekçi, S., Özkal, S.G., õUltrases ve G,da Kurutma Teknolojisinde Kullan,m,ö, 2012 (Mustafa Kemal iversitesi)