

**AYVANIN KURUMASI SIRASINDA
YAPISINDA MEYDANA GELEN FİZİKSEL
DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ASLIHAN DENGE

**DANIŞMAN
Prof. Dr. İnci TÜRK TOĞRUL**

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCAK 2011

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AYVANIN KURUMASI SIRASINDA YAPISINDA MEYDANA GELEN
FİZİKSEL DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

ASLIHAN DENGE

DANIŞMAN
Prof. Dr. İnci TÜRK TOĞRUL

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

OCAK 2011

Aslıhan DENGİ tarafından hazırlanan

AYVANIN KURUMASI SIRASINDA YAPISINDA MEYDANA GELEN FİZİKSEL DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ

başlıklı bu çalışma lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili

maddeleri uyarınca

07/01/2011

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı, Soyadı

Başkan Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR

Üye Prof. Dr. İnci TÜRK TOĞRUL (Danışman)

Üye Yrd. Doç. Dr. Arzu YAKAR

imza



Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır

Doç. Dr. Rıdvan ÜNAL
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1 Kurutma ve Sınıflandırılması	3
2.2 Kurutmanın Amacı	5
2.3 Kurutmanın Temelleri	7
2.4 Gıdalarda Su Transferi	8
2.5 Kuruma Olayı ve Kuruma Hızı	11
2.6 Kurumada Meydana Gelen Başlıca Değişimler	15
2.6.1 Fiziksel Değişimler	15
2.6.1.1 Çözünür Madde Göçü	15
2.6.1.2 Kabuk Oluşumu	17
2.6.1.3 Büzülme	17
2.6.1.4 Kitle Yoğunluğunda Azalma	18
2.6.1.5 Kurumuş Ürünün Rehidrasyon Yeteneğindeki Değişim	18
2.6.2 Kimyasal ve Diğer Değişimler	20
2.7 Kuruma Hızına Etki Eden Faktörler	22
2.8 Meyvelerin Kurutulması	25
2.8.1 Kuru Meyveler	26
2.8.2 Meyvelerin Kurutulmasında Tavsiye Edilen Ön İşlemler	27
2.9 Kurutma İşlemleri ve Ekipmanları	29
2.10 Renk	34
2.10.1 Gıdalarda Esmerleşme Reaksiyonları	35
2.10.1.1 Kimyasal Esmerleşme	36
2.10.1.1.1 Maillard Tepkimesi	36

2.10.1.1.2 Askorbik Asit Oksidasyonu	38
2.10.1.1.3 Karamelizasyon	38
2.10.1.1.4 Şeker Parçalanması	39
2.10.1.2 Enzimatik Esmerleşme	40
2.11 Rehidrasyon	42
2.12 Kuru Meyvelerin Geleceği	44
2.13 Ayva	46
2.13.1 Ayvanın Sağlığa Faydaları	48
2.13.2 Ayva İstatistikleri	49
2.14 Literatür Araştırmaları	51
3. MATERYAL ve METOD	54
3.1. Materyal	54
3.2. Metot	54
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	56
4.1 Kurutma	56
4.1.1 Zamanla Boyutsuz Nem İçeriğinin Değişimi	56
4.1.2 Kuruma Hızları	67
4.1.3 Difüzyon Katsayıları	74
4.1.4 Aktivasyon Enerjisi	78
4.2 Renk	81
4.3 Rehidrasyon	89
4.3.1 Zamanla Nem İçeriğindeki Değişim	89
4.3.2 Rehidrasyon Oranı	94
4.3.3 Rehidrasyon Hızı	97
4.3.4 Briks	100
4.3.5 Difüzyon Katsayısı	101
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	104
6. KAYNAKLAR	111
6.1 İnternet Kaynakları	121

7. EKLER	122
EK-1 Ön işlemsiz ayvaların rehidrasyonu sırasında rehidrasyon sıvısının briks değerleri	122
EK-2 Askorbik asit ön işlemi ile kurutulmuş ayvaların rehidrasyonu sırasında rehidrasyon sıvısının briks değerleri	123
EK-3 %5 Na ₂ S ₂ O ₅ +%2 EO ön işlemi ile kurutulmuş ayvaların rehidrasyonu sırasında rehidrasyon sıvısının briks değerleri	124
EK-4 %5 Na ₂ S ₂ O ₅ ön işlemi ile kurutulmuş ayvaların rehidrasyonu sırasında rehidrasyon sıvısının briks değerleri	125
EK-5 Bal ön işlemi ile kurutulmuş ayvaların rehidrasyonu sırasında rehidrasyon sıvısının briks değerleri	126
EK-6 Glikoz ön işlemi ile kurutulmuş ayvaların rehidrasyonu sırasında rehidrasyon sıvısının briks değerleri	127
EK-7 Sakaroz ön işlemi ile kurutulmuş ayvaların rehidrasyonu sırasında rehidrasyon sıvısının briks değerleri	128
8. ÖZGEÇMİŞ	129

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AYVANIN KURUMASI SIRASINDA YAPISINDA MEYDANA GELEN FİZİKSEL DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ

Aslıhan DENGE
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İnci Türk TOĞRUL

Bu çalışmada, Adapazarı bölgesinde yetişen ekmek tipi olgun ayvaların kurutma kinetikleri ve rehidrasyon yetenekleri ile kurutmaya ilişkin toplam renk değişimleri incelendi. Bu amaçla ayvalar ön işlemler uygulanarak ve ön işlemsiz olarak farklı kalınlıklarda ve farklı sıcaklıklarda etüvde, sabit sıcaklıkta farklı vakum basınçlarında ve sabit vakum basıncında farklı sıcaklıklarda vakumlu etüvde ve farklı mikrodalga güç seviyelerinde mikrodalga kurutucuda kurutuldu. Kurutma başında ve kurutma sonunda renk ölçümleri yapıldı. Kurutma deneylerinde kurutulan örnekler laboratuvar sıcaklığındaki saf su ortamında rehidre edildi.

Ön işlem olarak 65 brikse sahip bal, glikoz ve sakaroz şekerli çözeltileri; %5 Na₂S₂O₅ ve %5 Na₂S₂O₅ + %2 EO kimyasal çözeltileri ile askorbik asit kullanıldı. Rehidrasyon sıvısı olarak yalnızca laboratuvar sıcaklığında saf su kullanıldı.

Kurutma hızının artan etüv ve vakumlu etüv sıcaklığıyla, vakum basıncıyla, mikrodalga güç seviyesiyle ve azalan kalınlıkla arttığı görüldü. Bu koşullarda zamanla azalan nem içeriğinin daha düşük değerlere ulaştı. Difüzyon katsayısının kalınlık hariç, kurutma hızını artıran tüm koşullarla ve artan kalınlıkla arttığı gözlemlendi. Kurutma aktivasyon enerjisinin kalın örneklerde düşük olduğu belirlendi. Uygulanan ön işlemler kurutma aktivasyon enerjilerine göre sıralandığında şekerli çözeltiler > askorbik asit > kimyasal çözeltiler şeklinde bir sonuç bulunmuştur. En hızlı kurumanın sırasıyla mikrodalga, vakumlu etüv ve etüvde gerçekleştiği görüldü.

Toplam renk değişimi en çok mikrodalga ile kurutulan örneklerde en az vakumlu etüvde kurutulan örneklerde görülmüştür. Tüm yöntemlerde en çok renk değişimi gözlenen ön işlemler sırasıyla askorbik asit, şeker çözeltileri, ön işlemsiz ve kimyasal çözeltiler şeklindedir.

Hızlı kuruyan örneklerin hızlı rehidre oldukları görüldü. Bu açıdan 10 mm kalınlıktaki örneklerin rehidrasyon hızları ve rehidrasyon oranları çoktan aza doğru mikrodalga, vakumlu etüv ve etüvde kurutulan ayvalar olarak sıralanmaktadır. İnce örneklerin rehidrasyon hızları daha yüksek bulundu.

2011, 129 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ayva, kurutma, ön işlem, toplam renk değişimi, rehidrasyon, difüzyon katsayısı, aktivasyon enerjisi

ABSTRACT
M. Sc. Thesis

**INVESTIGATION OF PHYSICAL CHANGES OCCUR IN QUINCE
STRUCTURE DURING DRYING**

Aslıhan DENGE

Afyon Kocatepe University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. İnci Türk TOĞRUL

In this study; dehydration kinetics, rehydration characteristics and total color changes in dehydration of ekmek species of quince, growth in Adapazarı province, were investigated. For this aim, pre-treated and fresh quinces dried with different thicknesses at different temperatures in drying oven; at a constant vacuum pressure but different temperatures and at a constant temperature but different vacuum pressures in vacuum drying oven and at different microwave power degrees in microwave dryer. At the beginning and at the end of drying, color measurements were taken. Samples dried in drying analyses, were rehydrated in pure water at laboratory temperature. As pre-treatment being; honey, sucrose and glyucose sugary solutions which are 65 brix, %5 Na₂S₂O₅ and %5 Na₂S₂O₅ + %2 EO chemical solutions and ascorbic acid were used. As rehydration liquid being; only pure water at laboratory temperature was used. It was seen that dehydration velocity was increased with increasing temperatures of drying oven and vacuum drying oven, vacuum pressure, microwave power degree and with decreasing thickness. At these conditions, decreasing moisture content with time was reached lower values. It was observed that diffusion coefficient was increased with conditions (except thickness) which increased the dehydration velocity and with increasing thickness. It was determined that drying activation energy was lower in thick samples. When pre-treatments are sorted by drying activation energy values a result like; sugary solutions > ascorbic acid > chemical solutions was found. It was observed that microwave dryer > vacuum drying oven > drying oven when the methods are sorted by their dehydration velocities. It was observed that total color change in dried samples was seen most in microwave drying, least in vacuum drying. In all methods, most color change with regard to pre-treatments was like in samples with ascorbic acid > samples with sugary solutions > fresh samples > samples with chemical solutions. It was determined that the samples which dried faster were rehydrated faster ,too. In that respect, for 10 mm thickness, velocity of rehydration and rehydration ratio of samples are highest to lowest listed as quinces dried in microwave, vacuum drying oven and drying oven. Rehydration ability of thinner samples was found higher than thicker samples.

2011, 129 pages

Keywords: Quince, drying, pre-treatment, total color change, rehydration, diffusion coefficient, activation energy

TEŞEKKÜR

İki buçuk yıl süren yüksek lisans öğrenimim boyunca, sabırla, ilgiyle, sevgiyle ve hep özenle hiçbir yardımını esirgemeyerek yalnızca tez danışmanım değil, birçok konuda ışığım olan çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. İnci TÜRK TOĞRUL' a...

Akademik hayata teşvikleriyle daha çok çalışmamı sağlayan, her konuda olduğu gibi yüksek lisans çalışmalarım da destek ve yardımlarıyla yalnız bırakmayan Sayın Doç. Dr. Hasan TOĞRUL' a

Araştırmam boyunca anlayış ve sabırlarıyla yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR ve Öğr. Grv. Gökhan AKARCA ile kaynak temini konusunda destek veren Öğr. Grv. Levent ŞEN' e

En stresli, en üzgün, en heyecanlı, en mutlu kısacası her anımda, her türlü destekleriyle, hep ellerinden gelenin fazlasını yaparak yanımda olan sevgili AİLEM' e

Ne kadar yetmeyeceğini bilsem de, sonsuz teşekkür ediyorum.

Aslıhan DENGE
Afyonkarahisar, Ocak 2011

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

- a_w , Su aktivitesi
- D , Katı içinden nem difüzyon hızı (m^2/s)
- dw/dt , Suyun difüzyonel akısı (kg/s)
- A , Kesit alanı (m^2)
- c , Kuyun konsantrasyonu
- ρ_s , Katı yoğunluğu (kg/m^3)
- m , Su içeriği ($kg su/kg katı$)
- x , Difüzyon yönündeki mesafe
- l , Suyun boyu (m)
- r , Kapiler yarıçapı (m)
- g , Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
- ρ_L , Sıvının yoğunluğu (kg/m^3)
- γ , Yüzeyde serbest enerji
- b , Geçirgenlik ($kg/m Pa.s$)
- p , Suyun kısmi basıncı (Pa)
- h , Kurutulan madde yüzeyindeki koşullara bağlı bir ısı transfer katsayısı
(konvektif ısı transfer katsayısı $kcal/m^2.saat^\circ C$)
- T_a , Havanın kuru termometre sıcaklığı $^\circ C$
- T_w , Havanın yaş termometre sıcaklığı, $^\circ C$
- λ , Suyun buharlaşma gizli ısısı $kcal/kg$
- k_m , Gıda maddesindeki rutubetin, ortamdaki havaya geçişini tamamlayan kütle transfer katsayısı ($kg kuru hava /m^2.saat$)
- H_w , Havanın yaş termometre sıcaklığında (T_w) doymuş haldeki mutlak nemi $kg su buharı/kg kuru hava$
- H_a , Havanın bulunduğu koşullarda (T_a) mutlak nemi $kg su buharı/kg kuru hava$
- L , Kurutulan ürün kalınlığının yarısı
- M_e , Kurutulan ürünün denge bağıl nemi (ERH)
- M_c , Ürünün kritik nem oranı ($kg su / kg kuru madde$)

β ,	Dt/L^2
a,	$(\pi/2)^2$
M,	t anındaki nem içeriği
t,	Kuruma zamanı
k,	Kuruma sabiti
MR,	Nem oranı
M ₀ ,	Başlangıç nem içeriği
T _g ,	Camsı geçiş sıcaklığı

2. Kısaltmalar

Na ₂ S ₂ O ₅	Sodyum meta bisülfıt
EO	Etil Oleat
ERH	Denge bağıl nemi
IR	Infrared radyasyon
DOV	şarap üretimi için ağaç üzerinde üzüm kurutma
RW	Kırılma Penceresi
MW	Mikrodalga
MPa	Mega paskal
PPO	Polifenol oksidaz
O-DFO	Orto-difenol-oksidad
P-DFO	Para-difenol-oksidad

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Kapilerdeki artışın şematik gösterimi	9
Şekil 2.2 Nem içeriği ve su kondüktivitesi ilişkisi	9
Şekil 4.1 Kuruma sırasında ayvaların zamanla nem içeriğindeki değişime kalınlığın etkisi (75°C)	57
Şekil 4.2 Kuruma sırasında ayvaların zamanla nem içeriği değişimine sıcaklığın etkisi (5 mm kalınlık)	58
Şekil 4.3 Kuruma sırasında ayvaların zamanla nem içeriğindeki değişime sıcaklığın etkisi (0,04 MPa vakum basıncı)	59
Şekil 4.4 Kuruma sırasında ayvaların nem içeriğindeki değişime uygulanan vakum basıncının etkisi (65°C)	60
Şekil 4.5 Kuruma sırasında ayvaların nem içeriğindeki değişime mikrodalga güç seviyelerinin etkisi	62
Şekil 4.6 Ayvaların zamanla boyutsuz nem içeriğindeki değişime kurutma yöntemlerinin etkisi	64
Şekil 4.7 Ayvaların 75°C’de etüvde kurutulmaları sırasında zamanla boyutsuz nem içeriklerindeki değişime ön işlemlerin etkisi	65
Şekil 4.8 0,04 MPa 75°C’de vakumlu etüvde kurutulan ayvaların zamanla boyutsuz nem içeriklerindeki değişime ön işlemlerin etkisi	66
Şekil 4.9 100 W mikrodalga güç seviyesinde kurutulan ayvaların zamanla boyutsuz nem içeriklerindeki değişime ön işlemlerin etkisi	66
Şekil 4.10 Ayvanın kuruma hızına kalınlığın etkisi (65°C)	68
Şekil 4.11 Sıcaklıkla kuruma hızı değişimi (5 mm)	69
Şekil 4.12 Sıcaklığın ayvanın kuruma hızına etkisi (0,04 MPa)	71
Şekil 4.13 Ayvanın kuruma hızına uygulanan vakum basıncının etkisi (65°C)	72
Şekil 4.14 Kuruma hızına mikrodalga güç seviyelerinin etkisi	73
Şekil 4.15 Ayvaların difüzyon katsayılarına sıcaklık ve kalınlığın etkisi	75
Şekil 4.16 Sabit basınçta vakumlu etüvde kurutulan ayvaların sıcaklıkla difüzyon katsayılarındaki değişim (0,04 MPa)	76
Şekil 4.17 Sabit sıcaklıkta farklı vakum basınçlarının ayvaların difüzyon katsayılarına etkisi (65°C)	77

Şekil 4.18 Mikrodalga güç seviyeleri ile ayvaların difüzyon katsayılarındaki değişim	78
Şekil 4.19 Ayvaların toplam renk değişimine sıcaklığın etkisi	83
Şekil 4.20 Vakumlu etüvde sabit sıcaklıkta (65°C) kurutulan ayvaların uygulanan vakum etkisiyle toplam renk değişimleri	83
Şekil 4.21 Mikrodalga kurutucuda kurutulan ayvaların mikrodalga güç seviyeleri etkisiyle toplam renk değişimleri	85
Şekil 4.22 Farklı kurutma ortamlarının ön işlemsiz ayvaların toplam renk değişimine etkisi	85
Şekil 4.23 Farklı kurutma ortamlarının sakaroz ön işlemlili ayvaların toplam renk değişimine etkisi	86
Şekil 4.24 Farklı kurutma ortamlarının glikoz ön işlemlili ayvaların toplam renk değişimine etkisi	86
Şekil 4.25 Farklı kurutma ortamlarının bal ön işlemlili ayvaların toplam renk değişimine etkisi	86
Şekil 4.26 Farklı kurutma ortamlarının % 5 Na ₂ S ₂ O ₅ ön işlemlili ayvaların toplam renk değişimine etkisi	87
Şekil 4.27 Farklı kurutma ortamlarının % 5 Na ₂ S ₂ O ₅ + %2 EO ön işlemlili ayvaların toplam renk değişimine etkisi	87
Şekil 4.28 Farklı kurutma ortamlarının askorbik asit ön işlemlili ayvaların toplam renk değişimine etkisi	87
Şekil 4.29 Ayvaların kuruma sırasında toplam renk değişimlerine kurutma yöntemlerinin etkisi	89
Şekil 4.30 Ayvaların rehidrasyonuna kalınlığın etkisi	90
Şekil 4.31 Farklı sıcaklıkta kurumanın ayvanın rehidrasyonuna etkisi	91
Şekil 4.32 Farklı vakum derecelerinde kurumanın rehidrasyona etkisi	92
Şekil 4.33 Farklı mikrodalga güç seviyelerinde kurutmanın rehidrasyona etkisi	92
Şekil 4.34 Farklı kurutma yöntemlerinin ayvaların rehidrasyonuna etkisi	93
Şekil 4.35 Etüvde kurutulan ayvaların rehidrasyon oranına kalınlığın ve sıcaklığın etkisi	95
Şekil 4.36 Kurutmada kullanılan ön işlemlerin rehidrasyon oranına etkisi	96

Şekil 4.37 Kurutma tekniklerinin rehidrasyon oranına etkisi (Sakaroz ön işlemleri örnekleri)	96
Şekil 4.38 Etüvde kurutulmuş ayvaların rehidrasyon hızlarındaki değişim	98
Şekil 4.39 450 W mikrodalga güç seviyesinde kurutulmuş ayvaların rehidrasyon hızlarındaki değişim	98
Şekil 4.40 Farklı vakum uygulaması ve sıcaklık ile kurutulmuş ayvaların rehidrasyon hızlarındaki değişim	99
Şekil 4.41 Rehidrasyon sıvısının briks değerinin zamanla değişimi	101

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1 Bazı gıda gruplarının su aktiviteleri	6
Çizelge 2.2 Sprey kurutma ve dondurarak kurutmanın genel avantajları ve dezavantajları	33
Çizelge 2.3 100 g ayvada bulunan besin öğeleri	47
Çizelge 2.4 Yıllara göre bitkisel ürün denge tablosu (Ayva)	50
Çizelge 2.5 Yıllara göre ayva ağaç sayısı	50
Çizelge 3.1 Kurutma deneylerinde kullanılan ayvaların başlangıç nem içerikleri	55
Çizelge 4.1 Etüvde farklı kalınlıklarda ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan ayvaların aktivasyon enerjileri (kj/mol)	79
Çizelge 4.2 Farklı ön işlem görerek normal, vakumlu etüv ve mikrodalgada kurutulan ayvaların kuruma aktivasyon enerjileri	80
Çizelge 4.3 Ayvanın rehidrasyonu sırasında nem difüzyon katsayıları	102

1.GİRİŞ

Ayva (*Cydonia oblonga*), gülgiller (Rosaceae) familyasından 4-5 m boylanan, kırmızı kahverengi gövdeli meyve ağacıdır. Meyvesinde pektin, tanen, şeker, organik asit, A ve C vitamini ve mineral tuzlardan bol miktarda bulunduğunu, tohumlarında ise yüzde 14-18 oranında tutkal maddeler, yüzde 16-20 oranında yağ, tanen, renkli maddeler ve yüksek oranda protein, az miktarda amygdalin ve emülsin olduğunu belirten Prof. Dr. Karadeniz'e göre; ayva kalp, akciğer, boğaz, mide, böbrek, göz, bağırsak, ağız rahatsızlıklarına oldukça faydalı bir meyvedir (İnt. Kyn.1). Ekim ayında hasatı yapılan bu meyve, yalnızca sonbahar-kış döneminde temin edilebildiğinden; raf ömrünü artırmak ve duyuşal özelliklerini geliştirmek amacıyla reçel, jel, marmelat ve meyve suyu olarak değerlendirilir. Bu çalışmada, bir başka gıda muhafaza yöntemi olan kurutma, kullanılarak "kuru ayva" üretimi gerçekleştirilmiş ve bir alternatif sunulmuştur.

Gıdaların kurutulması gıda maddesinden nemin uzaklaştırılması olarak tanımlanır. Gıdaların kurutularak dayandırılma yöntemi ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski muhafaza yöntemi ise de işlemin endüstriyel boyuta taşınması 18. yüzyılda gerçekleşmiştir. Gıda maddelerine uygulanan kurutmanın en önemli amacı, depolama sırasında ürünün bozulmasını önlemektir. Kurutma ile ürünün nemi mikrobiyal gelişme ve diğer reaksiyonları sınırlamaya yeterli seviyeye düşürülerek bu amaca ulaşılır. Ayrıca nem miktarının düşürülmesiyle tat, koku ve besin değeri gibi kalite özelliklerinin de korunması sağlanmaktadır. Kurutma işleminin diğer bir amacı da, ürün hacmini azaltarak taşınma ve depolanmasında verimliliği artırmaktır (Acar ve Us 2006).

Renk, ışığın spektral dağılımından meydana gelen görsel bir özellik olmasına rağmen gıdaların duyuşal özellikleri yönünden ele alındığında, tüketici tercihi açısından, gıdanın çekiciliğinde önemli bir rol oynamakta ve lezzet üzerine beklenti yaratmaktadır. Ancak gıda üretim teknolojileri dikkate alındığında gıdalar; işleme, depolama ve satışa sunma

gibi çeşitli aşamalarda ısı, ışık, pH, oksijen gibi fiziksel ve kimyasal koşullara bağlı olarak renk solması ve kaybına uğramaktadırlar (İnt. Kyn. 2). Bu çalışmada, kurutma sırasında ayvada renk esmerleşmelerini önlemek için ön işlemler uygulanmış ve ön işlemsiz ve ön işlemlerle ayvalarda kurutmaya oluşan toplam renk değişimleri belirlenmiştir.

Rehidrasyon kapasitesi veya rehidrasyon hızı ürünün immersiyonla absorbe edebildiği maksimum su miktarıdır. Rehidrasyon toplam veya kısmi bir sulandırma sonrasında kullanılacak olan ürünler için önemlidir (Oliveria and Oliveria 1999). Rehidrasyon, kuru formda tüketilmeleri çok zor ya da duyuşal açıdan olumsuz olan ürünlerin bünyelerine tekrar su almalarını sağlar ve tüketimlerini kolaylaştırır. Ayvanın kuru formu oldukça düşük nem içeriği nedeniyle çok serttir ve ayrıca duyuşal açıdan zenginleştirilmeye ihtiyaç duymaktadır. Bu durumda kuru ayva rehidre edildikten sonra şeker gibi duyuşal yönü kuvvetlendirici bazı katkılarla komposto, meyve suyu, reçel gibi ürünlere dönüştürülebilir. Dolayısıyla mikrobiyolojik ya da enzimatik bozulmalardan korumak amacıyla kurutulup depolanmış ayvalar, istenilen zamanda başka ürünlere dönüştürülebilir nitelik kazanmış olur.

Bu çalışmada, Adapazarı bölgesinde yetişen ekmek tipi olgun ayvaların kurutma kinetikleri ve rehidrasyon yetenekleri ile kurutmaya oluşan toplam renk değişimleri incelendi. Bu amaçla ayvalar ön işlemler uygulanarak ve ön işlemsiz olarak farklı kalınlıklarda ve farklı sıcaklıklarda etüvde, sabit sıcaklıkta farklı vakum basınçlarında ve sabit vakum basıncında farklı sıcaklıklarda vakumlu etüvde ve farklı mikrodalga güç seviyelerinde mikrodalga kurutucuda kurutuldu. Kurutma başında ve kurutma sonunda renk ölçümleri yapıldı. Kurutma deneylerinde kurutulan örnekler laboratuvar sıcaklığındaki saf su ortamında rehidre edildi.

Elde edilen veriler grafiklere ve tablolara dönüştürülerek yorumlandı ve bunların literatürle uyumları araştırıldı. Sonuçta, ayva meyvesinin farklı kurutma ortamlarında, farklı ön işlemlerle kurutulmasının; kurutma parametrelerine, kurutmaya oluşan renk değişimlerine ve rehidrasyonlarına etkisi araştırıldı.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Kurutma ve Sınıflandırılması

Gıdaların kurutulması dayandırılmaları yöntemi, insanın doğadan öğrendiği ve bu yüzden ilk çağlardan beri uygulanmakta olan en eski muhafaza yöntemidir. Gerçekten bu yöntem doğada çoğu zaman kendi kendine gerçekleşmekte ve örneğin, çeşitli tahıllar ve baklagiller tarlada kendi halinde kuruyarak dayanıklı hale gelebilmektedir. Doğada kuruma, güneş ısıyla gerçekleşmekte olduğundan, kurumanın her yerde ve her zaman bu yolla sağlanması olanaksızdır. Bu yüzden birçok ürünün diğer yöntemlerle kurutulma yolları geliştirilmiştir.

Buna göre, gıdaların ya güneş ısından yararlanılarak veya başka kaynaklardan elde edilen ısı yardımıyla kurutulduğu anlaşılmaktadır. Bu iki ayrı uygulama, bazı yabancı dillerde farklı kelimelerle tanımlanabilmektedir. Örneğin İngilizce'de "drying" sözcüğü güneşte kurutmayı, "dehydration" sözcüğü ise diğer yollarla kurutmayı tanımlamaktadır (Cemeroğlu ve Özkan 2004). Başka bir ifadeyle, kurutma işleminin kapalı alanlarda ve kontrol edilebilir koşullarda yapılması yöntemine "yapay kurutma" denir ve doğal kurutma konusunda kullanılan terimler "drying", "dried-fruits" ve "sundried" şeklindeyken, yapay kurutma için "dehydration" terimi kullanılmaktadır (Saldamlı 2004). Ancak bu ayrıma her zaman uyulmadığı ve her iki kelimenin çoğu kez eş anlamda kullanıldığı da görülmektedir. Nitekim "dried fruits" dendiği zaman, hem güneşte ve hem de diğer yollarla kurutulmuş meyveler kastedilebilmektedir. Buna karşın bazen "sun-dried fruits" ve "dehydrated fruits" gibi kesin bir ayrıma da rastlanmaktadır.

Kurutmanın sınıflandırılmasında yapay - doğal sınıflandırılmasından başka kurutulacak maddedeki suyun uzaklaştırılması amacıyla gerekli ısının taşınma yöntemine göre sınıflandırılması da mümkündür. Bu açıdan konveksiyon kurutma, kontakt kurutma ve radyasyon kurutma olmak üzere başlıca üç farklı kurutma yöntemi söz konusudur.

Konveksiyon kurutmada suyun buharlaşması için gerekli ısı, bir gaz tarafından yani çoğunlukla, hava tarafından taşınır. Sıcak hava, kurutulacak materyalin içinden, üzerinden ve arasından geçirilir. Bu yöntem genel olarak; "sıcak hava kurutma" tekniği olarak bilinir. Kurutulan maddenin niteliklerine bağlı olarak bu yöntemin, birçok uygulama çeşidi vardır. Örneğin; tünel kurutucular, akışkan yatak kurutucular, püskürterek kurutucular bu yöntemin bazı değişik uygulamalarıdır.

Kontakt kurutma yönteminde ise evaporasyon için gerekli ısı, kondüksiyonla taşınır. Yani, kurutulacak madde hareketsiz kalırken veya hareket ederken bu sırada temas ettiği sıcak yüzeyden maddeye ısı taşınır. Bu yöntemin de çok çeşitli uygulamaları mevcut olup, en yaygın örneği valsli (silindirik) kurutuculardır (Cemeroğlu ve Özkan 2004).

Radyasyondan yararlanılarak kurutmada, kurutulacak materyale ısı; herhangi bir maddi taşıyıcıya gerek duyulmaksızın sistemdeki bir radyasyon kaynağı ile ulaştırılmaktadır. Başka bir ifadeyle radyasyon ile kurutmada; mikrodalga, dielektrik veya infrared gibi elektromanyetik enerji türlerinden yararlanılmaktadır (Garcia et al. 1988, Fellows 1993, Feng and Tang 1998).

Meyve sebzeler veya genel olarak çeşitli ürünler güneşte veya yapay kurutucularda kurutulabilmektedir. Ancak her ürünün güneşte kurutulması hem olanaklı değil ve hem de doğru değildir. Ayrıca her bölge güneşte kurutma uygulamasına elverişli olmayabilir. Aynı şekilde güneşte kurutmada hijyenik koşulları kontrol etmek mümkün olamamakta ve kurutulan ürün açık alanda, çeşitli böcek, kuş ve benzer hayvanların zararına uğramakta ve ayrıca ürün tozlanmaktadır. Bunun gibi, güneşte kurutulan meyvelerde solunumun bir süre devam etmesi ve hatta çoğu kez hafif bir fermentasyon belirmesi nedeniyle, madde kayıpları oluşmakta ve sonuçta verim, yapay kurutmaya göre biraz daha düşmektedir. Ancak güneşte kurutulmuş bazı meyvelerin renginin yapay yolla kurutulanlardan daha iyi olduğu gözlenmektedir. Bunun nedeni ise güneşte kurutmada, tam olgunlaşmamış bazı meyvelerde kurutma başlangıcında, renkte bir gelişme oluşmasıdır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

2.2 Kurutmanın Amacı

Kurutmanın esas amacı, mikroorganizma aktiviteleri sebebiyle oluşan tehlikeli veya arzu edilmeyen değişikliklerin oluşmasını engellemektir. Bu amaç, su aktivitesini mikrobiyel aktivitenin eşik değerinin altına düşürerek sağlanmaktadır. Nem içeriğinin ve su aktivitesinin azaltılması, kalitede mikrobiyel kaynaklı olmayan, özellikle enzim aktivitesi, enzimatik olmayan esmerleşme ve hidrolitik reaksiyonlardan kaynaklanan değişikliklerin oluşma ihtimalini azaltmaya da yardımcı olabilir.

Kurutmanın diğer amaçları;

- ✓ Nakliyeti kolaylaştırmak için ağırlık kaybı
- ✓ Hacim azalması
- ✓ Kızartma gibi daha sonraki işlemler için bir hazırlık olarak kullanılacak olan bir gıda yapısı oluşturulması
- ✓ Arzu edilen bileşiklerin yoğunlaştırılması

olarak sıralanabilir (Karel and Lund 2003).

Mikroorganizmaların bir gıdanın bozulmasına neden olabilmesi için, herşeyden önce ortamda yararlanabileceği nitelikte suyun bulunması gerekmektedir. Örneğin; daha düşük oranda su içeren kuru sebze hızla bozulurken, 2.5 misli daha fazla su içeren kuru meyvenin mikrobiyolojik bozulmaya karşı son derece dirençli olduğu görülebilir. Başka bir anlatımla kuru sebzedeki % 10 oranındaki su ile kuru meyvedeki % 25 oranındaki su, mikroorganizmalar için aynı nitelikte değildir. Şu halde suyun, mikroorganizmalar tarafından yararlanılabilirliğini belirten bir kavrama, yani bir ölçüte gereksinim vardır. Bu ölçüt, "su aktivitesi"dir. Özetle bir gıdanın su aktivitesi, o gıdadaki suyun mikroorganizmalar için yararlanılabilirlik ölçüsüdür. İşte; kurutma ile gıdalardaki suyun önemli bir kısmı uzaklaştırılarak ortama, mikroorganizmalar için elverişsiz bir nitelik kazandırılmaktadır.

Taze meyve ve sebzelerin su aktiviteleri çoğunlukla $a_w = 0,970 - 0,996$ arasında bulunmaktadır (Cemeroğlu ve Özkan 2004). Gıdalarda bozulma etmeni olan bakterilerin çoğu ise $a_w = 0,90$ altında faaliyette bulunmazlarken, küflerin faaliyetlerinin sona erdiği su aktivitesi alt sınırının $a_w = 0,70 - 0,75$ arasında olduğu kabul edilmektedir (Troller 1980). Şu halde taze meyve ve sebzeler su aktivitesi bakımından mikrobiyolojik yolla bozulmaya elverişli gıdalardır. Çizelge 2.1’de görüldüğü üzere meyve ve sebzelerin kurutulmaları sonucu elde edilen su aktivitesi değerleri, kurutmaya mikrobiyolojik yolla bozulmanın engellenebileceğini gösterir.

Çizelge 2.1 Bazı gıda gruplarının su aktiviteleri (Chou 1974, Hall 1980, Jay 2000)

Gıdalar	Su aktivitesi (a_w)
Kuru meyveler	0.60-0.75
Kuru sebzeler	0.30-0.40
Reçel-marmelat	0.80-0.91
Meyve suyu konsantreleri	0.79-0.84
Tahıllar ve baklagiller	0.65-0.75
Bal	0.75
Kek ve kuru pasta	0.60-0.90
Şekerlemeler	0.60-0.65
Meyveli kekler	0.73-0.83
Ekmek	0.96
Dondurulmuş gıdalar	0.60-0.90

Kurutmanın diğer amaçlarından olan; nakliyei kolaylaştırmak için ağırlık kaybı ve hacim azalması, üründen suyun uzaklaşması ile gerçekleşmektedir. Örneğin %12 kuru madde içeren yaklaşık 1 kg portakal suyu dehidrasyonu sonunda, 125 g kuru madde elde edilmektedir. Bir başka deyişle, ağırlık 1/8 oranında azaltılmaktadır. Bu azalma taşıma ve depolama yönlerinden önemlidir (Saldamlı 2004).

Arzu edilen bileşiklerin yoğunlaştırılması, kurutulmuş gıdalarda besin öğelerinin zenginleşmesiyle ilgili bir durumdur. Burada gıdaya ilave edilen herhangi bir besin öğesi olmayıp yalnızca ortamdaki su miktarının azalmasından kaynaklanan madde miktarındaki düşüş, ağırlık başına düşen besin öğesi miktarını artırmaktadır.

2.3 Kurutmanın Temelleri

Kurutma; metod, uygulanabilirlik ve değişkenlik bakımından belki de en çok yönlü muhafaza yöntemidir ve oysa dehidrasyonun altında yatan ilke oldukça basittir; bir materyal nem içeriği istenen seviyeye düşene kadar suyun kısmi basıncından düşük bir ortama yerleştirilir. Kullanılan ortam genellikle yüksek vakumdan atmosferik basınca veya daha yüksek basınçlara kadar olan basınçlarda ki havadır, ancak kızgın buhar, kızgın yağ, çözücüler veya çözeltiler de bu amaç için kullanılabilir. Katı dehidrasyon ajanları, örneğin; tuz, da kullanılabilir ancak bu durumda temas eden ortam çözünür tuzlar için ya bir çözeltilidir ya da nem çekici tuzlar için havadır.

Uzaklaştırılacak gıda bileşeni tarafından tutulmuş su, sıvı formda ya da buz halinde bulunabilir. Dehidrasyon proseslerinin dizaynı ve uygulanması bu yüzden ilk olarak gıdadaki nem ve dehidrasyon ortamındaki nem arasındaki denge ilişkilerinin anlaşılmasına bağlıdır. Bunlar dehidrasyon prosesi için yürütücü kuvveti belirler.

Dehidrasyon direnci iki duruma bağlıdır:

- 1) Sıvı ya da buhar fazdaki suyun transferi, kütle transfer direncine bağlıdır ve bu yüzden kütle transfer direncine
- 2) Sıvı fazdan veya gıda tarafından tutulan fazdan suyun transferi buharlaşma, soğurma ve erime gizli ısıları için bir enerji uygulanmasını gerektirir ve bu yüzden ısı transferine

Bazı proseslere bağlı olarak suyun uzaklaştırılması ısı ya da kütle transferiyle engellenebilir ya da dehidrasyon dirençleri bu iki transfer olayına engel olabilir ve bu iki durum birbirine bağlıdır.

2.4 Gıdalarda Su Transferi

Dehidrasyon ısı ve kütle transferleriyle kombine bir prosestir. Dehidrasyon sırasında gıdadaki suyun gıda içerisinde hareketiyle oluşması irdelenmelidir. Transferin üç hali önemlidir; sıvı fazdaki suyun difüzyonu, kapiler transfer ve su buharı difüzyonu.

Sıvı fazdaki suyun difüzyonu konsantrasyon farklılıklarıyla yürütülür ve hızı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\frac{dw}{dt} = -DA \frac{dc}{dx} = -DA\rho_s \frac{dm}{dx} \quad (2.1)$$

D= katı içinden nem diffüzivitesi (m²/s)

dw/dt=suyun difüzyonal akısı(kg/s)

A= kesit alanı(m²)

c= suyun konsantrasyonu

ρ_s = katı yoğunluğu(kg/m³)

m= su içeriği(kg su/kg katı)

x= difüzyon yönündeki mesafe

Kapilerliğe bağlı su akışı kapiler yarıçapına bağlıdır. Tek bir kapiler için kapiler emişine bağlı basınç farkı aşağıdaki eşitlikte verilmiş ve şematik olarak gösterilmiştir.

$$l = \frac{2\gamma}{rg\rho_L} \quad (2.2)$$

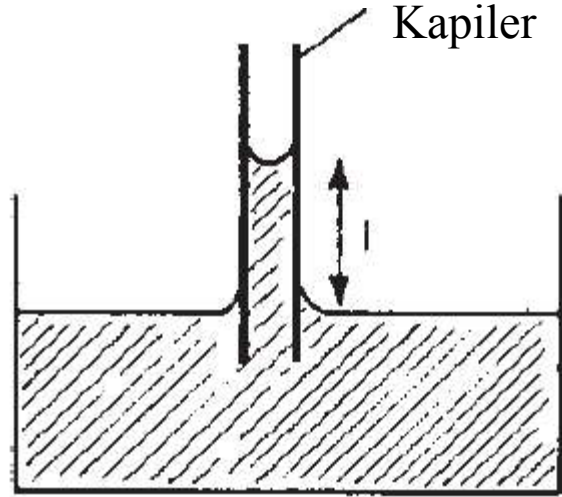
l = suyun boyu (m)

r = kapiler yarıçap(m).

g = yerçekimi ivmesi (m/s²)

ρ_L = sıvının yoğunluğu(kg/m³)

γ = yüzeyde serbest enerji



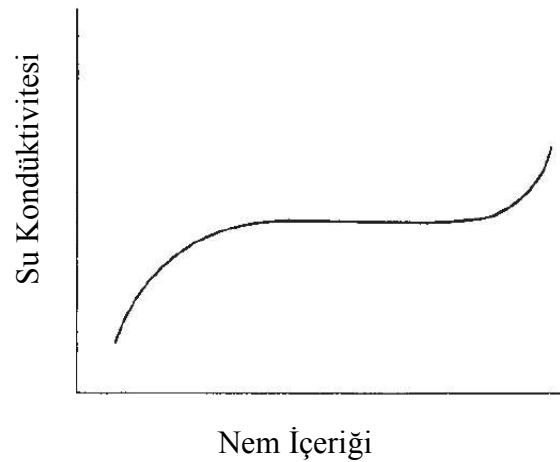
Şekil 2.1 Kapilerdeki artışın şematik gösterimi

Basınç farkı şeklindeki kapilerlikle desteklenen bir su sütununun boyu (l) olarak açıklanır.

Kapilerliğe bağlı akış gıdada bulunan kapiler sistemin karmaşıklığından dolayı karışıktır ve bu yüzden sıvı fazdaki suyun transferi hem kapilerliği hem de difüzyonel akışı içeren toplam sıvı difüzyonu D_L bakımından açıklanması da tercih edilir.

$$\frac{dw}{dt} = -D_L A \frac{dc}{dx} = -D_L A \rho_s \frac{dm}{dx} \quad (2.3)$$

D_L büyüklüğü su içeriğine bağlıdır. Bu ilişkinin tipik gösterimi aşağıdaki şekildedir.



Şekil 2.2 Nem içeriği ile su kondüktivitesi ilişkisi

Gıdadaki su içeriği arttığında gözenek ve kapiler sistemi boyunca transfer öncelikle su buharının transferine bağlıdır. Bu akışın hızı B sabitinin geçirgenliği veya etkin difüzyon katsayısı De_{eff} bakımından da açıklanabilir (Karel ve Lund 2003):

$$\frac{dw}{dt} = -Ab \frac{dp}{dx} \quad (2.4)$$

b= geçirgenlik (kg/m Pa s)

p= suyun kısmi basıncı (Pa)

ve

$$\frac{dw}{dt} = -De_{eff} A \rho_s \frac{dm}{dx} \quad (2.5)$$

Gıdalarda su transferi, gıdadaki suyun bulunma şekline de bağlıdır. Eğer katı, bağlı su miktarının üstünde bir değerde nem içeriyorsa, bağlı suyun üstündeki miktarı bağlı olmayan su olarak adlandırılır. Bağlı olmayan su, esas itibarıyla katıdaki boşluklarda bulunur ve bağlı su içeren maddeler higroskopik maddeler olarak bilinir. Bağlı olmayan su saf suyun özelliklerine sahiptir. Bağlı su ise, saf suya göre devinimi azalmış, daha düşük buhar basıncına sahip ve donma noktası alçalması gösteren sudur.

Su aktivitesi esas alınarak, gıdalardaki su aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

$a_w < 0.3$	yapıya sıkıca bağlı su	
$0.3 < a_w < 0.7$	yapıya orta derecede sıkılıkla bağlı su	
$a_w > 0.7$	yapıya gevşek bağlı su	
$a_w \sim 1$	bağlı olmayan su	(Acar ve Us 2006).

Şu halde kurutma ile gıdadan ilk uzaklaşacak su, bağlı olmayan sudur. Yapıya gevşek bağlı su, yapıya orta derecede sıkılıkla bağlı sudan daha kolay uzaklaşırken yapıya sıkıca bağlı suyun uzaklaştırılması ya çok zor ya da kurutmaya ilaveten farklı tekniklerle mümkün olabilmektedir.

2.5 Kuruma Olayı ve Kuruma Hızı

Kuruma olayı ıslak materyalden suyun uzaklaştırılmasıdır. Kuruma olgusunun tam olarak ifade edilebilmesi için önce higroskopik nitelikte olmayan katı bir maddenin kurumasının izlenmesi gerekir. Buna göre sadece üstü açık bir sandık içine doldurulmuş, higroskopik nitelik taşımayan bir madde olan ıslak kumun kuruması iyi bir örnektir. Sandığın üstünden belli bir hızla geçirilen sıcak hava, yüzeydeki suyun buharlaşmasına neden olur. Islak yüzeyden buharlaşan su, kumdan bir miktar ısı absorbe eder. Sıcak havadan ıslak ve serin kuma akan ısı, kumun soğumasını engeller ve böylece kumun sıcaklık derecesi belli bir dengeye ulaşır. Eğer hava hızı yeterli bir düzeydeyse ve kum bir radyasyon kaynağından ayrıca ısı almıyorsa, kumun sıcaklık derecesi, sıcak havanın ıslak termometre sıcaklığına eşit hale gelir. Olay bu şekilde havanın ıslak termometre derecesinde devam eder ve sandığın yüzeyinde belli sürede, sabit miktarda su buharı uzaklaşır. Yüzeydeki su bitince, alt tabakalardaki su kum tanecikleri arasında oluşan kapiller kuvvetle yüzeye taşınır ve buradan buharlaşır. Kumdaki kapiller kuvvet alt tabakalardaki suyu yüzeye, yüzeyden uzaklaşan miktardaki kadar taşımaya yeterli geldiği sürece kumun yüzeyindeki buharlaşma hızı, yani kuruma hızı sabit kalır. Kuruma hızının sabit kalması demek, belli sürede, belli alandan aynı suyun uzaklaşması demektir. Bu süreye kurumanın “*sabit kuruma hızı dönemi*” denir. Sabit kuruma hızı dönemi devam ederken, sandıktaki kumun su içeriği alt tabakalardan üst tabakalara doğru gittikçe aşamalı olarak azalır. Nihayet kumun kapiller kuvveti artık suyu daha alt tabakalardan yüzeye ulaştırmaya yeterli gelmez, yani su artık derinlerde kalmıştır. Öyle bir an gelir ki, yüzeydeki su oranı sıfır olur. Artık bu andan itibaren, suyun buharlaşma hızı yavaşlar. Sabit kuruma hızı döneminden sonra başlayan bu döneme, “*azalan kuruma hızı dönemi*” denir. Bu dönem boyunca geçen her sürede belli bir alandan belli bir sürede uzaklaşan su miktarı, bir önceki süreye göre gittikçe azalmaktadır. Bu dönem boyunca kurumuş kum tabakası yüzeyden itibaren aşağıya doğru gelişir, kalınlaşır, yani kurumuş tabaka gittikçe derinlere iner. Üstteki kurumuş tabaka kalınlaştıkça, suyun buharlaşma hızı da aynı oranda yavaşlar. Bunun nedeni ise suyun sabit kuruma döneminde olduğu gibi kapiller kuvvetle yüzeye taşınıp buradan kolaylıkla buharlaşma olanağını kaybetmesidir. Su artık alt tabakalardaki gözeneklerde

buhara dönüşmekte ve suya göre daha zor bir hareketle buradan yüzeye ulaşmaktadır. Ayrıca buharın kurumuş tabaka içinde kat etmek zorunda kaldığı yol gittikçe daha uzamaktadır (Treybal 1981 , Coulsan and Richardson 1991).

Kum higroskopik nitelikte değildir ve kumda bulunan suyun tamamı serbest sudur. Bu nedenle kuruma, su oranı sıfıra düşene kadar devam eder. Buna karşılık higroskopik nitelikteki bir madde örneğin gıdalarda kuruma olayı daha farklı bir şekilde gelişir.

Gıda maddelerindeki su “serbest su” dan “kimyasal bağlı su” ya kadar değişik şekillerde bulunur. Bu bakımdan tamamen serbest sudan ibaret olan kumdaki suyun uzaklaşmasıyla, bir gıda maddesindeki suyun uzaklaşma mekanizmaları arasında önemli farklılıklar vardır. Diğer taraftan, kumda olduğu gibi granül haldeki bir suyun, alt tabakalarda buharlaşarak yüzeye su buharı halinde ulaşabilmesi gözenekli yapı nedeniyle son derece kolaydır. Gıda maddeleri genellikle böyle bir granül yapıda olmadıklarından alt tabakalardan yüzeye su ve buhar hareketi zor ve sınırlıdır. Gıda maddelerinde bulunan suyun, materyal tarafından gevşek olarak tutulan kısmı yani kapiller su daha kolay uzaklaşabilir. Bu bakımdan gıdalardaki suyun büyük bir kısmını oluşturan zayıf bir şekilde bağlı suya, kuruma olayı bakımından, herhangi bir materyalin yüzeyindeki serbest halde bulunan su olarak bakılabilir. Gıda maddelerindeki bu suyun uzaklaştığı dönem sabit kuruma hızı dönemidir. Bu dönem boyunca birim zamanda uzaklaşan su miktarı sabit kalmaktadır. Gıda maddesindeki su miktarı azaldıkça geride kalan suyu materyale bağlayan güç artmaktadır. Bu nedenle, gıda maddesindeki su oranı belli bir düzeye inince sabit kuruma hızı dönemi sona erer ve kuruma hızının gittikçe düştüğü azalan kuruma hızı dönemi başlar. Diğer bir deyişle gıdalarda sabit kuruma hızı dönemi gıda içindeki suyun, buharlaşmanın meydana geldiği yüzeye ulaşma hızı, yüzeydeki buharlaşmayı karşıladığı sürece devam eder. Bu dönemde, kuruyan gıda maddesinin dışında ısıya az ya da çok yalıtkan özellik gösteren bir tabaka oluşmakta ve bu tabaka ısının iç kısımlara yeterince iletilmesini engellemektedir (Geankoplis, 1993). Kuruma hızındaki değişimin meydana geldiği andaki gıdanın nem düzeyine kritik nem denir. Kuruma hızının değiştiği bu noktaya dönme noktası denir. Bir çok gıda maddesinin kurutulmasında iki hatta üç dönme noktası görülmektedir. Kritik nem her gıda maddesi için farklı düzeyde olup o gıda maddesinin bileşimi ile ilişkili bir değerdir.

Ancak bir genelleme yapılırsa, bir çok gıda maddesinin kritik nemi, bu gıdaların %58 - 65 bağıl nemli hava ile dengeye eriştiği zaman içerdiği su miktarına eşittir. Sabit ve azalan kuruma dönemlerindeki kuruma hızları bu amaçla geliştirilmiş eşitlikler yardımıyla hesaplanabilmektedir. Sabit kuruma hızı dönemindeki kuruma hızı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır (McCabe and Smith 1956).

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{hA(T_a - T_w)}{\lambda} = k_m A(H_w - H_a) \quad (2.6)$$

Burada ,

h , Kurutulan madde yüzeyindeki koşullara bağlı bir ısı transfer katsayısı (konvektif ısı transfer katsayısı kcal/m²saat°C)

A , kurutulan maddenin toplam yüzey alanı,m²

T_a , Havanın kuru termometre sıcaklığı °C

T_w , Havanın yaş termometre sıcaklığı , °C

λ , Suyun buharlaşma gizli ısı kcal/kg

k_m , Gıda maddesindeki rutubetin, ortamdaki havaya geçişini tamamlayan kütle transfer katsayısı (kg kuru hava /m²saat)

H_w , Havanın yaş termometre sıcaklığında (T_w) doymuş haldeki mutlak nemi kg su buharı/kg kuru hava

H_a , Havanın bulunduğu koşullarda (T_a) mutlak nemi kg su buharı/kg kuru hava

Azalan kuruma hızı döneminde ise nem transferinde etkin mekanizma difüzyon mekanizmasıdır. Difüzyon teorisine göre katının iç kısımlarındaki suyun yüzeye hareketi katı içi difüzyonla gerçekleşir. II. Fick kanununa uyan buhar veya sıvıların transferinde bu tip difüzyon kontrollü kütle transferinin olduğu varsayılır. II. Fick kanununun tek yönlü difüzyon için matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir (McCabe and Smith 1956):

$$D \frac{1}{r^m} \frac{\partial}{\partial r} \left[r^m \left(\frac{\partial M}{\partial r} \right) \right] = \frac{\partial M}{\partial t} \quad (2.7)$$

Burada D ,Tüm azalan kuruma dönemine ait su buharının havaya difüzyon katsayısıdır(m²/saat),

Fick' in II yasasının yassı dilim için $m=0$, silindir için $m=1$, küre için $m=2$ alınarak değişik geometriler için seriye açılım şeklindeki çözümü (Treybal 1981) :

$$m=0 \text{ için } \frac{M - M_e}{M_o - M_e} = \frac{8}{\pi^2} \left(e^{-a_1\beta} + \frac{1}{9} e^{-9a_1\beta} + \frac{1}{25} e^{-25a_1\beta} + \dots \right) \quad (2.8)$$

$$m=1 \text{ için } \frac{M - M_e}{M_o - M_e} = 0.692.e^{-5.78\beta} + 0.131e^{-30.5\beta} + 0.0534e^{-74.9\beta} + \dots \quad (2.9)$$

$$m=2 \text{ için } \frac{M - M_e}{M_o - M_e} = 0.608.e^{-9.87\beta} + 0.152.e^{-39.5\beta} + 0.067e^{-88.8\beta} \quad (2.10)$$

Burada , yassı dilim için $\beta=D.t/L^2$, silindir ve küre için $\beta=D.t/r^2$

M: Herhangi bir andaki nem içeriği

M_e : Denge nem içeriği

M_o =Başlangıç nem içeriği (t=0 anındaki)

$a = (\pi/2)^2$

L= dilimin yarı kalınlığı, m

r = yarıçap, m

D = katı içinden nem diffüzivitesi, m^2/s

Difüzyon yavaş kuruyan materyallerin karakteristik davranışdır. Katı yüzeyinden havaya su buharının kütle transfer direnci genellikle ihmal edilir ve bütün kuruma hızını katıdaki difüzyon kontrol eder. Böylece yüzeydeki nem içeriği denge değerindedir veya denge değerine çok yakındır. Sıcaklıkla difüzyon katsayısı arttığından, katıdaki sıcaklığın artmasıyla kuruma hızı artar (Geankoplis 1993).

Kuruma hızı eşitliğinde kritik nem oranı M_c yerine herhangi bir t zamanında ürünün içerdiği nem düzeyi alınırsa o andaki kuruma hızı bulunur. Kritik nem oranı M_c alınırsa azalan kuruma hızı dönemindeki ortalama kuruma hızı bulunur.

Azalan kuruma hızı dönemine ait eşitliğe göre kuruma hızı, kurutulan ürünün kalınlığı ile ters orantılıdır. Ürünün kalınlığı arttıkça kuruma hızı daha da düşecektir. Aynı

eşitliğe göre kuruma hızı, ürünün içerdiği nem (veya kritik nem) ile denge nemi arasındaki farkla doğru orantılıdır. Bu fark arttıkça kuruma hızı yükselmekte, azaldıkça düşmektedir.

Azalan kuruma hızı döneminde kuruma hızı, üründe kalan nem düzeyine bağlı olarak lineer bir şekilde gittikçe azalır. Üründeki nem belirli bir düzeye ulaştınca kuruma hızı sıfıra düşer yani kuruma durur. ($M_c - M_e$) değeri sıfır olmuştur. Diğer bir deyişle, kurutucuda o sırada egemen olan koşullarda ürün ile hava arasında nem açısından denge oluşur. Bu koşullarda kurutucuda ne kadar tutulursa tutulsun, ürünün nemi artık değişmeden kalır. Bu durumda ürünün içerdiği su oranına o koşullardaki denge bağlı nemi (ERH) denir.

Azalan kuruma hızı dönemine ait iki önemli sonuç ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birisi, kurutulan ürünlerin belirli bir nem düzeyine erişmesinden (kritik nem) sonra kurumaları gittikçe zorlaşmakta ve kuruma süresi uzamaktadır. Bu nedenle kurutucu uzun süre işgal edilmektedir. Diğer bir sonuç ise, kurutmada uygulanan koşullara göre ürün neminin ancak belirli bir düzeye kadar düşürülebilmesidir. Hâlbuki bir çok ürünün dayanıklı kalabilmesi için bunların, kurutucularda ulaşılanın da altında nem içermesi gerekmektedir. Bazı durumlarda bunu sağlamak için kurutma işlemine başka bir kurutma sisteminde, nemi çok düşük bir düzeye indirilmiş ılık hava kullanılarak devam edilir. Böylece daha düşük bir denge nemine ulaşılır (Coulson and Richardson 1991).

2.6 Kurumada Meydana Gelen Başlıca Değişmeler

2.6.1 Fiziksel Değişimler

2.6.1.1 Çözünür Madde Göçü

Kurutma sırasında kurutulan madde içinde hareket eden tek bileşen su değildir. Canlı dokuda su, pek çok bileşeni içeren bir çözelti halinde bulunmaktadır. Bu bileşenler küçük molekül ağırlıklı şekerlerden, oldukça hidratlanmış büyük moleküllere kadar bir

değişim gösterirler. Kurutma sırasında çözünmüş maddelerin bir kısmı da madde içinde yer değiştirir. Doku canlı iken hücre duvarının yarı-geçirgen yapısına bağlı olarak, çözeltideki su ve bazı düşük molekül ağırlıklı moleküller hücre duvarı boyunca difüzelir. Eğer meyve ve sebze kurutmadan önce haşlanıyorsa, doku özelliklerinde değişiklik meydana gelir ve hücre duvarı büyük moleküllere de geçirgen hale gelir. Haşlanmış böyle bir meyve ya da sebze dilimi hava ile kurutulduğunda, kuruma yüzeyde olduğu için merkezden dış yüzeye doğru yer alan bir tabaka diğerine göre daha nemlidir ve yüzeyde kuruyan tabakalar alt tabakaları baskılamaktadır.

Kuruma sırasında nem hareketi merkezden yüzeye doğrudur ve akışın nedeni sıvı veya buhar akışı veya serbest su moleküllerinin difüzyonudur. Uçucu olmayan çözünen madde göçü buhar hareketi ve difüzyona bağlı olmayıp, sadece sıvı çözelti hareketi ile gerçekleşir. Bu nedenle çözünmüş madde göçü, meyve ve sebzenin fiziksel yapısı kadar madde içinde sıcaklık ve nem dağılımını etkileyen kurutma koşullarına da bağlı olur. Nem hareketi, sıvı akışına bağlı olarak gerçekleşiyorsa, çözünen maddeler de su ile birlikte yüzeye taşınır. Ancak, çözeltinin hücre duvarını aşmasını gerektiren hallerde, düşük molekül ağırlıklı olanlar koloidal yapıda olanlardan ayrılır. Bu şekilde yüzeye taşınan su buharlaşıp ayrılınca, yüzeyde bir kuru madde yığılımı görülür. Yüzeydeki çözünen madde konsantrasyonu arttığında, bu kez de yüzeyden iç kısma çözünen difüzyonu başlar. Konsantrasyon farkı olduğu sürece difüzyon devam eder. Meyve ve sebzedeki sürekli sıvı fazı ortadan kalktığında çözünen madde difüzyonu da durur.

Çözünen madde göçüne neden olan benzer bir durum da hücre sıvısının yüzeye ve hatta dışarı akmasıdır. Ancak bu olay farklı bir şekilde gerçekleşir. Kuruyan yüzey tabakalarındaki çekme, dilimin iç kısımları üzerinde baskı yaratarak meyve veya sebze suyunun gözenek, kılcal veya çatlaklar yoluyla yüzeye taşınmasıyla sonuçlanır. Çözünenlerin bu yolla da yüzeye taşınması, gözenek ve çatlakların büyüklüğü ve yapıdaki dağılımı ile ilgilidir. Bu şekilde yüzeye ulaşan sıvının hücre içindeki tüm maddeleri içerdiği anlaşılmaktadır. Bu nedenle yüzey yapışkan ve cıvık bir sıvı ile kaplanır. Bu olay özellikle erik ve kayısı gibi yumuşak dokulu meyvelerin kurutulmasında ortaya çıkmaktadır (Arsdel and Copley 1963, Cemeroğlu ve Acar 1986).

2.6.1.2 Kabuk Oluşumu

Kurutma koşullarının hatalı seçilmesi sonucu oluşan bir olaydır ve kurutmanın ilk aşamasında kurutma hızının yüksek olmasından kaynaklanır. Böylece yüzeyde oluşan kuru tabaka büzülerek alt tabakalara baskı yapar. Ancak, alt tabakalar henüz nemli olduğundan üstten yapılan basınca direnç gösterir. Bu durumda kuruma sonucu büzülme olanağı bulamayan üst tabakalar gerilip sert bir kabuk haline dönüşür. Daha sonra iç kısımlar kuruyup büzülüşünde, daha önce gerilmiş olan dış tabakalar merkeze doğru geçmez ve alt tabakalardan ayrılarak sert bir kabuk haline dönüşür. Kabuk bağlama ile birlikte kuruma hızı da birden düşer.

Kabuk bağlama çözünür kuru madde göçüne bağlı olarak da oluşabilir. Bu durum özellikle şekerlerce zengin olan meyvelerin kurutulmasında gözlenir. Bu tip materyallerde oluşan kabuk camsı ve zamk görünümündedir ve suyun difüzyonunu engeller. İç kısımlardaki su bu tabakayı aşamadığından kuruma durur ve ürün dışı kuru ve sert, içi ıslak bir halde kalır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

2.6.1.3 Büzülme

Büzülme, kuruma sırasında meydana gelen en önemli yapısal değişikliktir ve genelde kurumanın başlangıç aşamalarında görülür. Büzülme gıdada yapının çökmesi sonucu meydana gelir; bu da camsı geçiş sıcaklığı ile ilgilidir. Kurutma camsı geçiş sıcaklığı civarında veya altındaki bir sıcaklıkta yapıldığı takdirde, yapısal büzülme engellenir. Ancak meyve ve sebzelerin nem içeriklerinin yüksek değerlerde olması nedeniyle camsı geçiş sıcaklıkları çok düşüktür. Bunun sonucunda yapısal büzülmenin engellenmesi de çok zordur. Hava ile kurutma sırasında uygulanan sıcaklıklar camsı geçiş sıcaklıklarının çok çok üstündedir ve sonuçta kurutma sırasında yapısal büzülme ve çökme kaçınılmazdır. Dondurarak kurutma gibi düşük sıcaklıklarda yapılan kurutma işlemlerinde, büzülmenin belli ölçülerde engellenmesi mümkündür (Canovas and Mercado 1996).

2.6.1.4 Kitle Yoğunluğunda Azalma

Herhangi bir materyalin birim hacminin ağırlığına kitle yoğunluğu denir. Kurutulmuş bir ürünün kitle yoğunluğu, onun kurutulmasında uygulanan koşulların bir belirteçidir. Ayrıca kitle yoğunluğu, kurutulmuş ürünün bir kalite ölçüsüdür. Eğer kurutulan herhangi bir materyalde hiçbir büzülme olmasa ve materyal kuruma sonunda da başlangıçtaki boyutlarını korusa, bu materyalin kurutma sonundaki kitle yoğunluğu sadece kaybedilen su kadar azalır. Fakat kurutulan maddelerde, özellikle meyve ve sebzelerde daima bir büzülme ortaya çıkar.

Gıda maddeleri genelde elastik özellik gösteren materyallerdir. Elastik maddeden su uzaklaşınca büzülme miktarı ile kaybedilen su arasında doğrusal bir ilişki vardır. Her ürün kurutmada uygulanan koşullara bağlı olarak kendine özgü bir büzülme niteliği gösterir. Buna göre kurutulan materyalin hacmi az veya çok düşerek kurutulmuş ürünün kitle yoğunluğu değişir. Kurutma koşulları eğer, iç kısımlarına göre materyal yüzeyinin daha fazla ve hızlı kurumasına neden olmayacak kadar ılımlıysa, tüm kitle beraberce kurur ve muntazam bir büzülme belirterek materyal, şeklini kaybeder ve hacmi son derece küçülür. Böyle bir ürünün kitle yoğunluğu çok yüksektir (Geankoplis 1993).

Kitle yoğunluğu, bir ürünün kurutma koşulları hakkında bilgi veren önemli bir değerdir. Aynı ürünün, düşük kitle yoğunluğunda veya yüksek kitle yoğunluğunda olmasının olumlu ve olumsuz yönleri vardır. Kitle yoğunluğu düşük olanlar tüketici tarafından tercih edilir. Çünkü her şeyden önce aynı kütledeki mal, daha fazla görülür. Kurumuş ürün orijinale daha fazla benzer. Ancak bunların ambalaj, depo ve taşıma masrafları daha fazladır.

2.6.1.5 Kurumuş Ürünün Rehidrasyon Yeteneğindeki Değişim

Kurutulmuş bir üründe aranan en önemli nitelik, bunun kullanılması sırasında verilen su ile eski haline dönüşebilme düzeyidir. Yani kurutulmuş bir ürün suda tutulunca, taze

halinde içerdiği kadar su alarak eski haline ve şekline dönüşürse, mükemmel niteliklerde olduğu kabul edilir. Bu özellik dondurularak kurutulmuş ürünlerde önemli ölçüde sağlanabilse de, geleneksel kurutma yöntemiyle kurutulanlarda önemli ölçüde kaybedilmiş olur. Rehidrasyon yeteneği sadece parça halinde kurutulan ürünlerde değil, aynı zamanda sıvı halde kurutulup toz haline getirilen, meyve tozu, domates tozu ve süt tozu gibi ürünler için de geçerlidir. Özellikle toz halindeki bu ürünlerin suda tümünden ve hızla eriyip dağılması istenir. Bu niteliğe 'instant özellik' denir. Ürünlerin rehidrasyon yeteneği veya instant özelliği kuruma koşulları ile yakından ilgilidir (Mujumdar 1995, 2000).

Kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon yeteneği bizzat fiziksel bir olgu gibi görünse de, bunun kurutma sırasında değişmesi, materyaldeki kimyasal, fiziko-kimyasal ve fiziksel değişimlerle ilgilidir. Nitekim kurutma koşullarına bağlı olarak büzülme ve parçalanma sonucu, hücreler ve dokunun kapılar yapısının bozulması, rehidrasyonu olumsuz yönde etkileyen fiziksel faktörlerdir. Buna karşın rehidrasyon yeteneği daha çok kimyasal ve fizikokimyasal nedenlerle etkilenmektedir. Gerçekten kurutmada uygulanan ısı etkisiyle ve kuruma sonucu hücredeki tuzların konsantrasyonuna bağlı olarak proteinler denatüre olmaktadır. Denatüre olan proteinler artık suyu tekrar absorbe etme ve bağlama yeteneğini büyük ölçüde kaybeder. Aynı nedenlerle nişasta ve gam maddeleri de daha az hidrofilik bir nitelik kazanır. Bütün bunlara ek olarak artık hücre duvarı eskisi gibi esnek değildir. Ayrıca rehidrasyon suyuna hücre içinden tuz ve şeker geçmesi hücrenin turgor özelliğini kaybetmesine sebep olur (Mujumdar 2000).

Kurutulmuş bir ürünün rehidrasyon yeteneği, onun suda belli koşullarda ıslatılması sonucu kazandığı su miktarıyla ölçülür. Ancak rehidrasyon sırasındaki koşullar, özellikle suyun sıcaklığı ve süre rehidrasyon yeteneği üzerine son derece etkilidir. Bu yüzden bir ürünün rehidrasyon yeteneğine ilişkin sayısal bir değer verilirken, bunun nasıl saptandığına ait yöntemin ve koşullarının da ayrıntıyla tanımlanması gerekir (Cemeroğlu ve Acar 1986).

2.6.2. Kimyasal ve Diğer Değişmeler

Kimyasal değişmeler kendisini, kurutulmuş ürünün veya rehidre edilmiş ürünün, renginde, lezzetinde, tekstüründe, viskozitesinde, besleme değeri ve depolama stabilitesinde gösterir. Bu değişimlerin oluşumu veya düzeyi her üründe kendine özgü bir şekilde gelişir. Ayrıca, kurutma işleminde uygulanan ısının şiddeti, bu değişimlerin düzeyini etkileyen en önemli faktördür.

Ancak her kurutulan üründe daima ortaya çıkan en önemli olumsuzluk rengin esmerleşmesidir. Renk esmerleşmesi kurutmadan önce, kurutma sırasında ve/veya depolama süresinde oluşur. Renk esmerleşmesi enzimatik veya enzimatik olmayan reaksiyonlar sonucu olabilir. Meyveler başta olmak üzere haşlanmadan kurutulan ürünlerde oksidasyon enzimlerinin faaliyetiyle, başta polifenoller olmak üzere birçok maddenin oksidasyonuna dayalı renk esmerleşmesi kendini gösterir. Kurutmada uygulanan havanın sıcaklık derecesi, materyaldeki enzimleri inaktif hale getirmeye çoğu kez yeterli gelemmez. Bilindiği gibi materyal, kurutma sırasında uygulanan yüksek sıcaklığa rağmen suyun buharlaşması sonucu daima soğuk kalır.

Bununla birlikte kurutulmuş ürünlerde renk esmerleşmesi daha çok, enzimatik olmayan yollarla meydana gelmektedir. Bilindiği gibi Maillard reaksiyonu denen bu esmerleşme reaksiyonunda şekerin aldehit grupları ile proteinlerin amino grupları rol oynamaktadır. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları, kurutma sırasında şiddetle ve depolamada ise koşullara göre belli bir hızla devam eden sürekli bir olaydır. Diğer kimyasal reaksiyonlarda olduğu gibi enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları sıcaklık derecesi arttıkça ve reaksiyona giren maddelerin ortamdaki konsantrasyonu yükseldikçe hızlanmaktadır. Kurutmada hem sıcaklık derecesi yüksek bulunmakta ve hem de reaksiyona giren maddeler ortamda gittikçe yoğunlaşmaktadır. Maillard reaksiyonlarının oluşumu için ortamda belli bir düzeyde su bulunmalıdır. %2 nemin altında hiçbir esmerleşme reaksiyonu olmaz. Buna karşın nem düzeyi %15-20 iken maillard reaksiyonu en hızlı şekilde oluşur. Nem düzeyi %15 in altına inerken reaksiyon hızı azalır. Bu nedenle gerek kurutucu dizaynında gerekse kurutmada uygulanan ısı

programında, %15-20 nemli bölgeyi hızla aşacak her türlü önlem alınır. Esmerleşme reaksiyonu sıcaklık derecesine bağlı olduğundan depolamada sıcaklık oldukça düşük olmalıdır. Gerçekten depolamada her 10 °C sıcaklık artışı, esmerleşme reaksiyon hızının ürünün içerdiği su oranına bağlı olarak 6-8 misli artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Esmerleşme reaksiyonlarının sonucu, sadece renkte gözlenmez. Ürünü lezzet ve beslenme değerinde de değişimler belirir ve ara ürün olarak CO₂ oluşur. Hatta bu yüzden gaz sızdırmaz ambalajlara konulmuş bazı ürünlerin, çıkan karbondioksit nedeniyle ambalajda şişmeye neden olduğu bilinmektedir.

Renk esmerleşmesinde kurutma sırasında uygulanan yüksek sıcaklık sonucu şekerlerin karamelizasyonu ve bazı maddelerin adeta yanıp kavrulması da neden olabilmektedir. Ayrıca yeşil renkli ürünlerde klorofilin feofitine parçalanması sonucu, renk sararmaktadır.

Renk esmerleşmesini önlemede en önemli olanak, ürünün kükürt dioksit gazı ile kükürtlenmesidir. Kükürt dioksit bir taraftan enzimleri inaktif hale getirmekte, diğer taraftan özellikle enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarını engellemektedir.

Kurutulan ürünlerde, gerek kurutma işleminde gerekse depolamada beslenme değerinde bazı kayıplar göstermektedir. Örneğin kurutmada önce sebzelerin haşlanması sırasında suda çözünen birçok madde ve vitaminlerde azalmalar görülür. Gerek kurutma ve gerekse depolamada, askorbik asit ve karoten oksidasyonu ile önemli düzeyde kaybolmaktadır. Tiamin (B1 vitamini) ısıya duyarlı bir madde olduğundan kurutmada önemli düzeyde azalmaktadır. Ayrıca tiamin kükürt dioksitine karşı son derece duyarlı olduğundan, kükürtlenen ürünlerde tiamin hemen tümünden kaybolmaktadır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Kurutulan ürünlerin beslenme değeri kaybı, kurutma koşullarına ve uygulanan kurutma yöntemine bağlıdır. Nitekim güneşte kurutmada, karoten ve C vitamini kaybının diğer yöntemlerinkinden daha fazla olduğu saptanmıştır (Karabulut vd. 2007).

Diğer taraftan kurutma işleminde ürünün mikroflorası da değişmektedir. Nitekim, sebzelerde uygulanan haşlama ile, mikroorganizma yükünde önemli azalma belirir. Birçok meyvede uygulanan kükürtleme ile mikroorganizma faaliyeti durur. Güneşte kurutma yönteminde kurutma koşulları doğaya bağlı olduğundan ve hijyenik kurallara tam olarak uyulamadığından mikroorganizmaların sayısı kuruma boyunca artar ve bunlar kurutma sırasında faaliyet gösterirler. Hatta bazen hafif bir fermantasyon dahi belirmekte, bu yolla harcanan kuru madde nedeniyle randımanda azalma dahi olabilmektedir. Kurutma sırasında mikroorganizmalardan oluşan sorunların önlenmesinin kesin yolu mikrobiyolojik açıdan sağlıklı hammadde kullanılması, hammaddenin hazırlanması ve kurutulmasında hijyenik koşullara uyulmasıdır. Eğer ürünün nem oranı belli bir düzeye inmişse depoda mikrobiyolojik açıdan bir bozulma beklenmez. Buna göre kurutulmuş ürünlerde canlı mikroorganizma bulunduğu ancak koşullar elverişli olmadığı için faaliyet gösteremediği açıktır. Özellikle kuru ürünlerde birçok patojenik mikroorganizmanın uzun süre canlı kalabildiği gıda zehirlenmesi yapan mikroorganizmaların yaygın olarak bulunduğu saptanmıştır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

2.7 Kuruma Hızına Etki Eden Faktörler

Kuruma hızı ısı ve kütle transferine etki eden faktörler tarafından kontrol edilir. Bu faktörlerin başlıcaları, sıcaklık derecesi, havanın nemi, kurutucudaki hızı, kurutulacak materyale maksimum yüzey alanı kazandıracak geometrik düzenleme (parça iriliği, şekli, yığın kalınlığı vs.) gibi fiziksel faktörlerle kurutulan materyalin başta bileşimi olmak üzere kendine özgü nitelikleridir.

Bu faktörlerin en önemlileri kurutulan ürünün kendine özgü nitelikleridir ve bu nitelikler kuruma boyunca değişip dururlar. Özellikle ürünün kimyasal bileşimi önem taşır. Eğer şeker, tuz ve benzerleri gibi küçük moleküllü erimiş maddelerce zengin bir materyal, bu maddelerce daha fakir bir materyalle kuruma açısından kıyaslanırsa, erimiş maddelerce zengin olanın daha zor kuruduğu görülür. Çözünmüş maddeler suyun buhar

basıncını düşürmekte dolayısıyla suyun buharlaşmasını zorlaştırmaktadır. Aynı şekilde, ortamda yağ bulunması kuruma hızını sınırlayıcı önemli bir faktördür. Yağın sürekli faz olduğu bir emülsiyonda, su damlacıkları yağ tarafından adeta izole edilmiş olduğundan böyle bir sistemde suyun buharlaştırılarak uzaklaştırılması güçtür. Diğer taraftan materyalin bileşimi onun suyu bağlama gücüyle de yakından ilişkilidir. Serbest su, gıdalarda öncelikle ve kolaylıkla uzaklaştırılabilen su olduğu halde, katı parçacıklarca adsorbsiyonla bağlanan su daha zor uzaklaşmaktadır. Nişasta, pektin gibi maddelerce zengin oluşturulan kolloidal jel içerisinde tutulan su ise daha zor uzaklaşmaktadır, bu nedenle nişasta ve pektince zengin maddelerin kurutulması oldukça güçtür. En zor uzaklaştırılan su ise hidrat formunda kimyasal bağlı sudur. Böylece materyalin bileşiminin suyu bağlama şekli bakımından kuruma hızına etki ettiği görülmektedir. Diğer taraftan meyve ve sebzeler hücrelerden oluşmuş doğal dokulardır. Bunlarda su hem hücre içinde hem de hücreler arasında bulunur. Hücreler arasındaki suyu uzaklaştırmak daha kolaydır. Ancak hücre ölünce hücre zarı daha fazla geçirgenlik kazanarak, hücre içindeki suyun uzaklaşmasını kolaylaştırır. Eğer doku haşlanmışsa geçirgenlik çok hızlanır. Bu nedenle haşlanmış ürünler daha hızlı kururlar (Mujumdar 2000).

Kuruma hızına etki eden, fakat kurutulan maddenin kendine özgü nitelikleri dışında kalan diğer faktörler ise optimize edilebilirler.

Kuruma hızı parçacıkların yüzey alanı ile doğru, kalınlıkla ters orantılıdır. Bu nedenle kurutulacak maddeler ne kadar küçükse yüzey alanı o kadar fazla, kalınlığı o kadar az olacağından kuruma hızı olumlu yönde etkilenmektedir. Püskürtülerek kurutma tekniğinde, sıvı ve ezme halindeki maddelerin, ince zerrecikler haline getirildikten sonra birkaç saniyede kurutulabilmesi bu nedendir.

Kurutulan parçaların iriliğinin, kuruma hızına önemli etkide bulunmasına karşın, meyve ve sebze gibi ürünlerde kurumanın başlangıç aşamasında iri ve daha küçük parçalar halinde doğranmış dokular arasında, kuruma hızı bakımından belirgin bir fark görülmez. Ancak zaman ilerledikçe kuruma hızı parça iriliğine göre önemli ölçüde

değişir. Çünkü özellikle azalan kuruma hızı döneminde, iç tabakalardaki suyun yüzeye difüzyonu, iri parçalarda zorlaşmakta ve kuruma hızı düşmektedir (Geankoplis 1993).

Parça iriliğinin kuruma hızına bu önemli etkisi yüzünden, kurutulacak meyve ve sebzelerin küçük parçalar halinde doğranması yararlıdır ancak bu her zaman mümkün değildir. Tüketim alanı bakımından bazı ürünlerin bütün halde kurutulması gerektiği gibi, doğranan veya kıyılan ürünlerde de belli bir irilik beklenir.

Kuruma hızına etki eden en önemli faktörlerden biri de kullanılan sıcak havanın yaş ve kuru termometre sıcaklıkları arasındaki farktır. Kullanılan sıcak havanın sadece kuru termometre sıcaklığı çoğu kez önemli bir anlam taşımaz. Yaş ve kuru termometre dereceleri arasında herhangi bir fark olmayan havanın, sıcaklık derecesi ne olursa olsun hiçbir kurutma etkisi yoktur. Yaş ve kuru termometre dereceleri arasındaki fark arttıkça kuruma hızı da artar. Bu doğru orantılı etki kurumunun başlangıcında çok belirgin ise de kuruma ilerledikçe yaş ve kuru termometre dereceleri arasındaki fark arttıkça kuruma hızı aynı oranda artmaz (Arsdel and Copley 1963).

Ayrıca yaş ve kuru termometre sıcaklıkları arasındaki fark sabit kalmak koşulu ile havanın kuru termometre sıcaklığı yükseldiğinde, kurutmanın başlangıç aşamasında kuruma hızında herhangi bir değişme görülmezken ileriki aşamalarda bir artış olur. Kurumunun ileriki aşamalarında kuruma hızını sınırlayıcı faktör, iç tabakalardaki suyun yüzeye difüzyonudur. Sıcaklık artınca bu difüzyon olayı hızlanmakta ve buna bağlı olarak da kuruma hızı yükselmektedir.

Kuruma hızına etki eden diğer bir faktör, kurutucudaki hava hızıdır. Hava hızı arttıkça kuruma hızı da artmaktadır. Kurutulan maddenin yüzeyinde kuruma sırasında daima durgun bir buhar filmi oluşur. Bu film sürekli olarak uzaklaştırılırsa, suyun buharlaşmasında bir hızlanma görülür. İşte hava hızı, bu buhar filmi devamlı olarak sürüklemek suretiyle kuruma hızını artırıcı yönde etkide bulunmaktadır. Ancak bu etki belli bir hava hızına ulaşılan kadar görülmektedir. Diğer taraftan hava hızının olumlu etkisi, kurumunun bulunduğu aşamaya göre değişmektedir. Kurumunun başlangıç aşamalarında hava hızı çok etkiliyse de kurumunun ileriki aşamalarında kuruma hızı

artık, alt tabalardaki suyun yüzeye taşınma hızı ile sınırlandırıldığından, hava hızının yüksek olmasının bu konuda bir etkisi bulunmamaktadır (Mujumdar 1995, 2000).

2.8 Meyvelerin Kurutulması

Kurutulmuş meyveler dengesiz bir ticari değeri olmasına karşın uzun ve başarılı bir geçmişe sahiptir ve sürekli genişleyen pazarda çok parlak bir gelecek bekleyen dünya çapında bir ticari ürün olarak düşünülmelidir.

Diğer tüm dünya çapında ticari gıda ürünü gibi, bugünlerde kurutulmuş meyveler çok faktörlü ekonomik yönetimlerden ve çabuk bozulan ve ne olacağı belli olmayan çiğ materyallerin az ya da çok gelişmiş proseslerinden oluşan kompleks bir zincir içerisinde bulunmaktadır. Bu faktörlerin dikkatli koordinasyonu, müşterilerin beklentilerinden fazlasını karşılayacak ve standartları mükemmel şekilde yükseltecek son ürünler oluşturacaktır.

Avrupa pazarının kuru sebzeler için verdiği değerler (5-6 milyar euro, 8-9 x 10⁸ kg) kuru sebze ve meyvelerin pazarda önemli bir yeri olduğunu göstermektedir (Torrington et al. 2001). Bununla birlikte, tüketici alışkanlıkları ve tercihlerindeki değişiklikler kuru meyve ticaretinin gelecek hareketlerini etkileyecek gibidir.

Botanik açısından bir meyve, kapalı ya da olgun bir tohumun, tohum duvarından (perikarp) gelişen bir yapısı olarak tanımlanabilir. Meyvelerin sistematik sınıflandırılması ise hala tartışmalıdır. Meyve, sulu (üzüm, domates ve sert çekirdekli gibi) veya doğal olarak kuru (badem, fındık gibi) olabilir. Meyve olmalarına rağmen, patlıcan, salatalık, kabak, zeytin ve domates için botanik bir bakış açısından daha yaygın olarak “sebzeler” terimi kullanılır çünkü duyuşal açıdan tatlı gıdalar olarak kabul edilmezler (Cánovas and Mercado 1996).

Kısmen rehidre edilebilen kuru meyve ya da kuruyemişler aşağıdaki amaçlar için kurutulur:

- 1) Ekstra koruma ve stabilizasyon sağlamak(örneğin ısı işlem uygulayarak, sülfürleyerek, sorbik asit veya potasyum sorbat ilavesiyle)
- 2) Görünüşlerini iyileştirmek veya kalıcı kılmak için(örneğin bitkisel yağ veya az miktarda glikoz şurubu ekleyerek)

2.8.1 Kuru Meyveler

Kuru meyveler pazara çeşitli büyüklüklerde, şekillerde ve kıyılmış, doğranmış ve küp şeklindeki formlarda pazara sunulur. Ürünler kullanım alanlarına göre pul, halka, dilim, granül, kristal ve toz şeklinde olabileceği gibi konsantre püre halinde de olabilir.

Kuru meyveler doğal halleriyle veya sülfür dioksit ile korunabilir. Yüksek çözünür lif ve pektin içerikli elma, erik ve incir gibi kuru meyveler suyu bağlayarak kalınlaştırıcı etki gösterir aynı zamanda malik asit içeriği son ürüne pürüzsüz, yumuşak ve tereyağı kıvamında bir yapı kazandırırken aromayı zenginleştirir. Toz haldeki kuru meyveler besleyici destek olarak tabletlerin doldurulmasında, güç karışımlarında gelişmiş bir bileşen olarak eklenebilir. Bu durum liflerin, sorbitol ve diğer indirgen şekerlerin (glikoz ve fruktoz) yarı çözünür kombinasyonuna bağlıdır çünkü bunlar önce nemi kazanır ve daha sonra tutar. Rehidre edildiğinde kuru meyveler meyve salatalarında ve jölelerde ya da meyve şurupları, soslar ve içeceklerde püre halinde kullanılabilirler.

Taze meyvelerin karakteristik tat ve aromaları; çeşit, genetik durum, kültür, bölge, olgunlaşma aşaması, depolama koşulları ve hasatta meyve olgunluğu gibi çok farklı faktörlerin etkilerine bağlıdır. Bunların tümü uçucu ve uçucu olmayan bileşiklerin kompleks karışımlarının dengesini, tat ve aroma algıları için ilk faktörü etkilerken bazıları çok düşük konsantrasyonda belirlenebilir. Bu bileşenler ve veya bunların ilişkili oranları depolama aşamalarında ve proses esnasında orijinal tadın yoğunluğundaki azalmaya ve farklı tat/aroma bileşenlerinin sentezinin azalmasına bağlı olarak yüksek oranda etkilenebilir. Uçucu bileşenler ayrıca yapılarındaki ısı, radyasyon, oksidasyon ve enzimatik aktivite etkisiyle üretilirler (Fellows 2000).

Kurutma ekipmanının veya bir dehidrasyon sisteminin operasyonel kontrolünün teknolojik fazlalığına bakılmaksızın kuru meyveler taze halleriyle kıyaslandığında ilgili modifikasyonlardan etkilenir ve bunlar bazen yararlı olmayabilir:

- 1) Tat ve aroma konsantrasyonunun değişmesi ve harmanlanmış kompozisyon
- 2) Renk değişimleri
- 3) Yapının ve gözeneklerin modifikasyonu
- 4) Besin öğeleri kompozisyonunun değişmesi
- 5) Kutuma olaylarında en çabuk bozulan A ve C vitaminlerinin yok olması
- 6) Ağartma sırasında bir miktar tiamin, riboflavin ve niasin kaybı
- 7) Şekilde belirgin değişiklikler ve büzülme
- 8) Enzimler pektini parçalayarak meyveyi yumuşatır bu esnada hücrelerin birinden diğerine geçmesine izin verilir. Böylece enzimatik aktivite sonucu aromatik bileşenleri tam olarak ortaya çıkar.

Her meyvenin kurutma prosesine yatkınlığı değişkendir. Örneğin; elma, kayısı, vişne, kiraz, turunçgil kabuğu, Hindistan cevizi, hurma, incir, üzüm, nektarin, şeftali, ananas ve siyah erik kurutma için ideal meyvelerdir. Diğer taraftan, diğer bazı meyveler kurutmaya uygun değildir ya da kurutulmaları tavsiye edilmez. Nedenleri; yüksek yağ içeriği(avokado), yüksek çekirdek içeriği ve yavaş kuruma hızı (çekirdekli vişne ve kirazlar), çok su ya da pulp sıkı tekstürü bozması(turunçgiller), çok küçük ya da sert meyveler pestil yapımı için diğer meyvelerle kombine edilebilir(yabani elma), çekirdeklerle dolu çok etli olması (guava), yüksek yağ içeriği veya sadece uzun işlemlerle uzaklaştırılabilen acı tat (zeytin), çekirdeklerle dolu pulp (nar), sert et veya yüksek asidik tat (ayva) ve okzalik asit tuzları içeren yapraklar (ışgın) şeklindedir (Reynolds 1993).

2.8.2 Meyvelerin Kurutulmasında Tavsiye Edilen Ön İşlemler

Ön işlemler meyvelerin kararmasını önler. Elma ve kayısı gibi birçok açık renkli meyve kesildiğinde ve havayla temas ettiğinde kararır. Ön işlem uygulanmazsa, bu meyveler kuruduktan sonra da kararmaya devam eder.

Ağartma: Su ağartması buharla veya bir mikrodalgada tavsiye edilir çünkü su ağartması diğer iki yöntemden daha fazla ısıyla penetre olur. Saf su veya sitrik asit ilaveli su kullanılabilir. Sitrik asit kararma önleyici ve antimikrobiyel ajan olarak görev yapar.

Sülfürleme: Kuru meyvenin uzun süre depolanması için sülfürleme veya sülfid çözeltisine daldırıp çıkarma en iyi ön işlemdir. Bununla beraber, bu işlemlerden sonra gıdada bulunan sülfidlerin hassas kişilerde astım krizlerini tetiklediği bilinmektedir. Bu yüzden bazı durumlarda daha kısa süreli alternatif bir ön işlem daha iyi bir seçenek olabilir. Sülfürleme meyvelere uygulanan eski bir işlemdir. Gaz halindeki sülfür kapalı bir kutuda meyveyle birlikte tutuşur ve yanar. Sülfür dumanı meyveye penetre olarak bozulmayı ve kararmayı geciktirir. Sülfür dumanı ayrıca A ve C vitaminlerinin kaybını azaltır.

Genellikle süflürlenen meyveler portakal, kayısı, beyaz incir, kavun, kristalize zencefil, altın üzüm, mango, papaya, şeftali, erik ve ananastır. Süflürlenmeyen kuru meyveler koyu renkli kayısılar, yabanmersini, vişne, kiraz, kızcılık, kuru üzüm, hurma, siyah incir, Türk inciri, siyah erik ve siyah kuru üzümdür. Gıdalar için bisülfat, sodyum sülfid veya sodyum metabisülfid tuzları, süflürleme gibi aynı uzun süreli kararma önleyici etkiyi, hem daha çabuk hem de daha kolay gösterebilir.

Askorbik Asit: Suyla karışık askorbik asit (C vitamini) meyve esmerleşmesini önlemede güvenli bir yoldur. Bununla birlikte, bu koruma süflürleme kadar uzun sürmez. Askorbik asit kolayca oksijenle reaksiyona girer ve fenolaz tarafından kullanılacak olan oksijeni azaltır. Askorbik asit ayrıca fenolazın oluşturduğu o-kinonları orijinal o-dihidroksifenol bileşenlerine indirger. Askorbik asit, meyvenin iç atmosferi oksijen içerdiğinden elmalarda iyi sonuç vermez.

Çizikleme: Bu yöntem ayrıca kabuğun parçalanması olarak da adlandırılır ve yabanmersini, vişne, kiraz, üzüm, erik ve diğer sert kabuklu ve koruyucu mumsu kaplaması olan meyveler gibi meyvelerde kullanılır. Bu işlem kurumayı teşvik eder ve

meyvenin çatlamasını engeller. Bu yöntem şu sırayla gerçekleştirilir; ilk olarak meyve kaynayan suya hızlıca daldırılır ve çıkarılır. Daha sonra, buzlu soğuk suya birkaç saniye daldırılır. Meyvenin suyu süzülür ve havluya serilir. Son aşama bu meyvenin kurutulmasıdır.

2.9 Kurutma İşlemleri ve Ekipmanları

Olgun meyvenin hacim ve nem içeriği, kendine özgü doğal yüzey karakteristiği ve özellikle de son ürün gereksinimleri veya yasal düzenlemeler başarılı bir kurutma sisteminin ve ekipmanının seçiminde belirleyici faktörlerdir. Kurutma temel ısı transfer işlemlerinin kombinasyonlarıyla gerçekleşir, bunlar; kondüksiyon, konveksiyon ve radyasyondur.

Bugünlerde alternatif ısıl işlem teknolojileri kullanışlılıklarını ve yüksek gelecek potansiyellerini göstermektedir: Ohmik ısıtma tekniği, radyo dalgaları enerjisi, infrared ışınlar ve basınç ile termal işlemlerin kombinasyonları kurutma tekniklerinde yer almaya başlamıştır. İnfrared radyasyon (IR) çok ilgi çekici bir seçenektir çünkü meyve yapısına en az zarar verir.

Yapay kurutma işlemlerinin önemi sıcak hava ile kurutmaya dayanır ki burada hava ürün etrafına üflenmeden önce fosil yakıtlarının yakılmasıyla ısıtılır. Bu çeşit kurutma, benzer kurutucuların etkisiz olması yüzünden yüksek enerji girişine gereksinim duyar. Sıklıkla, kullanılan hava etrafı saran havaya bırakılır. Bununla birlikte, bazı sistemler kurutucunun ortalama enerji etkinliğini arttıran kullanılmış havanın yeniden kullanılması işlemine izin verir.

Doğal olarak kurutulmuş gıdalar: Meyveler hasat edilmeden önce ağaçlarda doğal olarak kurumaya bırakılabilir. Bu uygulama ilk kez Avustralya'da üzümler için başlamıştır ve şaraplarda kuruma olarak bilinir (DOV). DOV üretim sistemleri Avustralya ve Birleşmiş Milletler'de hala devam etmektedir (Christensen et al. 1993, Shaw et al. 1996).

Gün Kurusu Meyveler: Meyveler güneş ışığı altına kurutmak için serilir. Büyük meyveler daha hızlı kurumaları için ikiye kesilmelidir. Bu şekilde kurutulan meyveler; kayısı, kuş üzümü, incir, şeftali, armut, siyah erik ve üzümdür. Meyveler güneşte kurutulursa sıcaklık 48 °C'nin üzerine çıkmayacağından enzim kaybı minimum düzeyde olacaktır. Ancak soğuk gecelerde hava yoğunlaşır ve gıdaya tekrar nem eklenebilir, bu yüzden dışarıda kurutulan gıdaların geceleri üstleri kapatılmalı ya da kapalı bir yere alınmalıdır.

Solar Kurutma: Solar kurutma 45°C ve üzerinde hava sıcaklığına sahip birçok ülkede uygulanan endüstriyel bir prostestir. Solar kurutma, gün kurusu işlemlerinden farklıdır çünkü solar kurutma nemi uzaklaştırmak için tasarlanmış bir üniteye güneş ışınlarını toplayan bir ekipman kullanır. Solar üniteye sıcaklık genellikle 20-30 °C arasındadır, bundan yüksek sıcaklıklar ise doğrudan güneş ışığına maruz bırakmak gibi olur.

Klasik (Konveksiyonel) Kurutucular: Klasik fırınlarda ya da dehidratörlerde kurutma süreleri, kurutulan gıda miktarına, nem içeriğine ve oda sıcaklığı ile nemine, fırın kurutucularda fan kullanımına bağlı olarak oldukça değişkendir. Bazı gıdalar birkaç saatte kururken bazıları bir günden uzun süreye gereksinim duyabilir. Düşük sıcaklıklar kullanıldığında kurutma süresinin uzaması veya kurutmaya ara verilmesi bozulmayla sonuçlanabilir.

Hava sıcaklığının ve kurutma sırasındaki hava sirkülasyonunun kontrol edilmesi önemlidir. Sıcaklık çok düşükse ya da nemli havanın zayıf sirkülasyonuna neden olan ortam nemi çok yüksekse, gıda olması gerekenden daha yavaş kurur ve mikrobiyel gelişim gözlenebilir. Sıcaklıklar kurutma periyodu başlangıcında ve sonunda yakından gözlenmelidir. Başlangıçta sıcaklık çok yüksekse gıda üzerinde kalın bir kabuk oluşabilir ve bu da nemin içerde hapsolmesine neden olur. Bu yüzey sertleşmesi olarak bilinir. Kurutma sonundaki sıcaklıkların yüksek olması gıdanın yanmasına sebep olabilir. 49-60 °C arasındaki sıcaklıklar sebze ve meyvelerin kurutulması için tavsiye edilir.

Hava ile ya da Tünel Tipi Kurutucuda Kurutulmuş Meyveler: Meyveler üzerlerinden sıcak hava üflenmek suretiyle kurutulur. Bu şekilde kurutulan gıdalar; elma, Hindistan cevizi, üzüm ve domatestir. Bu yolla kurutulan meyveler gün kurusu meyveler kadar okside olmazlar.

Ozmotik Dehidrasyon: Meyve kesilir, soyulur ve bir tekne ya da geniş bir kaba koyulur. Su ısıtılır ve mümkün olduğunca çok miktarda çözünen (genelde şeker) içeren suda çözülür. Daha sonra meyve teknesi 30-60 brix derecesindeki şurup ile kaplanır ve 7 gün bu şurup içerisinde bırakılır. Bu 7 gün içerisinde şekerli su, meyve içerisindeki daha düşük viskozitedeki su ile yer değiştirir ve meyvedeki su bu yolla uzaklaştırılmış olur. Meyveler bu yolla kısmen kurduğundan, kurutma işlemini tamamlamak için daha sonra hava ile kurutulur. Bu şekilde kurutulan tipik meyveler; karadut, yabanmersini, kavun, kızılıçık, zencefil, mango, papaya, ananas ve çilektir.

Kızartmayla Kurutulmuş Meyveler: Meyveler, içerisindeki suyun hızla kaynarak uzaklaşması için yağda kızartılır. Muz ve muz çeşitleri meyveler olgunlaşmadan ve nişastaları şekere dönüşmeden önce bu yolla kurutulur.

Vakumlu Kurutma: Kurutulacak ürün kapalı kap içine konularak kabın havası vakumla alınmaktadır. Basınç düştüğünden ürün içindeki suyun daha düşük sıcaklıklarda buharlaştırılarak kurutulması esasına dayanır. Gaz sızdırmayan özellikte olan bu kurutma dolaplarının iç cidarları, raf veya tepsileri elektrikli ısıtıcılarla veya içinden su buharı geçen borularla ısıtılarak kurutulacak nemli maddeye iletimle ısı aktarılır.

Silindir Kurutucular: Hiçbir başka kurutucu yüksek yapışkanlıktaki ürünleri veya yüksek viskoziteli gıdaları silindir tipi kurutucular gibi kurutamaz ancak düşük viskoziteli sıvılar da silindir tipi kurutucularda kurutulabilir. Silindir tipi kurutucuların iç yüzeyi ısıtılır ve bunlar sürekli döner. Bu sürekli proseste ürün silindirin dış yüzeyine ince bir film halinde yayılır ve derhal kurumaya başlar. Bir turdan sonra bir bıçak, kuruyan ürünü silindir yüzeyinden ya film halinde ya da ince tabaka halinde sıyrır.

Silindir tipi kurutucu indirekt bir kurutucudur. Sıcak havanın ürün nemini evapore etmede kullanıldığı direkt kurutma yöntemlerinden farklı olarak silindir tipi kurutucu atıkların geri dönüşümüne ihtiyaç duymaz. Ek olarak sıcak kullanılmış havada ısı kaybı olmayacağından termal sonuçlar da diğer metodlara göre daha avantajlıdır.

Mikrodalga (MW) Kurutma: MW (MW-ilişkili, MW-destekli veya MW-geliştirmeli) kombinasyonlu kurutma belirli gıdalara özellikle de meyve ve sebzelere uygulanan hızlı bir dehidrasyon tekniğidir. Ürün kalitesine ve üretim maliyetlerine artan ilgi kombine kurutma teknolojilerinin endüstriye adaptasyonu ile sonuçlanan araştırmaları arttırmıştır.

MW-ilişkili kombine kurutmanın avantajları şöyledir: Daha kısa kurutma süresi, gelişmiş ürün kalitesi ve çok çeşitli kuru ürün üretiminde esneklik. Ancak şu anki uygulamalar, klasik konveksiyonla kurutmaya kıyaslandığında yüksek kurulum maliyeti ve dolayısıyla karışık teknoloji sebebiyle meyve ve sebzelerin küçük bir kısmına uygulanmasıyla sınırlıdır. MW-ilişkili kombine kurutma klasik kurutma metodlarından ve tek başına MW kurutma proseslerinden daha iyi sonuç verdiği için MW ısıtmaya göre daha avantajlıdır (Zhang et al. 2006). MW sistemi hala genel olarak tavsiye edilmez çünkü gıda kurumadan önce kısmen pişecek ve yanmış tat hissi verecektir.

Sprey ve Dondurarak Kurutma: Bu sistemler birçok firmanın özellikle püre veya sıvı formdaki meyveleri de içeren gıdalarını kurutmak için kullandıkları iki temel metottur. En popüler kurutma 120°C kadar yüksek sıcaklıkları kullanan spreysel kurutmadır. Dondurarak kurutma -50 °C kadar çok düşük sıcaklıkları kullanır.

Kurutma iki fazda gerçekleşir ve hava sıcaklığı kontrolü proses açısından hayati önem taşır. İlk faz nemin yüzeyden hızlı bir şekilde evapore olduğu ve kapiller hareketin nemi, parça içinden çektiği sabit kuruma hızı basamağıdır. İkinci fazda veya azalan kuruma hızı periyodunda suyun yüzeye difüzyonu, kurutma hızını kontrol eder. Nem içeriği düştüğünde difüzyon hızı da düşer. Tek aşamalı bir kurutucu, nemin en son kalan düşük yüzdesini uzaklaştırmak için kurutucuda kalma süresinden sorumludur. Kural olarak;

havanın kalış süresi kesikli bir tek aşamalı kurutucuda da hemen hemen aynıdır. Prosesin sonlarına doğru nem seviyesi hala düştüğünden, dış sıcaklık kurutma işleminin devam etmesi için yeterince sıcak olmalıdır. Sprey kurutma sıvının atomize edilmesini ve daha sonra materyal kurutma çemberinden geçerken suyun evaporasyonunu kapsar.

Çizelge 2.2 Sprey Kurutma ve Dondurarak Kurutmanın Genel Avantajları ve Dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar
Az termal zarar	Yüksek Kurutma Maliyeti
Uçucu bileşenlerin iyi tutulması	Bazı ürünlere zarar verme
İyi vitamin tutulması	Ürünler paketlenmediğinde ve
Hızlı ürün rehidrasyonu	nem yeterince düşmediğinde
Üründe az büzülme	hızlı bozulma
Uygun şekilde paketlenirse üründe uzun raf ömrü	Ürün gevrekliği (kolayca
Hücre çekirdeği koruyucularının kullanımıyla	ufalanan yapı)
biyolojik aktivitenin iyi kalması	Renk kaybını önlemek için ön
Antioksidant fitokimyasallar meyve dondurularak	işlem bazen (örneğin
kurutulduğunda meyvenin bir parçası olarak kalır	havuçlarda) gereklidir

(Mujumdar 2004)

Çizelge 2.2, değerli meyveler için çokça kullanılan kurutucuların genel avantaj ve dezavantajlarını göstermektedir.

Sıvı kurutucu metodlar yüksek kuruma oranı, düşük üretim maliyeti ve düşük enerji tüketimi sunar ve katkı maddelerini azaltarak ve oksidasyondan koruyarak taze ürün kalitesini korur. Buna rağmen termal zarar hala gıda üretiminde bir zorluktur (Mujumdar 2001, Mercado et al. 2001).

IR: IR, transfer ortamı olarak havayı kullanan diğer metotlar gibi olmayan bir enerji türüdür. Infrared ısıtıcı elementleri havanın %20'sinden azını ve nesnelerin %80'inden fazlasını ısıtır. Bu metodun büyük avantajı orta derecedeki bir sıcaklıkta ısının nesnenin derinliklerine işlemesi gerçeğidir ve bu daha fazla sağlık avantajına ve daha az dezavantaja neden olur. İnfrared ısı prensipte insan vücudunun yaydığı ısıyla aynı ısıyı

yayar ve güneş ısısına benzerdir ancak bunun güneşteki gibi zararlı UV radyasyonu yoktur.

Kırılma Penceresi (RW): Transparan infrared bir filmin suyun kaldırma kuvvetiyle desteklendiği nadir kullanılan bir sistemdir. RW, transparan bir şeritteki sıcak bir su banyosu üzerinde meyve neminin veya meyve püresinin transferinden oluşur. Sıcak sudan gelen infrared enerji meyve materyalini kurutur ve şerit termal enerji kaybını önler. Patentli RW işlem prensibi çok nazik bir kurutma işlemi sağlayarak sudaki infrared enerjiyi taşıyıcı banda oradan da kuruyacak meyve ya da sebzenin içerisine transfer eder. Meyve ya da sebze kurduğunda veya meyve ya da sebze %3 neme ulaştığında RW'nin taşıyıcı bantları kapanır. Bu proses, kurutma anlamında yalnızca kondüktif ısıyı bırakarak infrared ışınlarının özünü suya yansıtır. RW ile kurutulmuş gıdalarda keton içeriğinde belirgin bir artış gözlenmiştir. Bu da yüksek sıcaklıklarda (RW ve sprey kurutucu) dehidrasyonun, keton ve aldehit tat bileşiklerini zenginleştirerek kuru ürünlerde toplam tat baskısının üstesinden geldiğini gösterir. RW ile kurutulmuş çileklerin rengi, dondurularak kurutulmuş örneklerin rengine çok yakındır (Abonyi et al. 2002). RW kurutma, besin içeriğini, rengini ve tadını koruyarak meyve ve sebzelerin bütünlüğünü korur (Hui 2010).

2.10 Renk

Renk, ışığın spektral dağılımından meydana gelen görsel bir özelliktir. Rengin oluşumu madde ışık etkileşimi sonucu ortaya çıkmakta olup, dalga boyu 380 - 770 nm arasında değişen ışık insan gözü tarafından algılanmaktadır. Doğadaki birçok maddede olduğu gibi gıdaların renkleri de bu temele dayanmaktadır. Doğal gıdaların renkleri içerdikleri çok çeşitli kimyasal formlara sahip olan ve pigment olarak tanımlanan maddelerden kaynaklanmaktadır. Meyveler ve sebzeler gibi doğal kaynaklı bir çok ürün çeşitli renklere sahip olup, çekicilikleri renkleri ile ilgilidir. Renk gıdaların duyuusal özellikleri yönünden ele alındığında, tüketici tercihi açısından, gıdanın çekiciliğinde önemli bir rol oynamaktadır. Bir gıda ile ilgili ilk izlenim görseldir ve gıdanın tercih edilmesi onun renginin kabul veya red edilmesine bağlıdır. Konu ile ilgili olarak yapılan pek çok

çalışma renk ile lezzet arasında pozitif yönde bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Duyusal açıdan renk lezzet üzerinde bir beklenti yaratmaktadır. Gıdanın duyusal kalite özellikleri açısından, rengin korunması son derece önem taşıyan bir konudur. Günümüzde gelişen gıda üretim teknolojileri dikkate alındığında gıdalar; işleme, depolama ve satışa sunma gibi çeşitli aşamalarda ısı, ışık, pH, oksijen gibi fiziksel ve kimyasal koşullara bağlı olarak renk solması veya kaybına uğramaktadır (Altuğ 2001).

2.10.1 Gıdalarda Esmerleşme Reaksiyonları

Gıdalarda meydana gelen esmerleşme reaksiyonları sonucu melanin, melanoidin ve karamel renk pigmentleri oluşur. Hepsi kompleks polimerik moleküller olduklarından ve yapılarında polimer içerdiklerinden yapısal benzerlik gösteren melanin, melanoidin ve karamel aynı grupta toplanır. Aslında moleküler yapıları sadece birkaç konuda aydınlanmıştır. Bu üçü arasındaki farkı açıklamak gerekirse; melaninler kendiliğinden oluşur ve bitki ve hayvanlardaki çoğu siyah, gri ve kahverengi renkten sorumludur (Vargas et al. 2000). Melanoidin ve karamel genellikle gıdalara ısıl işlem uygulanması sırasında enzimatik olmayan esmerleşme sonucu oluşur. Karamelizasyon şekerlerin ısıtılmasıyla gerçekleşirken; melanoidinler, bir indirgen şeker ve bir protein amin grubu veya bir amino asit arasında başlayan Maillard reaksiyonu sonucunda üretilir. Enzimatik olmayan esmerleşmeler için bazı bilim adamları kimyasal reaksiyonları ve koşulları belirlemiştir (Coultate 1988, Wong 1989, DeMann 1980). Maillard ve karamelizasyonun esmerleşme yolundaki ilk basamakları birbirinden farklı olsa da Hodge (1953) bu reaksiyonların nasıl gerçekleştiğini ve esmerleşme işleminin son basamaklarında birkaç ortak reaksiyon yolunun diğer enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarında da var olduğunu açıklar. Deneyimli araştırmacılar, özellikle düşük molekül ağırlıklı uçucu bileşiklerin reaksiyonlar sırasında oluşan lezzeti artırdığını belirlese de çoğu melanoidin yapısı hala tam olarak açıklanamamıştır (Ames et al. 1997, Farmer et al. 1989). Ayrıca işlem sırasında gıda maddelerindeki enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının karışıklığı yüzünden birçok araştırma, daha basit sistemlerin kullanıldığı Maillard reaksiyonları üzerinde yapılmaktadır. Bu sistemler ksiloz ve lisin (Arnoldi et al. 1997), glikoz ve lisin (Ames et al. 1997), glikoz ve glisin

(Yaylayan and Kaminsky 1998) gibi bir indirgen şeker ve bir amino asit arasındaki reaksiyonu içerir.

Bu enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonları hem gıda renklendiricilerini (melanoidin ve karamel) ve hem de tatları üretmek için kullanılabildiklerinden sentetik olarak sınıflandırıldıkları düşünülebilir çünkü DeMann (1980) bu sınıflandırmayı “artefakt (yapay olgu)” şeklinde yapmıştır. Bununla birlikte ekmek, pastacılık ürünleri gibi birçok gıda ürününe uygulanan ısı işlem sonucu, bu ürünlerin görünüş ve tatları enzimatik olmayan esmerleşmelerden türediği unutulmamalıdır. Kavrulmuş kahvenin renk ve tadı enzimatik olmayan esmerleşmeden, siyah çayın rengi ve tadı ise enzimatik esmerleşmeden kaynaklanır. Bu iki gıda maddesinde melanoidinlerin “doğal olarak” oluştuğu düşünülebilir (MacDougall 2000).

2.10.1.1 Kimyasal Esmerleşme

Gıdalarda enzimatik olmayan yolla renk esmerleşmesi; maillard tepkimesi, karemalizasyon, askorbik asit oksidasyonu ve şeker parçalanması şeklinde gerçekleşmektedir.

2.10.1.1.1 Maillard Tepkimesi

Maillard glukoz ve glisin çözeltilisinin birlikte ısıtılması sırasında renk esmerleşmesini ilk kez gözlemleyen (1912) bilim adamıdır. Bu tepkime protein ve amino asitlerin amino grubu ile indirgen şekerlerin karbonil grubu arasında başladığı için karbonil-amino tepkimesi olarak da adlandırılır. Tepkimenin başlaması için sistemde amino grubu ve karbonil grubu bulunması zorunludur. Ayrıca tepkime pH değeri, sıcaklık ve suaktivitesi a_w değeri gibi faktörler tarafından da etkilenmektedir.

Amino grubunun kaynağı, amino asitler ve peptitlerdir. Bunlar süt, meyve suyu gibi gıdalarda sebest olarak bulunabildiği gibi, gıdanın işlenmesi ve depolanması sırasında

proteinlerin hidrolizi ile de oluşabilmektedir. Amino asitlerin bu tepkimeye katılma önceliği lizin, arjinin, triptofan, histidin, tirozin ve sistin şeklindedir.

Karbonil grubunun kaynağı ise indirgen şekerlerdir. Tepkimeye yalnızca monosakkaritler değil laktoz ve maltoz gibi indirgen disakkaritler de katılmaktadır. İndirgen olmayan sakaroz bu tepkimeye doğrudan katılmamaktadır. Şekerlerin bu tepkimeye katılma önceliği ise pentoz, heksoz ve disakkarit olarak verilmektedir.

Maillard tepkimesi hem asidik hem de bazik ortamda başlayabilmekle birlikte, pH değeri arttıkça tepkime hızı da artmaktadır. Dolayısıyla pH değeri düşük gıdalar bu tepkimeye daha az duyarlıdır.

Tepkimenin hızı, sıcaklık derecesi arttıkça da artmaktadır. Genel olarak sıcaklığın 10 °C artışı ile maillard tepkimesi hızınının 2-4 misli arttığı varsayılmaktadır.

Maillard tepkimesi açısından gıdadaki optimum su miktarı %10-15 arasındadır. Su oranı %5'in altında tepkime durmaktadır. Bu tepkime için optimum a_w değeri ise 0,6-0,7 aralığıdır. Bu değişme; ekmek, bira, kahve gibi gıdalarda belirli ölçüde istenirken; süt tozu, meyve suyu, kuru meyve gibi gıdalarda minimum düzeyde tutulmalıdır.

Karbonil-amino tepkimesi dört farklı basamaktan geçmektedir:

1. Amino grubu(-NH₂) ile karbonil grubunun kondensasyonu sonucu glikozilamin oluşur.
2. Glikozilamin izomerize olarak aldoz ve ketoza dönüşür ve 1-amino-1-dezoksi-2-keto türevleri oluşur.
3. Renk değişiminin başladığı bu basamak üç farklı yoldan devam edebilir:
 - I. 1-amino-1-dezoksi-2-ketozun metilkarbonil üzerinden redükton dikarbonile,
 - II. 1-amino-1-dezoksi-2-ketozun 3-dezoksiheksozon üzerinden hidroksimetilfurfural (HMF)'a,

III. Strecker Degradasyonu: Aminoasitlerin karbonil grubunun etkisi ile oksidatif olarak parçalanır ve karbon atomu bir eksik olan aldehite ve karbondioksite dönüşür.

Bu basamak aynı zamanda aroma oluşumunun da başlangıcıdır. Aromanın kaynağı aldehit ve türevi bileşiklerdir.

4. Üçüncü basamakta oluşan bileşikler aminlerle birleşir, aldoller kondanse olur, aldehit ve aminler polimerize olur ve böylece melanoidin denilen heterosiklik yapıdaki koyu renkli bileşikler oluşur.

2.10.1.1.2 Askorbik Asit Oksidasyonu

Askorbik asit oksidasyonu, bu asidi içeren meyve ve sebzelerin değişik gıdalara işlenmesi sırasında renk esmerleşmesine yol açan bir tepkimedir. Bu tepkimede askorbik asit dehidro-askorbik asit ve diketo-gulonik asit üzerinden furfural ve karbondioksite parçalanmaktadır. Bu tepkime özellikle turunçgil meyve suyunda ortaya çıkmaktadır ve yüksek sıcaklıklarda maillard tepkimesi ile birlikte yürümektedir. Tepkime hızı pH değeri ile zıt ilişkilidir. Dolayısıyla pH değeri yüksek meyve suyu ile sebze suyu bu tepkimeye karşı daha az duyarlıdır.

2.10.1.1.3 Karamelizasyon

Karamelizasyon, şekerlerin erime noktasının üzerinde ısıtıldığı zaman kahve rengine dönüşmesidir. Bu dönüşüm için tepkime ortamında amino grubu bulunması zorunlu değildir. Karamelizasyon hem asidik ve hem de bazik pH'da gerçekleşmektedir. Gıdanın rengi kahveye dönüşürken, tadı da acılaşmaktadır.

Asidik karamelizasyon heksozlardan 1,2 enediol oluşması, bunun dehidratasyonla HMF'ye dönüşmesi ve HMF'nin polimerizasyonu ile gerçekleşmektedir. Bazik karamelizasyonda ise heksozlar sırası ile enediol, gliserin aldehit ve trioz aldehide

dönüşmekte, bu aldehitlerin polimerizasyonu ile pigment oluşmaktadır. Karamelizasyon birçok gıdada kontrollü koşullarda gerçekleştirilmektedir. Diğer gıdalardaki oluşumu ise proses kontrolü yetersizliğinden ve ısıtmanın aşırılığında kaynaklanmaktadır.

2.10.1.1.4 Şeker Parçalanması

Cips gibi ısıtılan gıdalarda uçucu bir bileşik olan pirazin bulunmasından kaynaklanır. Pirazin halkasındaki C- kalıntısının şeker parçalanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Şeker parçalanmasına dayalı renk esmerleşmeleri hem asidik, hem nötral ve hem de bazik ortamda gerçekleşebilmektedir.

Kimyasal esmerleşmenin durdurulması veya yavaşlatılması için üzerinde durulan başlıca önlemler şunlardır:

- a. Reçelin vakumlu sistemlerde koyulaştırılması gibi sıcaklığın proses ve depolama sırasında düşük tutulması gereklidir.
- b. Kuru gıdalarda nemin olabildiğince indirgenmesi ve nem geçirgenliği düşük ambalajlama ile sonradan nem kazanmalarında engel olunması zorunludur.
- c. Gıdanın pH değerinin proses sırasında düşürülmesi ile de esmerleşme hızı azalmaktadır. Yumurtaya kurutulmadan önce sitrik asit katılması ve bunun daha sonraki seyreltme sırasında sodyum bikarbonat katkısı ile nötrlenmesi gibi.
- d. Ambalajlamada oksijenin etkisinin elimine edilmesi de esmerleşme tepkimesini önlemektedir. Bu amaçla koruyucu gazlı (CO₂ veya N₂) ambalajlama önerilmektedir.
- e. Eğer az miktarda ise gıdadaki indirgen şeker başka bir bileşiğe dönüştürülebilir. Yumurtada %1 oranında bulunan glukozun kurutulmadan önce glukoz-oksidadaz enzimi ile glukonik aside dönüştürülmesi bunun tipik bir örneğidir.
- f. Bisülfid uygulanması ile karbonil grubunun bloke edilerek hidroksi-sülfonat grubuna dönüştürülmesi ile maillard tepkimesi önlenmektedir.

- g. Kalsiyum tuzları (özellikle CaCl_2) esmerleşmenin inhibisyonu için kullanılır. Bu inhibisyon etkisi, kalsiyum iyonunun amino asitlerle kelat oluşturmasından kaynaklanmaktadır.

2.10.1.2 Enzimatik Esmerleşme

Enzimatik esmerleşme, meyve ve sebze dokunun zedelenmesi ile başlayan değişmedir. Zedelenme, hasat ve taşıma sırasında orataya çıkabileceği gibi soyma, doğrama, öğütme gibi prosesler de zorunlu olarak buna yol açmaktadır. Yeşil çayın siyah çaya dönüşmesi esas olarak bu tepkimeye dayanmaktadır. Ancak konserve, kurutulmuş ve dondurulmuş gıdalarda bu değişimin minimum düzeyde tutulması gereklidir.

Bu tepkimenin substratı çok sayıda gıdada doğal olarak bulunan monofenolik ve özellikle de difenolik (orto ve para) yapıdaki bileşiklerdir. Kafeik asit, tirozin, fenilalanin, kateşin, klorojenik asit, quersetin ve pirogallol bunların başlıca örnekleridir. Tepkimeyi katalize eden enzimler ise orto-difenol-oksidad (tirozinaz, kateşolaz) ve para-difenol-oksidad (lakkaz)'dır.

O-DFO enzimi esas olarak orto-difenolik yapıdaki bileşikleri okside etmekte, ancak monofenol yapıdaki bileşikleri de orto-difenolik bileşiklere dönüştürmektedir. Prostetik grubu bakırdır, optimum pH değeri 5-7 arasındadır ve pH 3'ün altında etkisi ortadan kalkmaktadır. Bulunduğu başlıca kaynaklar patates, mantar, elma, şeftali, muz, avakado, çay yaprağı ve kahve çekirdeğidir.

P-DFO enzimi ise hem orto- ve hem de para-difenolik bileşiklere etki etmektedir. Bu enzimin de prostetik grubu bakırdır ve optimum pH değeri 6.0-6.5 arasındadır. Daha çok patates, lahana, şalgam ve elmada bulunmaktadır.

Enzimatik esmerleşme tepkimesinde de birbirini izleyen dört farklı basamak söz konusudur:

1. Orto-difenol yapıdaki bileşimin kırmızı renkli orto-kinona okside olur. Bu basamak için oksijen ve enzim mutlaka gereklidir. Orto-kinon oluşuktan sonra tepkime otokatalitik olarak yürüyebilmektedir.
2. Arta kalan o-difenolün veya oluşan o-kinonun ikincil bir hidrosilizasyona uğradığı ve böylece trihidroksibenzen oluştuğu varsayılmaktadır.
3. Trihidroksibenzen, o-kinonun kalanı ile tepkimeye girerek hidroksikinon oluşmaktadır.
4. Hidrokinonlar polimerize olarak önce kırmızı ve kırmızı-kahve, daha sonra ise melanin denilen koyu kahve renkli pigmentlere dönüşmektedir.

Enzimatik esmerleşme, özellikle proses sırasında önlenmesi gereken bir değişimdir. Bu amaçla uygulanan başlıca önlemler şunlardır:

- a. Eğer enzim ısı uygulaması ile inaktive edilirse tepkime durmaktadır. Bu amaçla örneğin armut püresinin 90°C'de 8 saniye ısıtılması yeterlidir. 85-90 °C'de 1-3 dakika uygulanan haşlama veya ısıtma işlemlerinin başlıca amaçlarından biri de budur.
- b. Enzimin kükürt dioksit veya bisülfid uygulanması ile infaibisyonu da enzimatik esmerleşmeyi önlemektedir. Ancak bisülfid uygulanması ayrıca rengin açılmasına ve tadın değişmesine yol açtığı için, yalnız ısıya duyarlı gıdalarda uygulanmaktadır.
- c. Dokusu zedelenen meyve ve sebzenin oksijen ile ilgisinin kesilmesi de yaygın bir uygulamadır. Dilimlenen veya doğranan sebze veya meyvenin tuzlu veya şekerli suya atılmasının nedeni budur.
- d. Diğer bir uygulama, meyve ve sebzenin, dokusu zedelendikten sonra asitli suya konulmasıdır. Bu amaçla % 0.1-0.5'lik sitrik asit veya malik asit çözeltisi kullanılmaktadır. Bu yolla enzimatik esmerleşmenin engellenmesi, pH değerinin düşmesine dayanmaktadır. Ayrıca asidin, enzimin prostetik grubu ile kelat oluşturması da söz konusudur.
- e. C vitamini ya da askorbik asit, enzimatik esmerleşmenin önlenmesi için en etkili yoldur. Askorbik asit ortamdaki oksijeni kendisi harcayarak enzimatik

esmerleşmeyi engellemektedir. Ayrıca tepkimenin birinci basamağında oluşan o-kinonu da, başlangıç bileşiği olan o-difenole dönüştürmektedir.

Öte yandan substratın reaktif gruplarının, enzimatik yolla metil (CH₃) grubuna dönüştürülmesi ile de enzimatik esmerleşme engellenebilmektedir (Ekşi ve Artık 2007).

2.11 Rehidrasyon

Kurutulmuş bir ürün suda tutulunca, taze halinde içerdiği kadar su alarak eski haline ve şekline dönüşürse, mükemmel niteliklerde olduğu kabul edilir. Bu özellik dondurularak kurutulmuş ürünlerde önemli ölçüde sağlanabilse de, geleneksel kurutma yöntemiyle kurutulanlarda önemli ölçüde kaybedilmiş olur. Rehidrasyon yeteneği sadece parça halinde kurutulan ürünlerde değil, aynı zamanda sıvı halde kurutulup toz haline getirilen, meyve tozu, domates tozu ve süt tozu gibi ürünler için de geçerlidir. Özellikle toz halindeki bu ürünlerin suda tümünden ve hızla eriyip dağılması istenir. Bu niteliğe 'instant özellik' denir. Ürünlerin rehidrasyon yeteneği veya instant özelliği kuruma koşulları ile yakından ilgilidir. (Mujumdar 1995, 2000).

Kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon yeteneği bizzat fiziksel bir olgu gibi görünse de, bunun kurutma sırasında değişmesi, materyaldeki kimyasal, fiziko-kimyasal ve fiziksel değişmelerle ilgilidir. Nitekim kurutma koşullarına bağlı olarak büzülme ve parçalanma sonucu, hücreler ve dokunun kapılar yapısının bozulması, rehidrasyonu olumsuz yönde etkileyen fiziksel faktörlerdir. Buna karşın rehidrasyon yeteneği daha çok kimyasal ve fizikokimyasal nedenlerle etkilenmektedir. Gerçekten kurutmada uygulanan ısı etkisiyle ve kuruma sonucu hücredeki tuzların konsantr olmasına bağlı olarak proteinler denatüre olmaktadır. Denatüre olan proteinler artık suyu tekrar absorbe etme ve bağlama yeteneğini büyük ölçüde kaybeder. Aynı nedenlerle nişasta ve gam maddeleri de daha az hidrofilik bir nitelik kazanır. Bütün bunlara ek olarak artık hücre duvarı eskisi gibi esnek değildir. Ayrıca rehidrasyon suyuna hücre içinden tuz ve şeker geçmesi hücrenin turgor özelliğini kaybetmesine sebep olur (Mujumdar, 2000).

Rehidrasyon kapasitesi veya rehidrasyon hızı ürünün immersiyonla absorbe edebildiği maximum su miktarıdır. Rehidrasyon toplam veya kısmi bir sulandırma sonrasında kullanılacak olan ürünler için önemlidir (Oliveria and Oliveria 1999). Büzülme ve kabuk sertleşmesi rehidrasyon karakteristiklerini olumsuz yönde etkiler (Moreira and Sereno 2003). Dondurarak kurutma değerli veya değerleri arttırılmış meyveleri dehidre etmede kullanılır ve büzülme ile kabuk sertleşmesini önleyerek (bu da indirekt etki ederek bir noktaya kadar tat korunmasını sağlar) yüksek başarı sağlar. Viskoz immersiyon ortamının karıştırılması veya çalkalanması da rehidrasyon hızını arttırır. Rehidrasyonu ele alırken iki nokta dikkate alınmalıdır: rehidrasyon hızı ve rehidrasyon oranı. Rehidrasyon hızı su absorpsiyon hızıyla genellikle artar. Düşük bir rehidrasyon hızı gevrekliği korunması gereken gıdalar için gereklidir (Oliveria and Oliveria 1999).

Sebzelerdeki birçok rehidrasyon analizi Fick'in difüzyon yasasına ve uygun eşitliklerine dayanır (Engels et al. 1986, Hsu 1983, Mazza and LeMaguer 1980). Herhangi bir hızda, exponensiyel olmayan iki parametrenin deneysel eşitliği Peleg tarafından oluşturulmuştur (1988) ve bu optimum koşullarda kurutulmuş sebze rehidrasyon koşullarını başarılı şekilde yerleştirir:

$$1/(M_t - M_0) = K_1 + K_2 t \quad (2.11)$$

$M_t = t$ anında tane ağırlığı

$M_0 =$ başlangıç ağırlığı

$t =$ rehidrasyon süresi(dk)

$K_1 =$ kinetik sabit (kg kuru madde/kg su)

$K_2 =$ modelin ikinci parametresi ((kg kuru madde/kg su)

İşlem sıcaklığı, çözelti kompozisyonu ve fiziksel özellikler gibi dış rehidrasyon değişkenlerinin meyve ve çözelti arasındaki kütle transferine ve rehidre edilmiş ürünlerin fizikokimyasal karakteristiklerine etkisi de araştırılmış ve tartışılmıştır (Oliveria and Oliveria 1999). Rehidrasyon ortamı için kullanılan çözeltilerin konsantrasyonundaki değişimle istenilen su aktivitesine, donma noktasına, donabilir su içeriğine ve sıklığa sahip ürünler elde etmek için su ve çözünür katı maddelerin

transferi mümkün kılınır (Mastrocola et al. 2005). Sulu şeker çözeltilerinde rehidrasyon bu yüzden, oda, soğuk ve donma noktası altındaki sıcaklıklarda kullanılacak olan gıdalara eklenen meyve parçalarının stabilitesini, teknolojik fonksiyonelliğini ve duyusal kalitesini geliştirir.

Krokida and Kouris (2003), hız sabiti ve denge nem içeriğinin işlem değişkenlerinin (su sıcaklığı) fonksiyonu olduğu ve böyle ifade edilebileceğini gösteren birinci derece kinetik modeli kullanmışlardır. Aslında Peleg modelinin her iki rehidrasyon sabiti de kurutma sıcaklığının artmasıyla artar (Planinicacute et al. 2005).

Benzer şekilde gıda parçalarının gözenek büyüklüğü dağılımı, heterojenlik, eğrilik, temas açısı gibi termal fiziksel özelliklerin ve sıvı alımının yoğunluk, viskozite, sıcaklık gibi termal fiziksel özelliklerin en önemli rolü proses modelindeki elementlerin integrasyonunu etkilemektir ve zayıf integrasyonu önlemek için bu özelliklere dikkat edilmelidir.

İmmersiyon ortamının sıcaklık ve bileşimi rehidrasyon hızında önemli rol oynar. Sıcaklık etkileri bir Arrhenius-tip ilişkiyle açıklanabilir. Dahası meyve nem almasıyla sadece anizotrop olmakla kalmaz, ayrıca geometrisi, hacim gözenekliliği ve yapısı da değişir. Kuru meyve ve sebzelerin dikkatlice yapılan matematiksel modellenmesi hala çok zor bir görevdir. Buna rağmen, rehidrasyon işlemindeki zorluklar aşılırken tat kaybı ve tekstür modifikasyonları hala yeterli oranda ilgilenilmemiştir.

2.12 Kuru Meyvelerin Geleceği

Kuru meyveler gittikçe daha da yaratıcı hale gelmektedir. Tadın yoğun ve muhafazasının daha kolay olması ayrıca düşük nem içeriğine sahip ağırlıkları bakımından kalori içeriğinin daha yüksek olması ve şeker infüzyonu yapılabilmesi ve/veya yapışmayı önlemek için yağla kaplanması gibi birçok yenilik içerisindedirler. Kuru meyveler ısıya maruz kaldıklarında esansiyel vitaminleri de kaybedebilir ve

kurutma işleminde renk kaybına uğrayabilir. Endüstri bu problemlerin bazılarını azaltabilir.

Kuru meyve pazarının geliştirilmesi ve artırılması için hiçbir başka üründe bulunmayan iki esas strateji vardır:

1. düşük üretim ve nakliye maliyeti
2. özel bir ürün ya da ticari bakımdan fark edilen ve değerli, tercih edilen özellikte bir ürünle üreticiyi ya da nakliyeciyi ödüllendirerek farklılaşma

“Doğal gurme” ve “özel organik ürün” isimleriyle pazarlanan birçok ürün yaygın olmayan kalite ürünleri olarak dikkat çeker. Gitgide artan sayıda tüketici bu etiketlere yüksek fiyatlar ödemeye istekli göründüklerinden bu, bir tüketici trendi olarak görülmektedir.

Howard and Guile (1992)'ye göre inovasyon şu şekilde tanımlanır: “ Bir keşifle başlayan bir proses, keşfin geliştirilmesiyle ilerler ve yeni ürünün tanıtımı, prosesi ve pazarda yerini almasıyla son bulur.”

1886'da Amerikalı kaşif E. Spawm artan bir sıcak hava akımından meyve tepsilerinin yavaşça geçirilmesinden oluşan ilk mekanik dehidrasyon makinesinin(Climax Fruit Evaporator) patentini aldı. Bu yüzden daha sonra, kurutma teknolojilerinin durmak bilmeyen bir gelişimi, üretkenliği kaliteyi arttırmak için uygulandı. Geliştirilen teknolojilerden hiçbiri herhangi bir şekilde zararlı olmadı (gıda muhafaza tarihinde bununla ilgili alınan açık bir ifade bulunmadı) ancak istikrarlı ve ilerleyen gelişim gösterdi.

Kurutma sistemlerinin sanat, çünkü yemek için seçtiğimiz gıdada estetik önemlidir, bilim-fikir adamı ve saygı duyulan bir araştırmacı olan Mujumdar (2004) Uluslar arası Kurutma Sempozyumları'nda (Sao Paulo, Brezilya) şundan bahsetmiştir: “Yeni ürünler, yeni prosesler, daha yüksek üretim oranları, çevreyle ilgili daha sıkı düzenlemeler, artan güvenlik kaygıları vs. genellikle daha düşük maliyetlerle daha iyi performansla neden

olur ve bu da geleneksel kurutuculardan fazlasıyla mümkündür. Bu yüzden kurutma teknolojilerinde bazı yeniliklere ihtiyaç vardır.” Aynı konferansta başkan tarafından, yeni ürünler ve prosesler, bugünkü teknolojinin izin verdiğiinden daha fazla kapasite, şu an uygulanandan daha iyi nicel ve kalite kontrol, azaltılmış çevre zararı, daha güvenli operasyon, artmış etkinlik, toplam masrafı azaltma gibi kurutma teknolojilerini kapsayan yakın gelecek için geliştirici görevleri listelenmiştir.

Ürün geliştirme dikkate alındığında, giderek artan sayıda tüketici evde pişirmek ve yemek için çok az zamana sahiptir, bu yüzden hazırlama ve pişirme oranı düşüştür. Bu da kolay hazırlanan gıda ürünlerinde önemli bir gelişmeye neden olmuştur. Paketleme yenilikleri gıda ürünlerinin daha kolay taşınır ve saklanır olmalarına yardımcı olmuştur (Mintel 2004).

Sosyal değişiklikler, ekonomik trendler ve teknolojik yeniliklerin birleşimi gelişim ve pazarda giderek artan boşluğu doldurmak için kuru meyve üretimi için mükemmel fırsatlar sunar. Tüm bu gereksinimlerin birleşim yerinde üreticiler, işleticiler ve araştırmacılar; bazı disiplinler arası incelemeler, görüşler ve metodoloji ve elbette hesaplanan riski almak için cesaret yer alır.

Son olarak, dünyada ve yurt çapında kuru meyve ürünlerinin gelecek pazar fiyatlarını hiç kimse göremediği gibi kuru meyve üretimi ve teknolojisinin insan zekasıyla ilerlemeye devam edeceğini de kimse inkar edemez ve aslında kesinlikle parlak bir gelecek beklenmektedir (Hui 2010).

2.13 Ayva

Ayva (*Cydonia oblonga*), gülgiller (Rosaceae) familyasından 4-5 m boylanan, kırmızı kahverengi gövdeli meyve ağacıdır. Dünyada ayva üretiminde Türkiye birinci sıradadır. Ayva yaprakları boya ve kozmetik sanayiinde, tıpta da ilaç yapımında kullanılmaktadır. Meyvesi reçel, jel, marmelat ve meyve suyu olarak değerlendirilir.

Meyvesinde pektin, tanen, şeker, organik asit, A ve C vitamini ve mineral tuzlardan bol miktarda bulunduğu, tohumlarında ise % 14-18 oranında tutkal maddeler, % 16-20 oranında yağ, tanen, renkli maddeler ve yüksek oranda protein, az miktarda amygdalin ve emülsin olduğu Karadeniz tarafından açıklanmıştır (İnt. Kyn. 3). Türkiye’de üretimi yapılan ayva çeşitleri; çiçek dağı, çubuk, çukur göbek, ekmek, eşme, kalecik, kirli, limon, midilli, söbü, turgutlu, yerköy, altın ve ökkeş şeklindedir (İnt. Kyn. 4).

Ayva asitlik yönünden çeşitlilik arz ettiğinden ferahlatıcı bir tat ve aromaya sahiptir. İçerdiği asitlerden en önemlisi malik asittir. Bunun dışında sitrik ve askorbik asitler de içerir. Pektik madde açısından yüksek pektin içeren meyveler grubuna girer. Pektik maddelerden dolayı çok iyi jel oluşturma niteliğine sahiptir. Ayva meyvesi içerdiği yüksek tanenden dolayı buruk bir tada sahip olabilmekte ve bu özellik meyvenin taze olarak tüketilmesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Strandjeve 1986).

Çizelge 2.3 100 g ayvada bulunan besin öğeleri

Besinler	Birim Değer
Kalori	57 kcal
Protein	0.4 g
Yağ	0.1 g
Karbonhidrat	15.3 g
Kalsiyum	11 mg
Demir	0.7 mg
Fosfor	17 mg
Potasyum	197 mg
Sodyum	4 mg
C vitamini	15 mg

(İnt. Kyn. 4)

2.13.1 Ayvanın Sağlığa Faydaları

Bileşimi oldukça zengin olan ayva meyvesinin sağlık açısından birçok faydası bulunmaktadır:

- Kalbe kuvvet verir ve rahatlatır, kalpteki sıkıntıyı, çarpıntıyı giderir.
- Vücudun gelişmesine yardım eder.
- Damar sertliğine, karaciğer tembelliğine iyi gelir, tansiyonu düşürür, safrayı düzene sokar.
- Hazımsızlığı giderir, mideyi ve bağırsağı kuvvetlendirir, ince bağırsak iltihabını giderir, harareti ve ishali keser ayrıca dizanteriye iyi gelir.
- Varise karşı iyidir, yorgunluğu, bitkinliği, ağız kokusunu giderir.
- Yapraklarının çayı kalp ağrılarına iyi gelmekte, sakinleştirici özelliği bulunmaktadır.
- Meyvesinden yapılan reçel, sindirim sistemi rahatsızlıklarında tedavi edici olarak görev üstlenmektedir.
- Ayva çiçeği bal ile macun yapıp yutulursa, baş ağrısını keser.
- Ayva çiçeği kaynatılıp içilirse, kalp çarpıntısını keser, kalbi kuvvetlendirir, annenin sütünü artırır.
- Ayva kokusu kalp ve dimağı kuvvetlendirir.
- Tereyağında pişirilen ayva; nefes yolu hastalıklarına, müzmin öksürüğe, bronşite ve tüberküloz hastalığına iyi gelmektedir.
- Ayva hoşafı ağız yaralarına, akciğer veremine iyi gelmektedir.
- Doğumu kolaylaştırmak ve iştah açmak için ayva suyu ve ayva çekirdeği kaynatılıp içilmelidir.
- Grip ve nezleye, böbrek zafiyetine, karaciğer zafiyetine, mide bulantısına, deniz tutmasına, mide gevşemesi ve mide düşmesine, midenin kuvvetlenmesine çok faydalıdır.
- Göz beyazı, göz kapak ve kirpiklerinin iltihaplanmasında ayva yaprağı kaynatılıp soğutulduktan sonra gözler günde birkaç kez yıkanır.
- Ayva meyvesi üzerindeki tüyler kanayan yere konursa kanamayı durdurur.

- Ağız içi yaraları ve boğaz iltihapları için kurutulmuş ayvanın suda bekletilmesi ile elde edilen şurup gargara olarak kullanılırsa yararlı olur (İnt. Kyn. 4).

2.13.2 Ayva İstatistikleri

2006 yılı verilerine göre dünyada ayva üretimi toplam 382 000 tondur. Ülkemiz 106 000 ton ile dünyada birinci, Çin 85 000 ton ile ikinci, İran 36 000 ton ile üçüncü, ve Fas 30 000 ton ile dördüncü sırada yer almaktadır (İnt.Kyn. 4).

Çizelge 2.4 ve 2.5'te ayva bitkisine ait bazı istatistiki bilgiler verilmiştir. Çizelge 2.4'te göze çarpan en önemli nokta; ayva yeterliliğinin (%) verilen tüm yıllarda %100'ün üzerinde olmasıdır. Ancak buna rağmen kişi başına tüketim 1,31 kg'ı geçmemektedir. Üretilen ayvaların büyük bir kısmı yurt içinde tüketilirken çok az bir kısmı ihraç edilmektedir. Hatta talebi karşılamak adına bazı yıllarda ithalat bile yapılmıştır. Çizelge 2.5'den 1988'den bu yana toplam ayva ağacı sayısının yıldan yıla arttığı ve meyve veren ve vermeyen ağaç sayısının sürekli değiştiği görülmektedir.

Çizelge 2.4 Yıllara göre bitkisel ürün denge tablosu (Ayva)

Piyasa yılı	Üretim (Ton)	Üretim kayıpları (Ton)	Arz=Kullanım (Ton)	Kullanılabilir üretim (Ton)	İthalat (Ton)	Yurt içi kullanım (Ton)	Tüketim (Ton)	Kayıplar (Ton)	İhracat (Ton)	İhracat- AB 27 (Ton)	Kişi başına tüketim (kg)	Yeterlilik derecesi (%)
2007/08	95 015	5 701	89 332	89 314	18	84 853	78 064	6 788	4 479	3 364	1,11	105,26
2004/05	80 000	4 800	75 216	75 200	16	72 009	66 248	5 761	3 207	...	0,94	104,43
2003/04	110 000	6 600	103 415	103 400	15	97 512	89 711	7 801	5 903	...	1,29	106,04
2002/03	110 000	6 600	103 407	103 400	7	96 808	89 063	7 745	6 599	...	1,29	106,81
2001/02	102 000	6 120	95 899	95 880	19	88 785	81 682	7 103	7 114	...	1,20	107,99
2000/01	105 000	6 300	98 729	98 700	29	95 577	87 931	7 646	3 152	...	1,31	103,27

(İnt. Kyn. 5)

Çizelge 2.5 Yıllara göre ayva ağaç sayısı

Yıllar	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Meyve Veren	2689	2680	2700	2720	2710	2860	2840	2880	2940	3000	3328	3250	3135	3100	3215	3150	3150	3130	3121	3024	2989	2944
Meyve Vermeyen	510	500	515	516	530	515	547	630	616	600	500	480	535	500	495	480	480	674	661	708	731	543

(İnt. Kyn. 5)

2.12 Literatür Araştırmaları

Farklı kurutma yöntemleriyle birçok meyve ve sebzenin kurutma kinetiklerinin, rehidrasyon yeteneklerinin ve renk değişimlerinin incelendiği çok sayıda araştırma vardır. Ancak ayvanın kurutulması, rehidrasyonu ve toplam renk değişimiyle ilgili sınırlı sayıda çalışma göze çarpmaktadır.

Muzların sıcak hava ile kurutulması sırasında sıcaklığın, bağıl nemin ve dilim kalınlığının etkisi incelenmiş, sıcaklık artışının kuruma hızını ve difüzyon katsayısını, kalınlık artışının yalnızca difüzyon katsayısını artırdığı gözlenmiştir (Nguyen and Price 2007). Sıcak hava ile konvektif kurutucularda kurutulan yeşil soya fasulyesi (Hu et al. 2006), kivi (Orikasa et al. 2008), mango (Curzo et al. 2008) ve domatesin (Doymaz 2007) kurutma kinetikleri üzerine sıcaklığın etkisi bu çalışmalarda da incelenmiştir.

Kurutulan örneklerin kalınlığının kuruma parametrelerine etkisi mantar (Lombrano et al. 2010), muz, kabak, manyok (Fernando et al. 2010), pırasa (Doymaz 2008) üzerine yapılan çalışmalarda belirlenmiştir.

Elmaların konvektif hava ile kurutulması sırasında renk açma ve kalsiyum ilavesi etkisinin araştırıldığı bir çalışmada (Fesler et al. 2008), en kısa sürede en düşük nem içeriğine ulaşan örneklerin sırasıyla rengi açılmış, Ca^{+2} ilave edilmiş ve ön işlemsiz örnekler oldukları belirlenmiştir. Farklı ön işlem uygulamasının kurutulan örnekler etkisinin üzüm (Doymaz ve Pala 2002, Matteo et al. 2000), mango (Nieto et al. 2001), erik (Tarhan 2007), mantar (Walde et al. 2006), havuç (Hiranvarachat et al. in press), beyaz dut (Doymaz 2004) üzerine yapılmış çalışmalarda da araştırıldığı görülmektedir.

Ispanakların 90-1000 W gücünde mikrodalga kurutucuda kurutulması sırasında, mikrodalga güç seviyesinin ıspanakların kuruma kinetiği ve renk değişimine etkisi araştırılmıştır (Özkan vd. 2007). Mikrodalga güç seviyesi arttıkça örneklerin kuruma hızı, renk parametrelerinden L^* değerinin arttığı tespit edilmiştir. Elma ve çileğin (Contreras et al. 2008), havucun (Stepien 2008), nanenin (Özbek ve Dadali, 2007), patatesin (Reyes et

al. 2007), balkabağının (Alibaş 2007), elma püresinin (Wang et al. 2007), şeftalinin (Wang and Sheng, 2006) ve fındığın (Silva et al. 2006) da mikrodalga kuruma kinetikleri incelendiği görülmektedir.

Balkabağı ve havucun vakumlu kurutucularda kurutulması sırasında, kurutma kinetiklerine basıncın ve sıcaklığın etkisi Pinedo and Murr (2007) tarafından araştırılmış ve mutlak basınç azalışının ve sıcaklık artışının difüzyon katsayısını artırıcı yönde etkili olduğu görülmüştür. Aynı çalışmada ön işlem etkisi de incelenmiş olup hem kabak hem havuç için en yüksek difüzyon katsayısına sahip örneklerin sırasıyla dondurulmuş, rengi açılmış ve ön işlemsiz örnekler olduğu saptanmıştır. Benzer çalışmalar, vakumlu kurutucularda kurutulan mantar (Atrnaseaw et al. 2009), patlıcan (Wu et al. 2007), soğan (Mongpraneet et al. 2002) üzerinde de gerçekleştirilmiş ve vakum etkisi incelenmiştir.

Farklı sıcaklıklarda kurutulmuş hurmaların rehidrasyon yetenekleri üzerine yapılan bir çalışmada (Falade and Abbo 2007), yüksek sıcaklıklarda kurutulmuş hurmaların rehidrasyon sırasında daha yüksek nem içeriğine ulaşabildiği belirlenmiştir. Elma, patates, havuç, muz, biber, sarımsak, mantar, soğan, pırasa, bezelye, mısır, kabak ve domatesin 70°C'de kurutulduktan sonra farklı sıcaklıklarda rehidrasyonlarını inceleyen geniş çaplı bir araştırma (Krokida and Kouris 2003) literatürde göze çarpmaktadır. Bunun yanında elmanın (Artares et al. 2009), su kestanesinin (Singh et al. 2008), mantarın (Giri and Prasad 2007, Segovia et al. 2010), mangonun (Maldonado et al. 2010), kırmızıbiberin (Galves et al. 2008), patatesin (Cunningham et al. 2008), ıspanağın (Dadali vd. 2008) rehidrasyonu üzerine de çalışmalar yer almaktadır.

Kombine sistemlerin kurutmada kullanılmasına ve bunun kurutma üzerine etkisi üzerine de çalışmalara rastlanmaktadır. Mikrodalga-vakum kurutucu kullanılan havuç (Cui et al. 2004), sarımsak (Figiel 2009), bal (Cui et al. 2008), nane (Therdthai and Zhou 2009), patates (Bondoruk et al. 2007) ve mikrodalga sıcak hava kombinasyonunun kullanıldığı sarımsak (Sharma and Prasad 2001) kurutmaya ilgili çalışmalar bulunmakta ve kombine sistem kullanımının kalite ve maliyet üzerine olumlu etkileri üzerinde durulmuştur.

Kivinin sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kurutucularda kurutulması sırasında renk değişim kinetikleri Maskan (2001) tarafından çalışılmıştır. Tüm kurutma yöntemleri toplam renk değişimleri üzerinde etkili olurken, en yüksek toplam renk değişiminin mikrodalga kurutucuda, en düşük toplam renk değişiminin ise sıcak hava ile kurutulmuş örneklerde gözlendiği görülmüştür. Renk zerine yapılan çalışmaların toplam renk değişimi, renk parametreleri değişimi ve diğer renk değerlerinin hesaplanması şeklinde gerçekleştiği ve muz (Chua et al. 2001), kayısı (Karabulut vd. 2007), kırmızı biber (Arslan ve zcan baskıda, Galvez et al. 2009), tzm suyu ve pestil (Maskan 2002), patates (Shih et al. 2009) gıdalarında incelendiği görülmüştür.

Ayvannın kurutma kinetikleri üzerine deneysel bir araştırma yapan Kaya vd. (2006) hava sıcaklığı 35, 45 ve 55°C, kurutucu hava hızı 0.2, 0.4 ve 0.6 m/s ve bağıl nem değerleri % 40, 55 ve 70 olan konvektif kurutucularda 4 mm kalınlığında kurutulan ayvaların difüzyon katsayılarını 0.65×10^{-10} ve 6.92×10^{-10} m²/s, aktivasyon enerji değerlerini (*E_a*) Arrhenius tip sıcaklık ilişkisinden 33.83 ve 41.52 kJ/mol arasında bulmuşlardır. Ayvannın kuruma kinetikleri üzerine bir başka alışma Tsami and Katsioti (2000) tarafından, ayvalar 5, 10, 15 mm kalınlığında kesilerek ve 50, 60 ve 70 °C kullanılarak laboratuvar tipi bir kurutucuda kururularak gerçekleştirilmiştir. Kalınlık artışının kurutma sonunda ürünün daha ince örneklerle kıyasla daha yüksek nem içeriğine neden olduğu ve kuruma süresini uzattığı sonucu bulunmuştur. Yüksek sıcaklıkta kuruyan rneklerinse daha kısa sürede daha düşük nem içeriğini ulaştığı görülmüştür. Ayvannın kurutma sırasında kitle yoğunluğu, gözeneklilik ve büzülmesinin modellenmesi ve buna kurutma yönteminin etkisinin araştırıldığı bir alışma (Koç vd. 2008) da literatürde yer almaktadır.

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmada materyal olarak Adapazarı bölgesine ait ekmek tipi olgun ayvalar kullanılmıştır. Deney süresince çürüme gerçekleşmemesi ve nem kaybetmemeleri için iklimlendirme dolabında 1-2 °C sıcaklıkta muhafaza edilmişlerdir.

3.2. Metod

Ayvalar, normal etüv, vakumlu etüv ve mikrodalga kurutucu gibi farklı kurutma ortamlarında farklı ön işlemler uygulanarak kurutuldu ve kuruma davranışı üzerine sıcaklık, vakum varlığı, vakum basıncının etkisi, MD güç dereceleri ve kalınlığın etkisi incelendi. Ayvalar soyulup çekirdek ve çekirdek evleri çıkarıldıktan sonra dilimlenerek ön işlemsiz ve 6 farklı ön işlem uygulanarak kurutuldu. Ön işlem uygulaması, 65 briks sahip şeker çözeltilerinde (bal, glikoz, sakaroz) 1 saat bekletme, sülfite çözeltilerinde (%5 Na₂S₂O₅ ve %2 Etil Oleat %5 Na₂S₂O₅) 5 dakika bekletme ve yüzeye askorbik asit serpmeye şeklinde gerçekleşmiştir. Çözeltilere daldırılan ayvalar bekleme süresinin sonunda çözeltiden çıkarılmış yüzeyleri kurulandıktan sonra kurutucu tepsiilerine yerleştirilmiş ve 3 paralelli olarak kurutulmuşlardır. Deneyler sırasında örneklerin kütleleri periyodik olarak 0,0001 hassasiyetli terazide tartılarak belirlendi.

Ön işlemsiz ve ön işlemleri olarak kurutulan ayvalara uygulanan kurutma şartları;

- normal etüvde 45, 55, 65 ve 75 °C sıcaklıklarda,
- 0,04 MPa sabit vakum basıncına sahip vakumlu etüvde 35, 45, 55, 65 ve 75°C sıcaklıklarda,
- 65 °C sabit sıcaklıkta 0,02, 0,04 ve 0,06 MPa vakum basınçlarında
- Mikrodalga kurutucuda 6 farklı güç seviyesinde (100, 180, 300, 450, 600 ve 750 W) kurutma olarak sıralanabilir.

Normal etüvde 1 mm, 5 mm ve 10 mm kalınlığında kesilen örnekler kullanılırken vakum ve mikrodalga kurutucuda 10 mm kalınlığındaki örnekler kurutuldu. Ayvanın istenilen kalınlıkta kesilmesi işleminde 0,01 mm duyarlılıkta Anhui marka dijital bir kumpas kullanıldı.

Deneylede kullanılan ön işlemlili ve ön işlemlisiz ayvaların başlangıç nem içerikleri 80°C' lik etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar (24 saat) bekletilmesi ile belirlenmiştir. 3 paralelli yapılan başlangıç nem ölçümlerinin ortalaması alınarak Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Kurutma deneylelerinde kullanılan ayvaların başlangıç nem içerikleri

Ön işlem	Başlangıç nem içeriği, g su/g kuru madde		
	1 mm	5 mm	10 mm
Ön işlemlisiz	5,184636	4,886446	4,89171
Askorbik Asit	4,130441	4,4487	4,2486
%5Na ₂ S ₂ O ₅ +%2EO	7,376963	5,772957	5,567368
%5 Na ₂ S ₂ O ₅	7,117871	5,474742	5,392104
Bal	1,565326	2,341241	2,76506
Glikoz	2,259591	2,844882	2,852421
Sakaroz	1,752145	2,709034	2,865945

Kurumayla oluşun renk değışiminin ve bu değışime, sıcaklık, ön işlem ve kurutma ortamlarının etkisinin belirlenebilmesi amacıyla yaş ve kuru ayva örneklerinin 5 farklı noktasından Minolta renk cihazıyla L*, a*, b* renk değeri elde edilmiş ve ortalamaları alınarak toplam renk değışiminin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Kuru ürün kalitesinin diğeri bir göstergesi olan rehidrasyon yeteneğini incelemek amacıyla, farklı şekillerde kurutulan ayvalar, kalınlık, sıcaklık, ön işlem vs. şeklinde gruplandırıldıktan sonra laboratuvar sıcaklığındaki 100 mL distile su içerisinde 2 paralelli olarak rehidre edildi. Deneyle sırasında örnekler rehidrasyon sıvısından periyodik olarak çıkarılıp yüzeyleri kurularak örneklerin kütleleri ve çözeltinin briks değeri periyodik olarak ölçüldü. Briks ölçümünde abbe refraktometresi, kütle ölçümünde ise 0,0001 hassasiyetli terazi kullanıldı.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

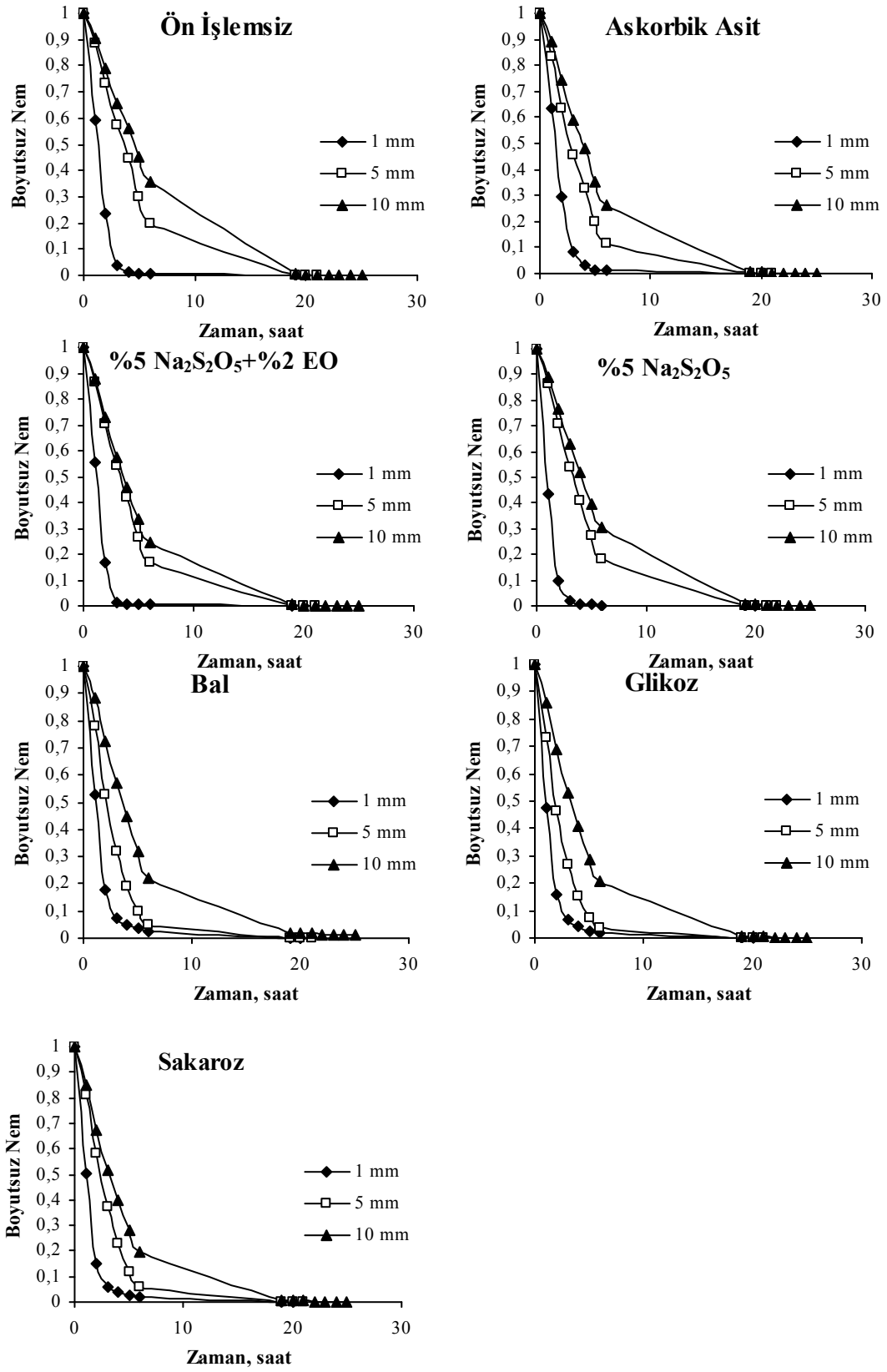
4.1. Kurutma

Başlangıç nem içerikleri kullanılarak, tüm kurutma ortamlarında kurutma süresince elde edilen ağırlık değerleri, kuru temel nem içeriği değerlerine dönüştürüldükten sonra başlangıç nem içeriklerine bölünerek boyutsuz forma getirilmiştir. Kuruma kinetiğinin incelenmesinde, difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisinin hesaplanmasında boyutsuz hale getirilen bu nem değerleri kullanılmıştır.

4.1.1 Zamanla Boyutsuz Nem İçeriğinin Değişimi

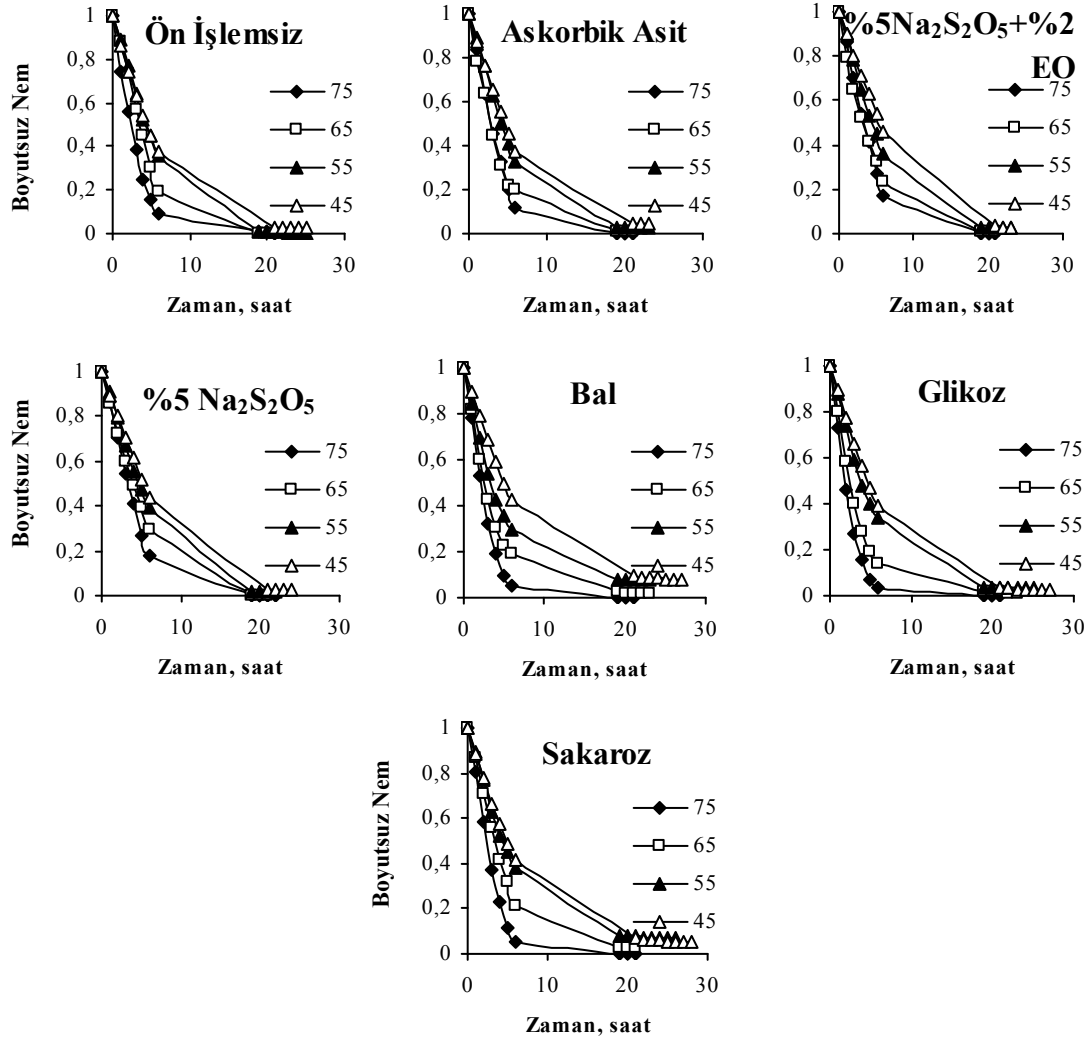
Örnek kalınlığının kurutma üzerine etkisini incelemek amacıyla, ön işlemsiz ve ön işlemliler olarak 75 °C’de etüvde kurutulan ayvaların zamanla nem içeriğindeki değişim Şekil 4.1’de verilmiştir.

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi tüm ön işlemlilerde kalınlık azaldıkça daha hızlı bir kuruma gerçekleşmiştir. 1 mm kalınlığında kesilmiş ön işlemliler ve ön işlemsiz ayva örnekleri 5 mm ve 10 mm kalınlığında kesilmiş ayvalara göre daha kısa sürede ve daha düşük nem içeriği değerine ulaşmıştır. Kalınlığın azalması ile madde miktarı ve maddenin beraberinde taşıdığı su miktarının da azalması nedeniyle kurumanın daha hızlı gerçekleştiği söylenebilir. Ayrıca ince dilimler halinde kesilen örneklerde aynı miktar madde için yüzey alanı daha büyük olacağından kurutucu havayla temas eden yüzeyin artması kütle transferinin daha hızlı gerçekleşmesine yol açmaktadır. Benzer trend 65, 55 ve 45°C sıcaklıklarda kurutulan ayva örneklerinde de görülmüş ancak benzer grafikler olduğundan burada yer verilmemiştir. Söz konusu bulgu literatürle uyum halindedir (Giri and Prasad 2007). Ön işlem uygulamasına bağlı olarak süreler değişkenlik göstermesine rağmen genel olarak 1 mm’lik örnekler 3-4 saat, 5 mm’lik örnekler 17-19 saat, 10 mm’lik örnekler ise 20-22 saat aralığında tam olarak kurumuşlardır.



Şekil 4.1 Kuruma sırasında ayvaların zamanla nem içeriğindeki değişime kalınlığın etkisi (75°C)

Sıcaklığın ayvanın nem içeriğine etkisini incelemek için, 5 mm kalınlığında kesilmiş ayvaların etüvde 4 farklı sıcaklıkta (45, 55, 65 ve 75°C) kurutulmaları sırasında zamanla nem içeriğindeki değişim Şekil 4.2’de verilmiştir.

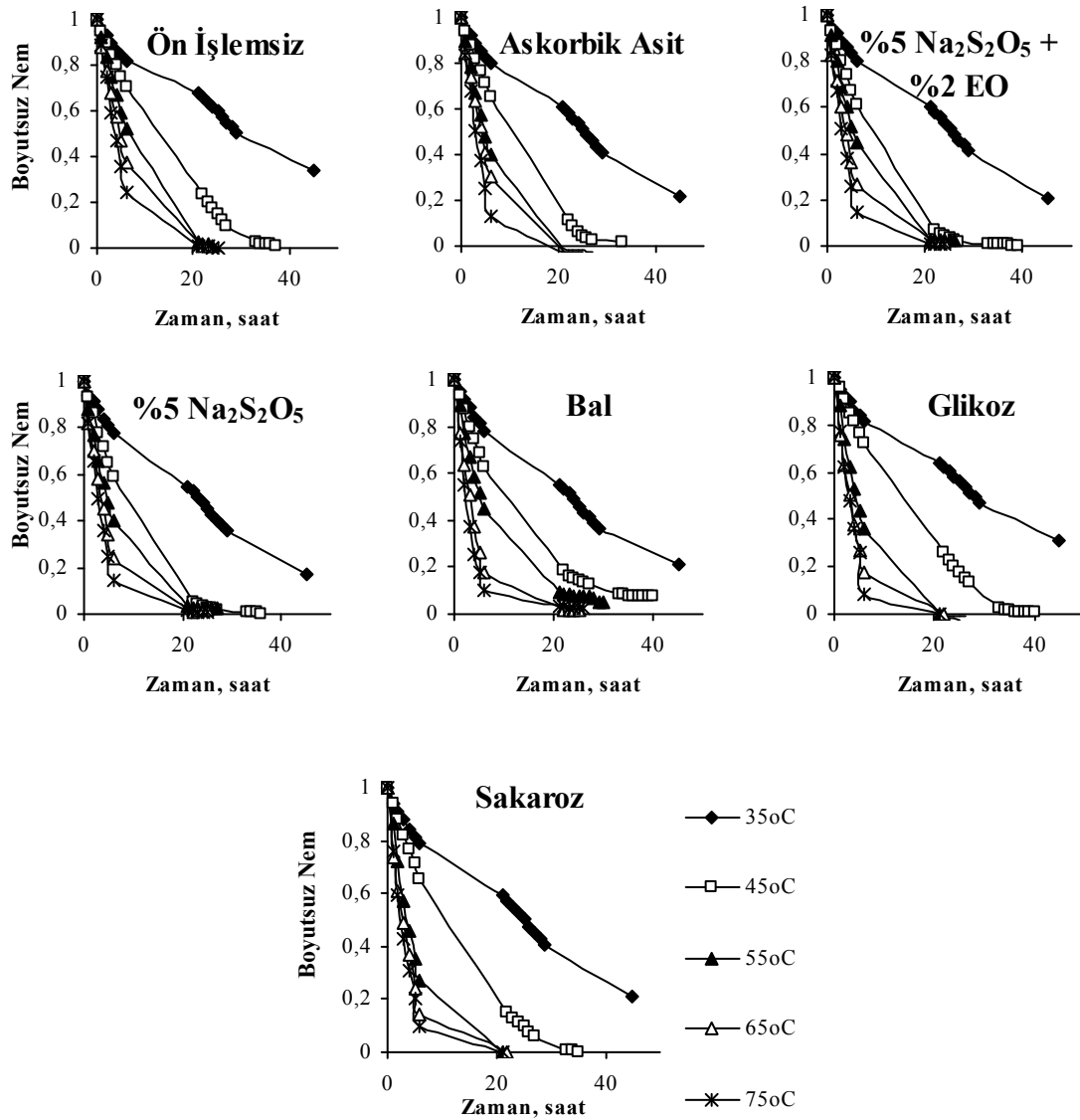


Şekil 4.2 Kuruma sırasında ayvaların nem içeriği değişimine sıcaklığın etkisi (5 mm kalınlık)

Sıcaklığın tüm ön işlemlerde ayvanın nem içeriği üzerine etkisinin benzer olduğu Şekil 4.2’den görülmektedir. 75°C sıcaklık, daha düşük sıcaklıklara kıyasla ayvada daha hızlı bir kuruma ve aynı süreler için daha düşük nem içeriğine neden olmaktadır. Benzer durum diğer kalınlık değerleri (1 ve 10 mm) için de söz konusudur. Sıcaklığın artması ile buharlaşma derecesinin artması, yüksek sıcaklıklarda kurumanın daha hızlı

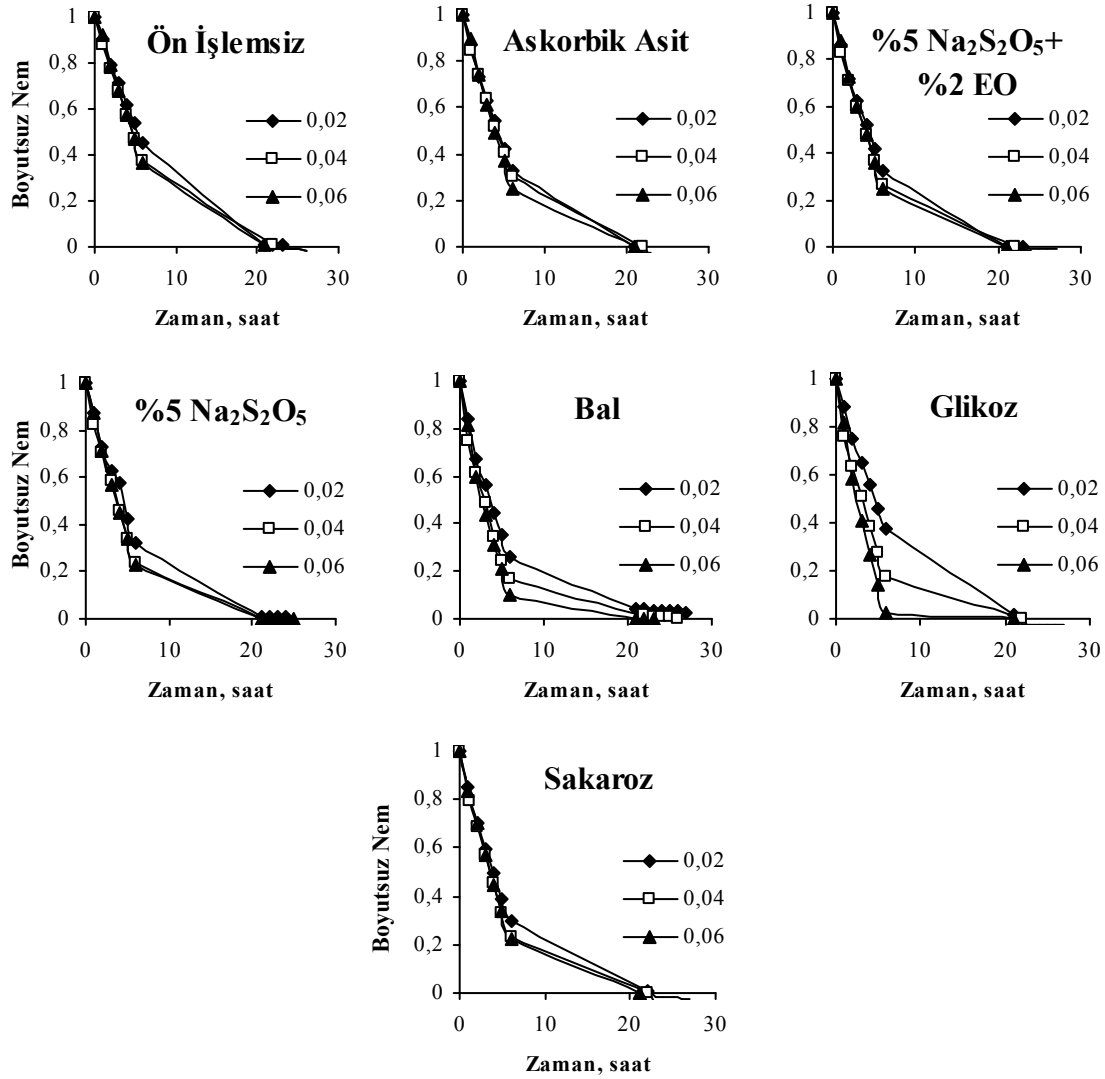
olmasının nedeni olarak söylenebilir. Bu bulgu literatürle uyumludur.(Falade and Abbo 2007)

Vakum ortamında farklı sıcaklıkta kurumanın etkisini incelemek amacıyla 0,04 MPa vakum basıncı uygulanan kurutucuda 35-75 °C sıcaklık aralığında kurutulan 10 mm kalınlığındaki ayvaların zamanla nem içeriklerindeki değişim Şekil 4.3' de verilmiştir.



Şekil 4.3 Kuruma sırasında ayvaların zamanla nem içeriğindeki değişime sıcaklığın etkisi (0,04 MPa vakum basıncı)

Şekil 4.3'te görüldüğü üzere ayvaların düşük basınçta kuruma davranışlarına sıcaklığın etkisi, atmosfer basıncı altında çalışan laboratuvar tipi kurutucuda gözlenen değişimle aynıdır. 0,04 MPa vakum uygulanarak kurutulan ayvalarda da kurutma ortamının sıcaklığı arttıkça daha hızlı bir kuruma meydana gelmiştir.



Şekil 4.4 Kuruma sırasında ayvaların nem içeriğindeki değişime uygulanan vakum basıncının etkisi (65°C)

Ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan ayvaların kuruma davranışına, kurutma ortamının basıncının etkisini incelemek amacıyla, vakumlu etüvde 65 °C sabit sıcaklıkta 0,02, 0,04 ve 0,06 MPa vakum basıncı uygulandıktan sonra kurutulmaları sırasında zamanla nem oranlarındaki değişim Şekil 4.4' de verilmiştir. Verilen basınç değerleri

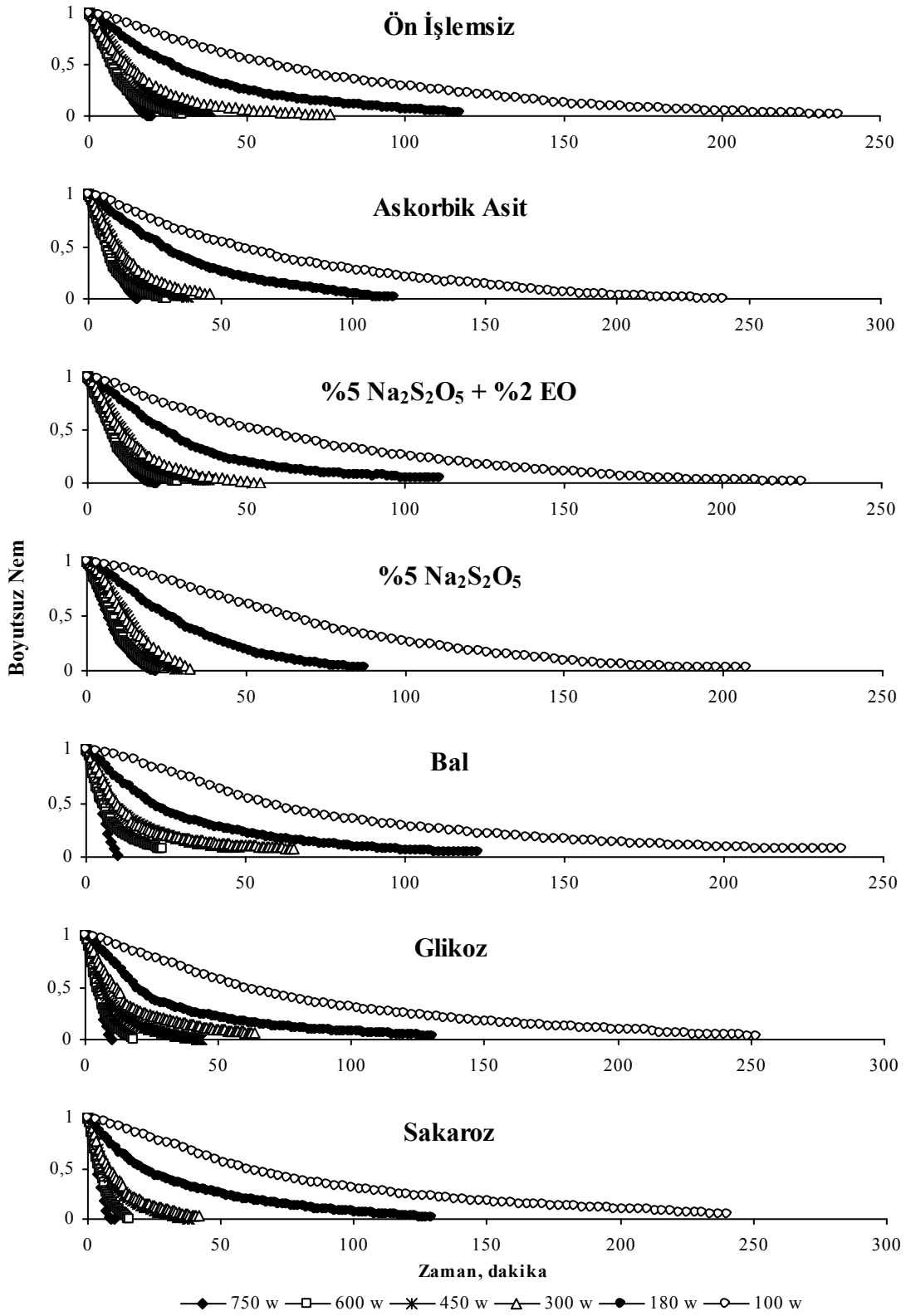
gösterge basıncı (vakum basıncı) olduğundan, bu basınç değerleri ortamın mutlak basıncına dönüştürüldükten sonra kurutma kamarasının basıncı olarak düşünülmelidir. Vakum basıncının azalmasıyla ortam basıncı atmosfer basıncına yaklaştığından, düşük vakum değerlerinin yüksek mutlak basınçları ifade ettiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Şekil 4.4 de göstermektedir ki; ayva kurutulurken uygulanan vakum miktarlarının derecesi, az da olsa ayvanın kuruma süresini ve zamanla nem içeriğindeki değişimi etkilemektedir. 0,06 MPa vakum basıncı, diğer basınç değerlerine göre daha hızlı kurutma ve daha düşük nem içeriği sağlamaktadır. Uygulanan vakum derecesinin artması kamara içindeki mutlak basıncın azalmasına neden olmaktadır. Ayvanın daha düşük basınçlı bir ortamda kurutulması sırasında ise, ayvadaki su buharı basıncının ortamın buhar basıncına daha çabuk ulaşması nedeniyle daha hızlı bir buharlaşma söz konusu olmaktadır.

Ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak mikrodalga kurutucuda kuruma davranışını incelemek amacıyla farklı güç derecelerinde kurutulan ayvaların zamanla boyutsuz nem içeriklerindeki değişimi Şekil 4.5'te verilmiştir.

Şekil 4.5'te görüldüğü gibi ayvanın kuruması üzerine mikrodalga güç seviyelerinin etkisi sıcaklığın etkisi ile benzerdir. Yani uygulanan Watt derecesi arttıkça ayvanın nem içeriği daha hızlı azalmaktadır. Her ne kadar deneyler sırasında ürün sıcaklıkları ölçülemediyse de uygulanan MD gücü arttıkça kurutulan ürünün de sıcaklığı artmaktadır. MD ışınlar kurutma ortamının sıcaklığını artırmazken sadece içerisinde su olan maddeye etki ederler. MD direkt olarak ürün içerisindeki suya etki ettiğinden onun kinetik enerjisini artırmaktadır. Kinetik enerjisi artan su molekülleri mevcut ısının bir kısmını kondüksiyonla çevresindeki katı maddeye iletirken bir kısmını da buharlaşmakta kullanmaktadırlar.

Mikrodalga güç seviyelerinin artması da daha yüksek şiddette enerjinin su moleküllerince absorplanması olarak düşünüleceğinden MD güç seviyesinin artmasıyla madde daha hızlı kuruyacaktır. Literatürde benzer sonuçlar bulmak mümkündür. (Giri and Prasad 2007)

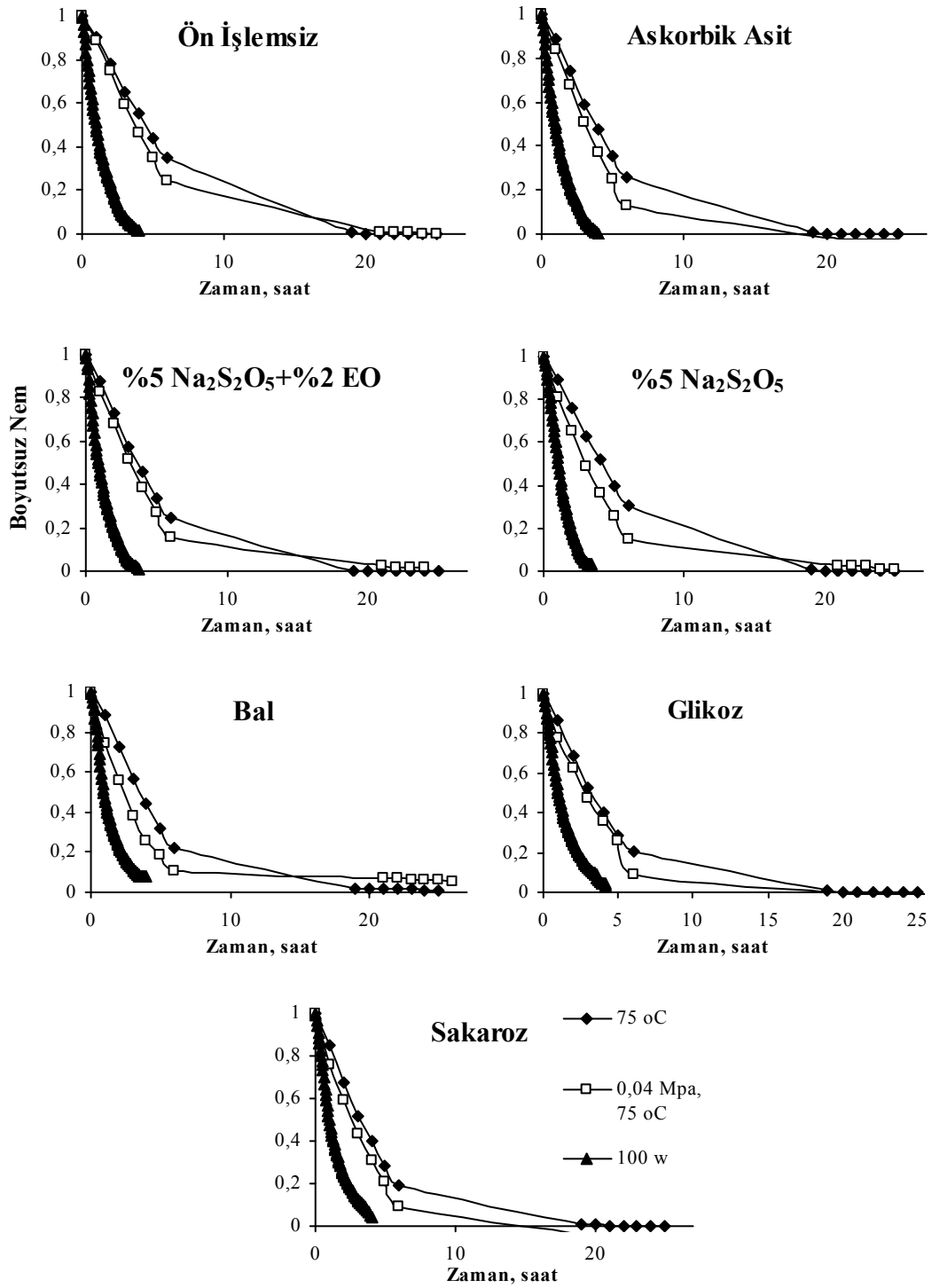


Şekil 4.5 Kuruma sırasında ayvanın nem içeriğindeki değişime mikrodalga güç seviyelerinin etkisi

Şekil 4.5'den görüldüğü üzere 100 W ile 750 W arasında çok belirgin bir zaman farkı vardır. 750 W'da ayvalar 10 dakikada kururken 100 W'da kuruma 210-240 dakika sürmektedir. Ancak yüksek watt derecelerinin özellikle şeker içeriği yüksek gıdalarda şekerlerin yanması nedeniyle meydana getirdiği karamelizasyon hem görüntü hem de kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Bu durum ilerleyen bölümlerde toplam renk değişimi ile daha açık bir şekilde ortaya koyulacaktır.

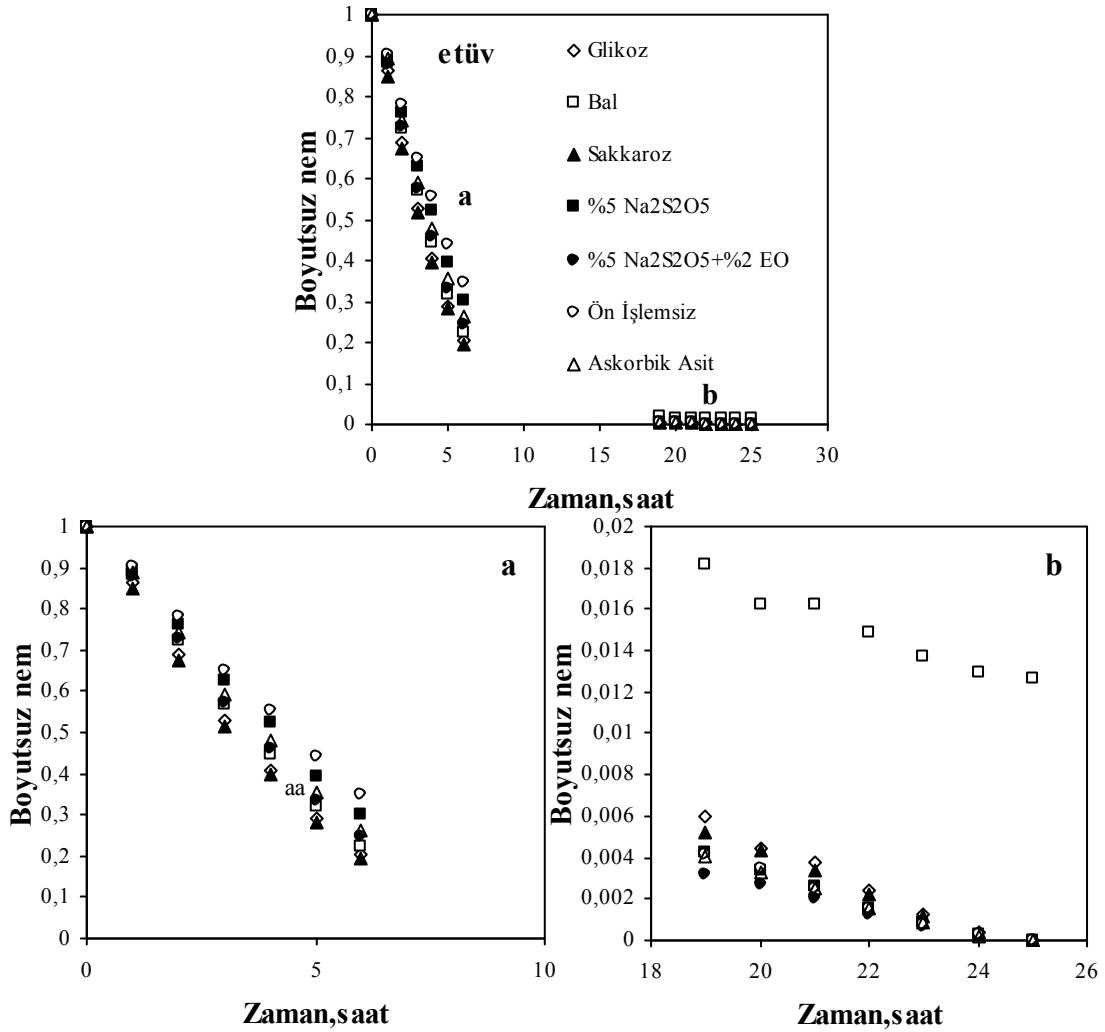
Kullanılan kurutma yöntemlerini kendi içinde mukayese edebilmek amacıyla, uygulanan her bir ön işlem için normal ve vakumlu etüvde 75 °C mikrodalga kurutucuda 100 W da yapılan kurutma işlemleri sonucu elde edilen zamanla boyutsuz nemdeki değişim Şekil 4.6'da verilmiştir.

Tüm ön işlemlerde görülen sonuç en hızlı kurumanın mikrodalga ile en yavaş kurumanın ise normal etüvde gerçekleştiğidir. Mikrodalga fırında madde içine gönderilen ışınlar su moleküllerine direkt olarak etki ederek buharlaşmasını sağladığından en hızlı kurutma tekniği sağlamaktadır. Vakum altında kurutma ile atmosfer basıncına göre daha hızlı kuruma gözlenmesi ise, meyve içindeki su moleküllerinin kısmi basıncının vakum nedeniyle daha düşük olan ortam basıncına daha hızlı ulaşması sonucuyla daha kolay buhar fazına geçebilmeleri nedeniyledir.

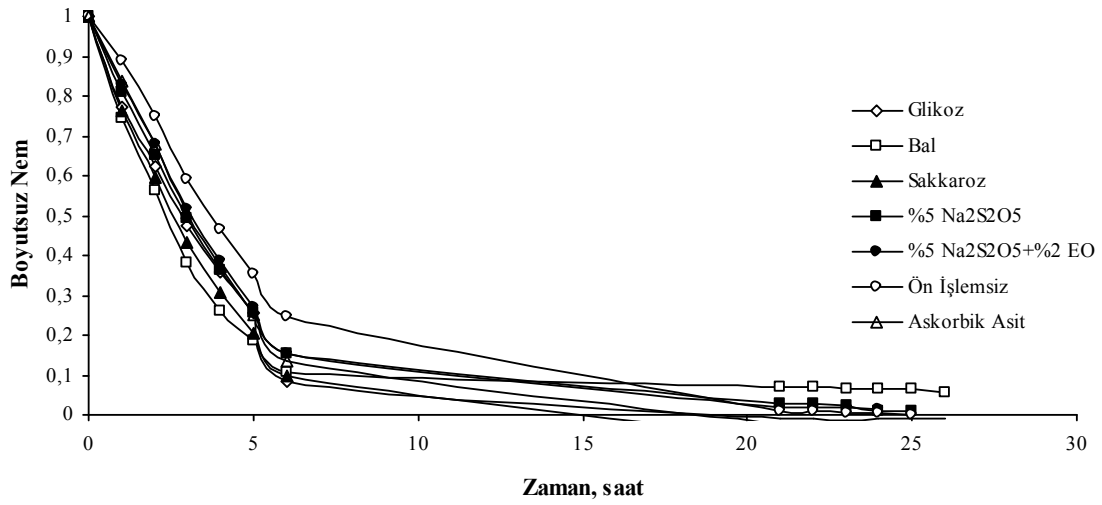


Şekil 4.6 Ayvaların zamanla boyutsuz nem içeriğindeki değişime kurutma yöntemlerinin etkisi

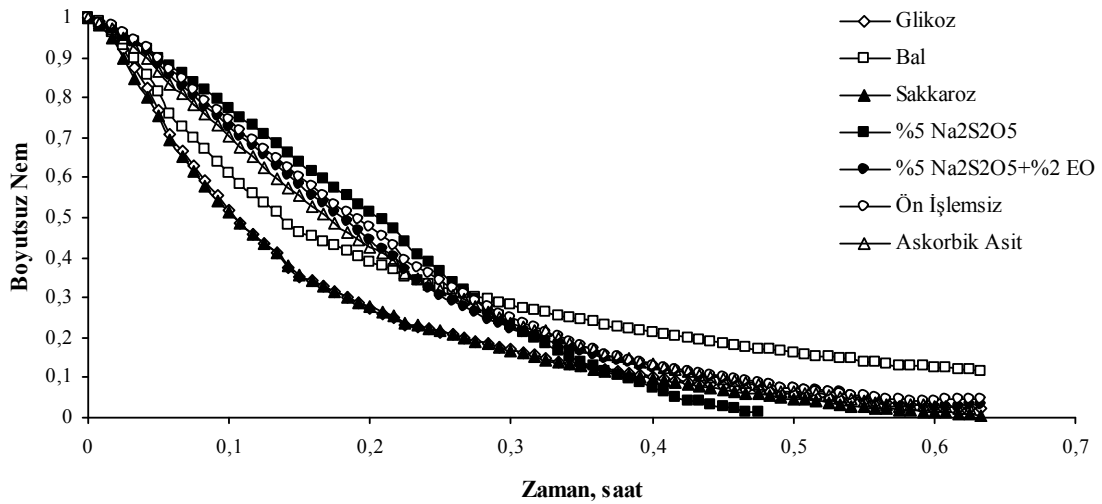
Ayvalara uygulanan ön işlemleri kendi aralarında mukayese edebilmek amacıyla normal etüvde 75 °C’de, 0,04 MPa vakum altında 75 °C’de ve mikrodalga fırında 180 W ‘da yapılan kurutmalar sonucu her bir ön işlem için elde edilen zamanla nem içeriği değerleri grafiğe geçirildi. Şekil 4.7’de normal etüv için, Şekil 4.8’de vakumlu etüv Şekil 4.9 ‘da ise mikrodalga kurutma için uygulanan ön işlemlerin mukayesesi görülmektedir.



Şekil 4.7 Ayvaların 75°C’de etüvde kurutulmaları sırasında zamanla boyutsuz nem içeriklerindeki değişime ön işlemlerin etkisi



Şekil 4.8 0,04 MPa 75°C'de vakumlu etüvde kurutulan ayvaların zamanla boyutsuz nem içeriklerindeki değişime ön işlemlerin etkisi



Şekil 4.9 100 W mikrodalga güç seviyesinde kurutulan ayvaların zamanla boyutsuz nem içeriklerindeki değişime ön işlemlerin etkisi

Her üç grafikten de görüldüğü üzere ön işlem uygulaması ayvaların kuruma davranışında çok belirgin bir fark yaratmamıştır. Zamanla nem içeriğindeki azalma birbirine çok yakın çıkmıştır. Ancak yine de tüm şekillerden görüldüğü üzere kurumanın ilk zamanlarında şeker çözeltileri ile muamele edilmiş ayvaların daha hızlı nem kaybettikleri gözlenmektedir. Kurumanın ilerleyen aşamalarında nem içeriği azaldıkça şeker çözeltileri ile muamele edilen ayvaların kurumasının yavaşladığı kimyasal ön

işlem gören ayvaların daha hızlı kuruduğu ve kurumanın sonunda ise gerek süre gerekse son nem içeriği bakımından daha düşük değerlere bu ön işlemlerle ulaşıldığı görülmektedir.

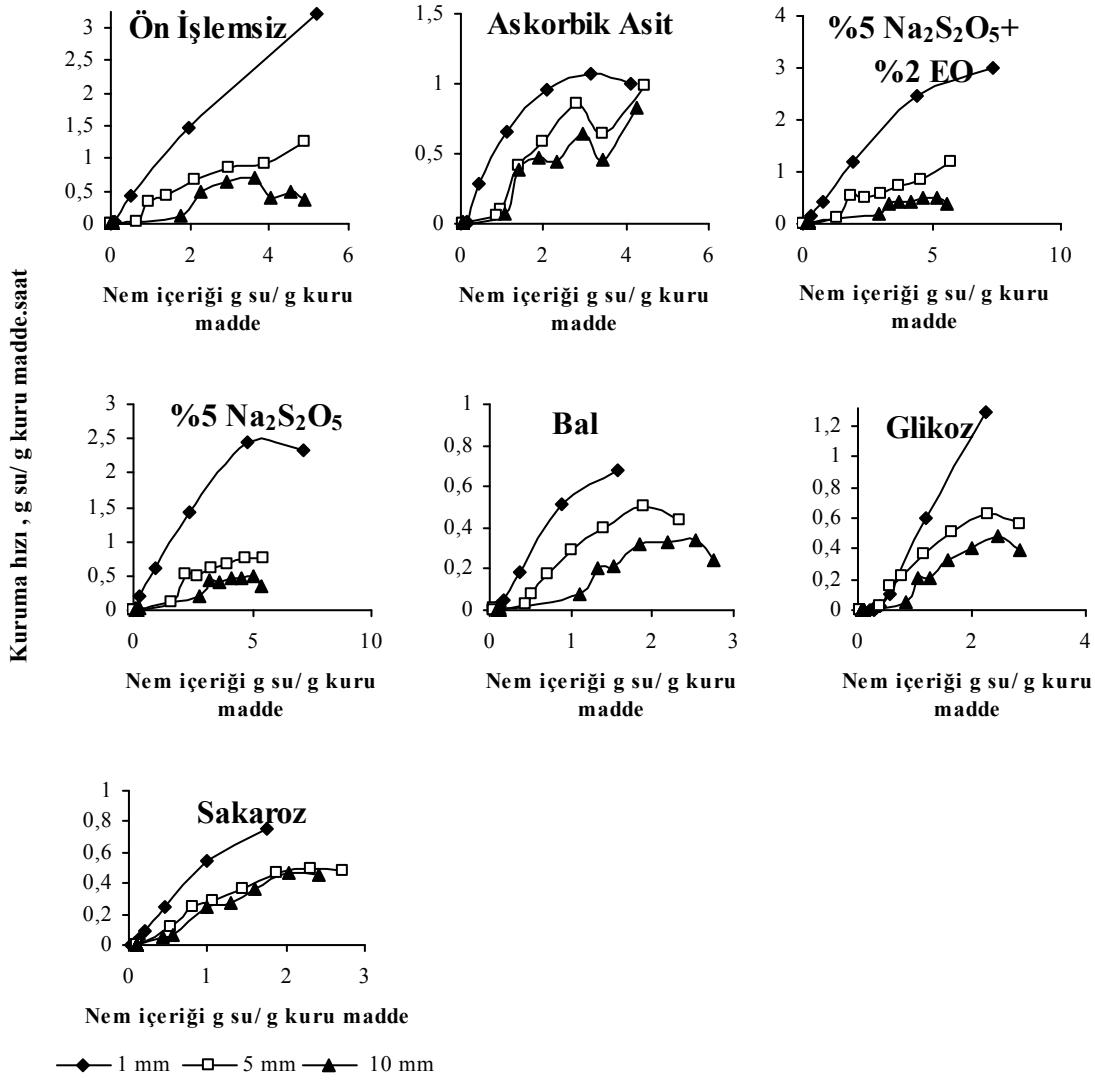
Şeker çözeltileri ile uygulanan ön işlemlerin, ayvaların bu çözeltilerde 1 saatlik bekleme süresi sonunda kurutma ortamına alınması şeklinde uygulandığı göz önüne alınacak olursa, ayvaların çok yoğun şeker çözeltileri içinde kısmi dehidrasyona uğraması nedeniyle nem içerikleri, (Çizelge 3.1) yaş ayvanın nem içeriğinden daha düşük değerlerdedir. Ancak kurumanın ilerleyen aşamalarında şekerli ön işleme tabi tutulan ayvalarda nem içeriğinin azalmasıyla meyvedeki yoğun şekerin suyu bağlama kabiliyetinin yüksek olması nedeniyle bünyedeki su daha zor uzaklaşmakta ve daha yüksek nem içeriklerinde dengeye erişmektedir.

Sodyum meta bi sülfid ve Etil oleat ile kimyasal ön işlem gören ayvalarda ise başlangıç nem içerikleri yaş ayvanın nem içeriğinden daha yüksektir (Çizelge 3.1). Bunun nedeni söz konusu çözeltilerin çok seyreltik olması nedeniyle meyvenin bu çözeltilere daldırıldığında çözeltiden nem almasıdır. Daha yüksek nem içeriği ile kurutulmaya başlanan kimyasal ön işlemler ayvalar kurumanın ilk aşamalarında belirgin bir değişim gösterememelerine rağmen kurumanın son aşamalarında gerek süre gerekse ulaşılan son nem içeriği bakımından diğer ön işlemlere göre farklılık yaratmışlardır. Daha kısa sürede daha düşük nem içeriğine ulaşılmaya olanak sağlamışlardır. Ancak daha önce de belirtildiği gibi bu farklılık çok belirgin ve hissedilebilir oranda gerçekleşmemiştir.

4.1.2 Kuruma Hızları

Farklı ön işlemler uygulanan ayvaların farklı tekniklerle kurutulması sırasında elde edilen zamanla nem içeriği değerlerinin zamana göre nümerik diferansiyeli alınarak kuruma hızı değerleri elde edildi. Her bir zaman aralığı için o zaman aralığındaki ortalama nem değerleri hesaplanıp, ortalama neme karşı kuruma hızı değerleri grafiğe geçirilmiştir.

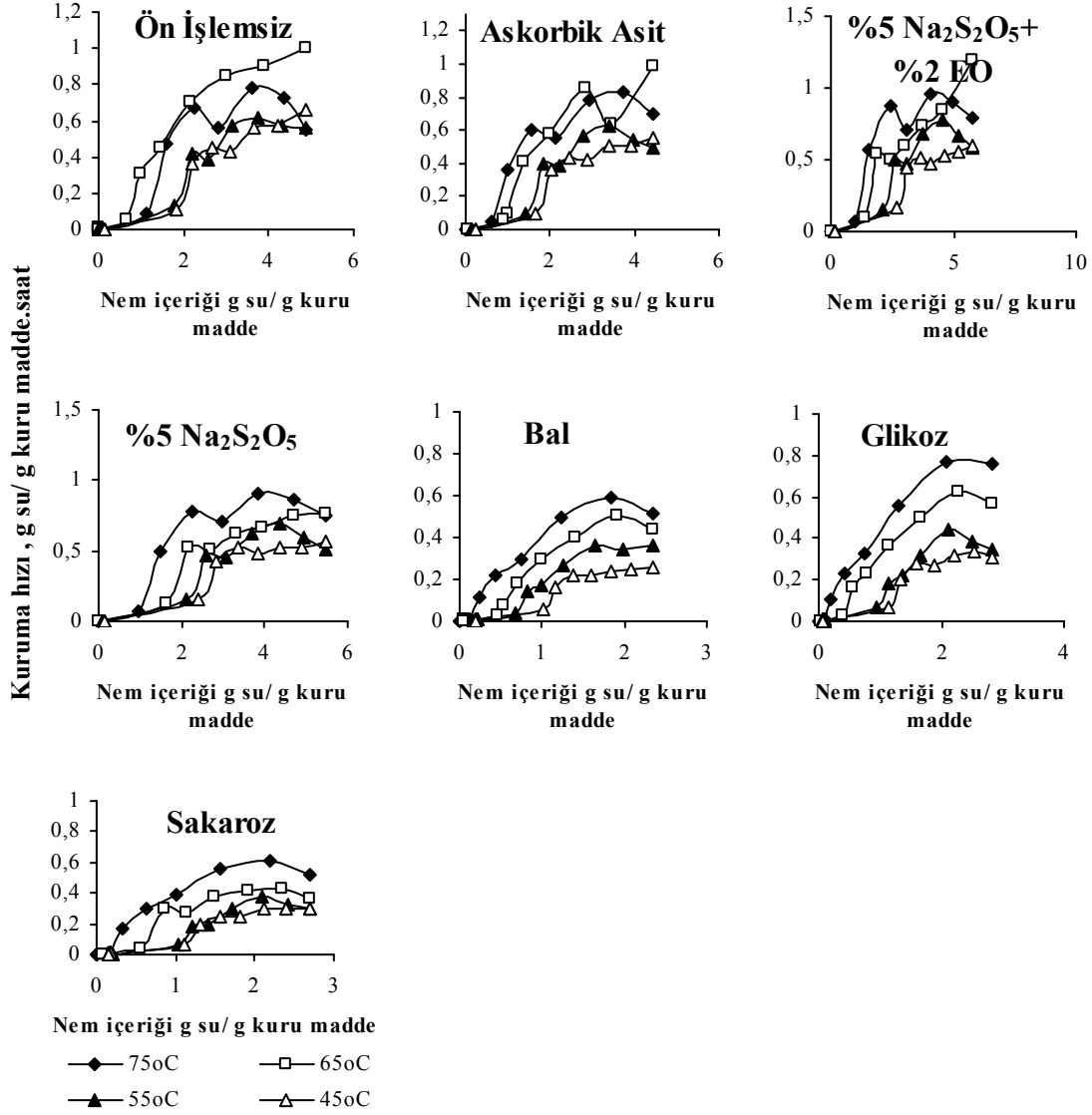
Kalınlığın kuruma hızına etkisini incelemek amacıyla, 65 °C sabit sıcaklıktaki normal etüvde ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan ayvaların nem içeriğine karşı kuruma hızları Şekil 4.10'da grafiğe geçirilmiştir.



Şekil 4.10 Ayvanın kuruma hızına kalınlığın etkisi (65°C)

Şekil 4.10'da görüldüğü gibi kalınlıkla kuruma hızı değişimi ters orantılıdır. Kalınlık azaldıkça kuruma hızı artmaktadır. 1 mm kalınlığındaki ayvalar 5 ve 10 mm kalınlığındaki ayvalara göre daha hızlı kurumuşlardır. Madde miktarındaki azalmaya paralel olarak ayvanın bünyesindeki nem de daha az olduğundan daha hızlı kuruma gözlenmektedir.

Sıcaklığın kuruma hızına olan etkisi farklı ön işlemlili ve ön işlemsiz ayvalar için Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 Sıcaklıkla kuruma hızı değişimi (5 mm)

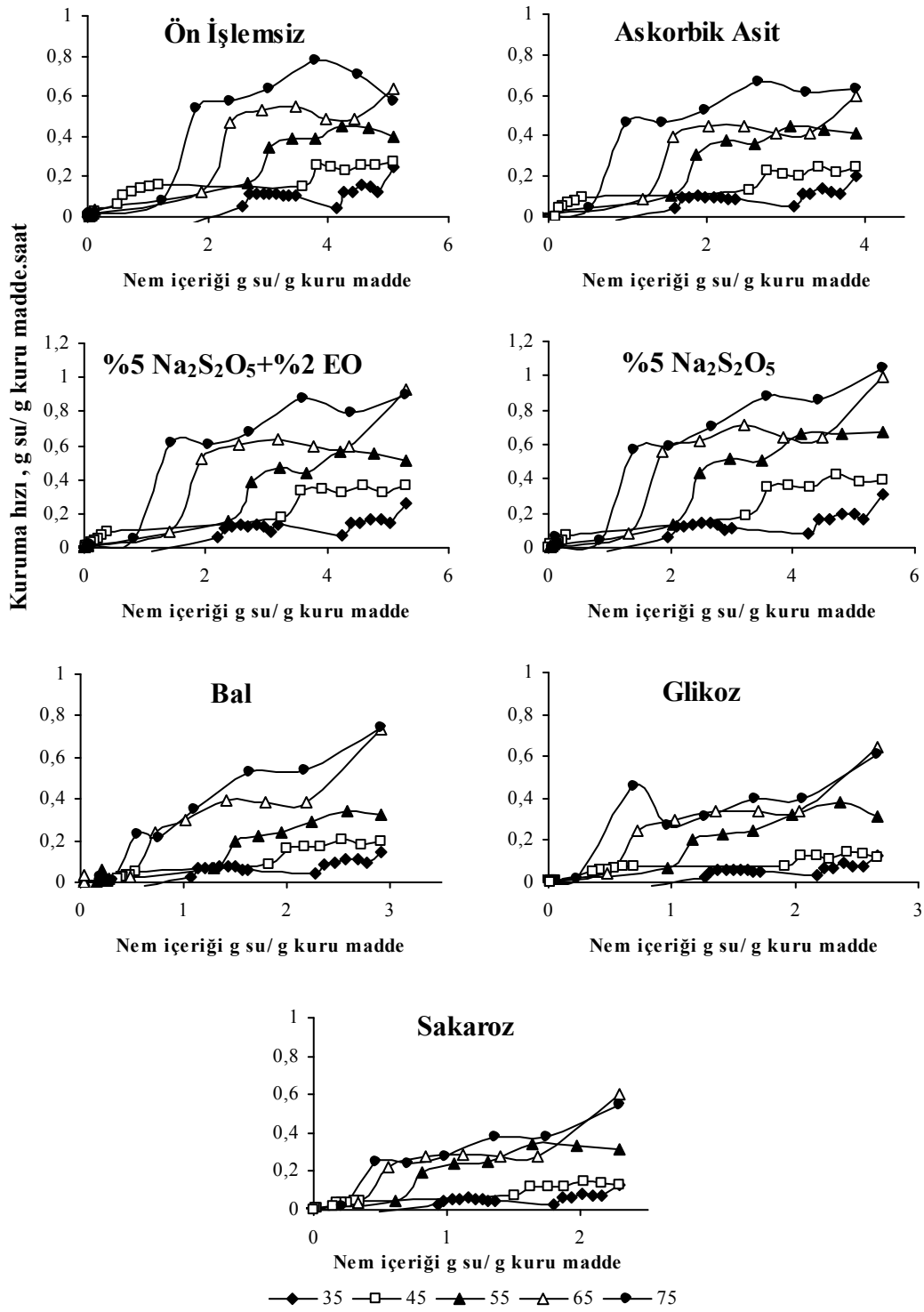
Sıcaklık artışının kuruma hızını arttırdığı Şekil 4.11’de görülmektedir. 45 °C de kurutulmuş ayvaların kuruma hızının daha yüksek sıcaklıklarda kurutulmuş ayvalara göre daha düşük kuruma hızına sahip olduğu yani daha yavaş kurduğu açıkça görülmektedir ve bu bulgu literatürle desteklenmektedir (Falade et al. 2007). Benzer durum diğer kalınlıklar (1 ve 10 mm) için de geçerlidir.

Vakumlu etüvde ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulan ayvaların kuruma hızlarındaki değişim, 0,04 MPa sabit vakum basıncında sıcaklıkla değişimi Şekil 4.12’de, 65 °C’lik sabit sıcaklıkta vakum basınçları ile değişimi ise Şekil 4.13’de gösterilmiştir.

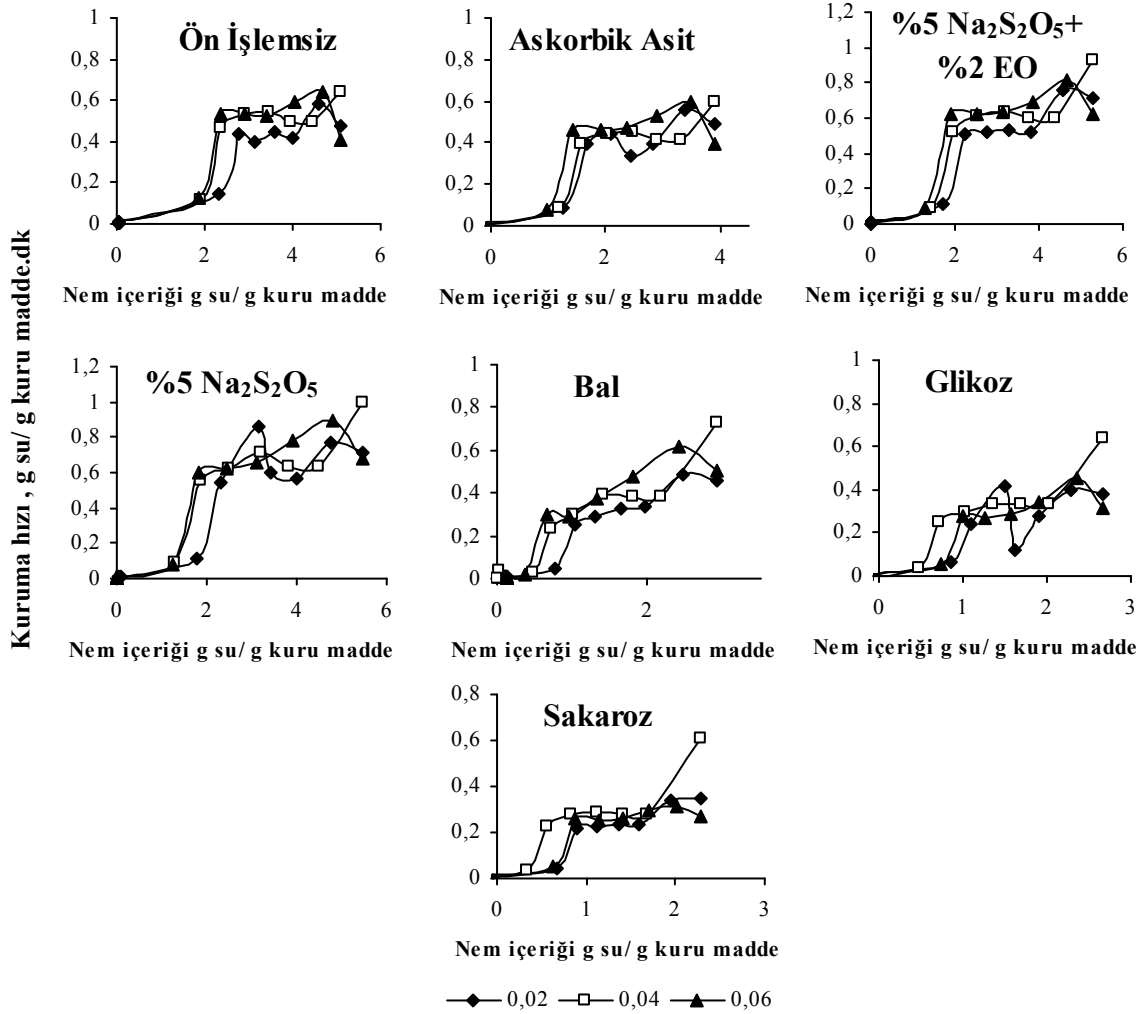
Şekil 4.12’de görüldüğü gibi sıcaklığın 0,04 MPa sabit vakum basıncında ayvaların kuruma hızına olan etkisi, ortamda herhangi bir vakum bulunmaksızın laboratuvar tipi kurutucuda kurutulan ayvaların kuruma hızına olan etkisine benzer değişim göstermiştir. Yani sıcaklık artışı kuruma hızını artırırken, sıcaklık azalışı kuruma hızını düşürmüştür. Benzer bulguya literatürde de rastlanmaktadır (Pinedo and Murr 2006).

Şekil 4.13 göstermektedir ki; sabit sıcaklıkta uygulanan vakum basınçlarının kuruma hızı üzerine olan etkisi birbirlerine oldukça yakın olmakla birlikte, detaylı incelendiğinde, kabin içi basınçta meydana gelen azalışın(vakum basıncında meydana gelen artışın) kuruma hızını az da olsa artırıcı yönde etkili olmaktadır. Kuruma hızı grafikleri, boyutsuz nem grafiklerinin ve bu grafiklerdeki trendin diğer bir gösteriliş şekli olduğundan önceki grafiklerle aynı yorum yapılabilmektedir.

Kuruma hızı grafiklerinin asıl önemli göstergesi, bu grafiklerde kuruma periyodunun yani kuruma sırasında meyvedeki nemin hangi mekanizma ile taşınabildiğinin görülebilmesidir. Her ne kadar tüm kuruma süresi ele alındığında sabit ve azalan kuruma periyodu birlikte gerçekleşse de birinin diğerine göre baskın olduğu durumlar vardır. Kuruma sırasında azalan kuruma hızı evresinin mi etkili yoksa sabit kuruma hızı döneminin mi etkili olacağı meyveden meyveye değiştiiği gibi, kurutma ortamına ve kurutma tekniğine, ön işleme ve bunun gibi birçok parametreye bağlı olarak da değişmektedir.



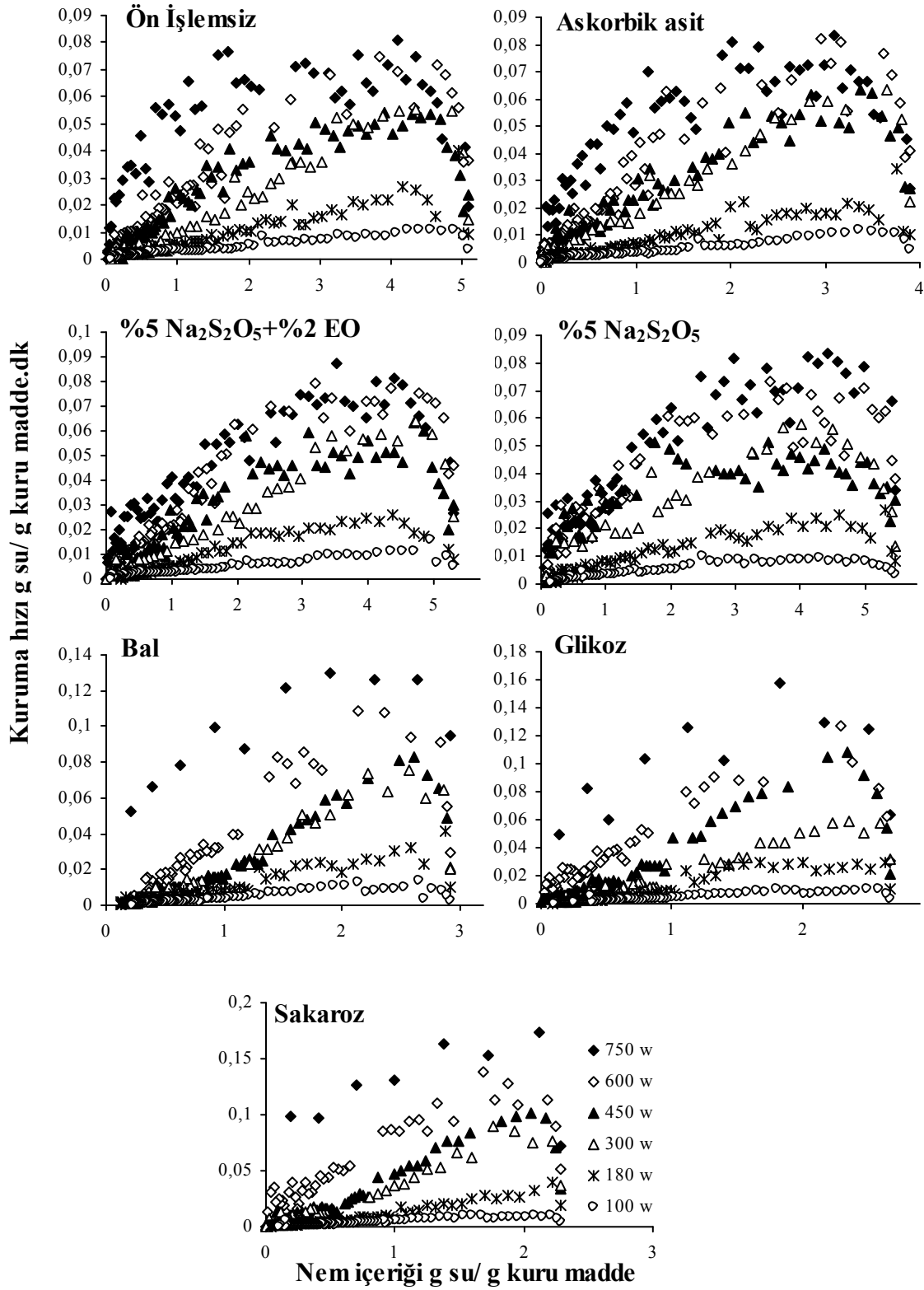
Şekil 4.12 Sıcaklığın ayvanın kuruma hızına etkisi (0,04 MPa)



Şekil 4.13 Ayvanın kuruma hızına uygulanan vakum basıncının etkisi (65°C)

Mikrodalga ile ön işlemlili ve ön işlemlisiz olarak kurutulan ayvaların kuruma hızlarının mikrodalga güç seviyeleri ile değişimi Şekil 4.14’de verilmiştir.

Şekil 4.14’de görüldüğü gibi mikrodalga watt derecelerinin mikrodalga ile kurutulmuş ayvaların kuruma hızına olan etkisi, sıcaklığın ayvanın kuruma hızına olan etkisi ile paraleldir. Sıcaklık artışının ayvanın kuruma hızını arttırdığı gibi mikrodalga güç seviyesindeki artış da ayvanın kuruma hızını artırıcı yönde etkili olmaktadır. Literatürle bu bulgu desteklenebilir (Therdthai and Zhou 2009).



Şekil 4.14 Kuruma hızına mikrodalga güç seviyelerinin etkisi

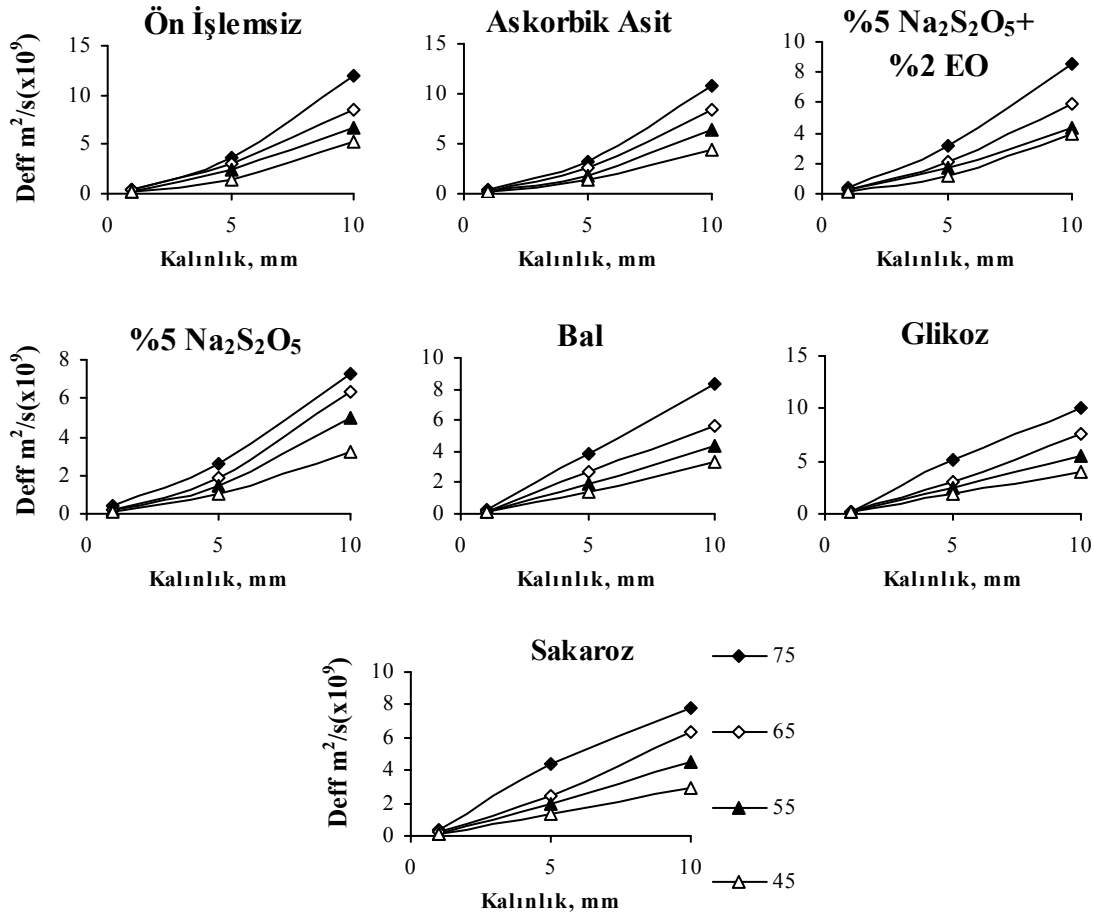
4.1.3 Difüzyon Katsayıları

Tüm kuruma hızı grafiklerinde görüldüğü üzere kuruma hızı nemin azalması ile azalmaktadır. Bu trend, kurumanın azalan kuruma hızı döneminde ve katı içi difüzyon kontrolünde gerçekleştiğinin göstergesidir. Gerçekte kurutma sırasında iç kısımlardaki nemin yüzeye hareketini simgeleyen katı içi difüzyon direnci ve yüzeydeki suyun havaya taşınması ile ilgili yüzey direnci birlikte kuruma olgusunu yönetir ancak kuruma eğrilerinin azalan trend göstermesi katı içi difüzyon direncinin yüzeydeki durgun sıvı filminin oluşturduğu dirençten daha yüksek olduğunu ifade eder. Yüzeydeki durgun filmin direnci yani yüzeydeki suyun havaya taşınım direnci ihmal edilecek kadar düşüktür tüm kuruma olayını meyvenin iç kısımlarında bulunan suyun yüzeye hareketi yani difüzyonu yönetir. Bu nedenle farklı ön işlemler görerek farklı tekniklerle kurutulan ayvanın kuruma davranışını açıklayıcı taşınım katsayısı katı içi difüzyon katsayısıdır. Dilim geometri için yazılan Fick'in II. yasasının sabit yüzey nemi sınır şartları için çözümünden eğim metodu kullanılarak difüzyon katsayıları hesaplanmıştır.

Difüzyon katsayısı meyve içindeki suyun meyve içindeki hareketinin ve dolayısıyla yüzeye taşınma hızının bir ölçüsüdür. Kurutma ortamının sıcaklığı, kurutma ortamının basıncı, ön işlem uygulaması, meyvenin kalınlığı gibi parametreler difüzyon katsayısını etkileyen faktörler arasındadır.

Şekil 4.15'de ön işlemlenmiş ve ön işlemlenmemiş olarak etüvde kurutulmuş, farklı kalınlıklardaki ayvaların sıcaklıkla difüzyon katsayılarındaki değişim verilmiştir.

Şekil 4.15, etüvde kurutulan ayvaların difüzyon katsayılarının kalınlık ve sıcaklık artışıyla arttığını göstermektedir. Bu iki parametre tek tek incelendiğinde 10 mm kalınlığındaki ayva örneklerinin difüzyon katsayısının, 5 ve 1 mm kalınlığındaki ayvaların difüzyon katsayılarından büyük olduğu; 75 °C sıcaklıkta kurutulmuş ayvaların difüzyon katsayılarının diğer sıcaklıklara göre daha yüksek olduğu açıkça görülebilmektedir. Literatürde benzer sonuçlar elde edilmiştir (Jena and Das 2007, Toğrul vd. 2009)



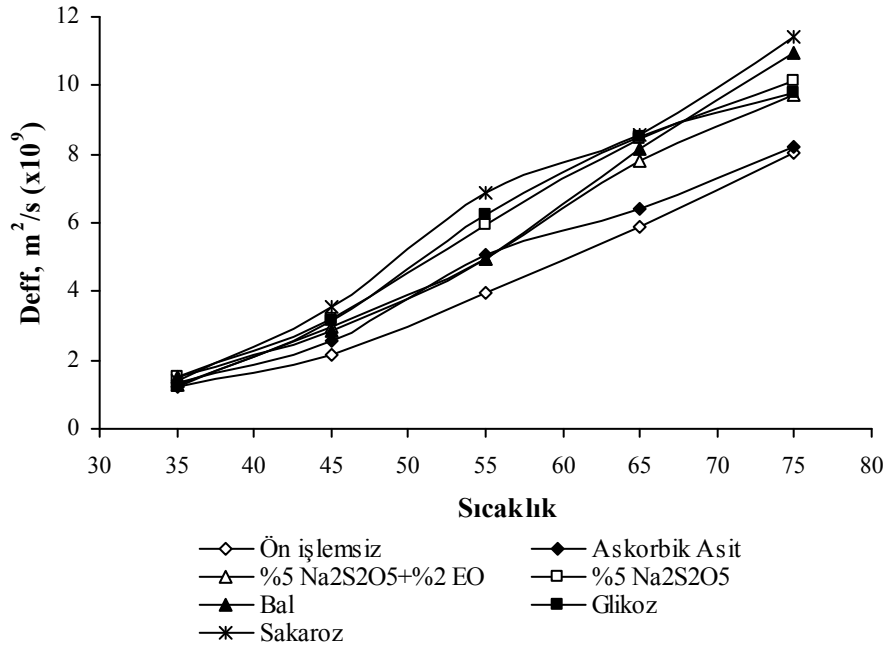
Şekil 4.15 Ayvaların difüzyon katsayılarına sıcaklık ve kalınlığın etkisi

Sıcaklığın artması ile difüzyon katsayısının artması beklenen olağan bir sonuçtur; çünkü yüksek sıcaklıkta suyun kinetik enerjisindeki artışa paralel olarak su molekülleri daha hızlı hareket etmekte, yüzeye daha hızlı çıkabilmektedirler ve buna bağlı olarak daha hızlı kuruma olmaktadır. Literatürde de benzer sonuçlar söz konusudur (Toğrul 2010, Çağlar vd. 2009, Toğrul ve Pehlivan 2003).

Ancak kalınlığın azalması ile difüzyon katsayısındaki azalma kuruma eğrilerinde görülen sonucun tersidir. İnce dilimler daha hızlı kurmasına rağmen difüzyon katsayıları daha düşük çıkmıştır. İnce kesilmiş dilimlerde su miktarı kalın olanlara göre daha düşüktür. Katı içi difüzyonda ise etkin olan yürütücü kuvvet ise meyve ile çevre havası arasındaki nem konsantrasyonu farkıdır. Bu fark ne kadar yüksek olursa taşınım o kadar hızlı gerçekleşir. İnce dilimlerde su miktarının daha az olması nedeniyle çevre

havası ile arasındaki nem konsantrasyonu farkı daha düşüktür, dolayısıyla meyve içindeki suyun taşınımı da daha yavaş gerçekleşmektedir.

Şekil 4.16' da, ayvaların vakumlu etüvde 0,04 MPa vakum basıncı altında farklı sıcaklıklarda kurutulması sırasında hesaplanan difüzyon katsayıları verilmiştir.



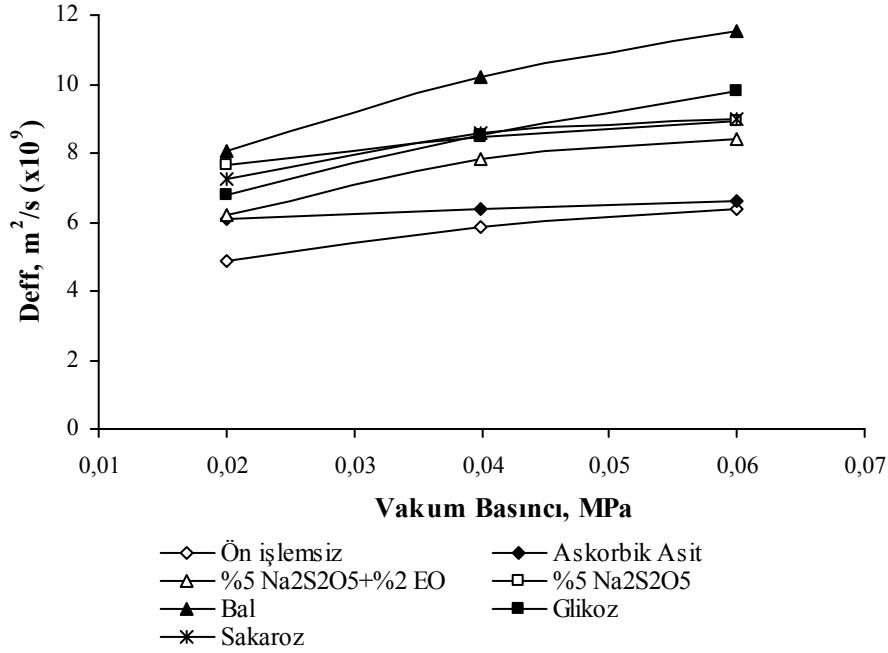
Şekil 4.16 Sabit basınçta vakumlu etüvde kurutulanan ayvaların sıcaklıkla difüzyon katsayılarındaki değişim (0,04 MPa)

Şekil 4.16'da görüldüğü gibi belirli bir basınç (0,04 MPa vakum basıncı) altında kurutulanan ayvaların difüzyon katsayıları sıcaklık artışıyla arttığı gibi, en düşük difüzyon katsayılarına tüm sıcaklıklarda ön işlemsiz ayvalar sahip olduğundan ön işlem uygulamaları da difüzyon katsayılarını artırmıştır.

Ayvaların ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak, 65 °C sabit sıcaklıkta, farklı vakum basınçları uygulanarak kurutulması sırasında vakum basıncına bağlı olarak difüzyon katsayılarındaki değişim Şekil 4.17' de verilmiştir.

Şekil 4.17 incelendiğinde; sabit sıcaklıkta, vakum basıncının artışı (kabin içi basıncın azalışı) ayvaların difüzyon katsayılarını ön işlemi ne olursa olsun arttırdığı yorumu

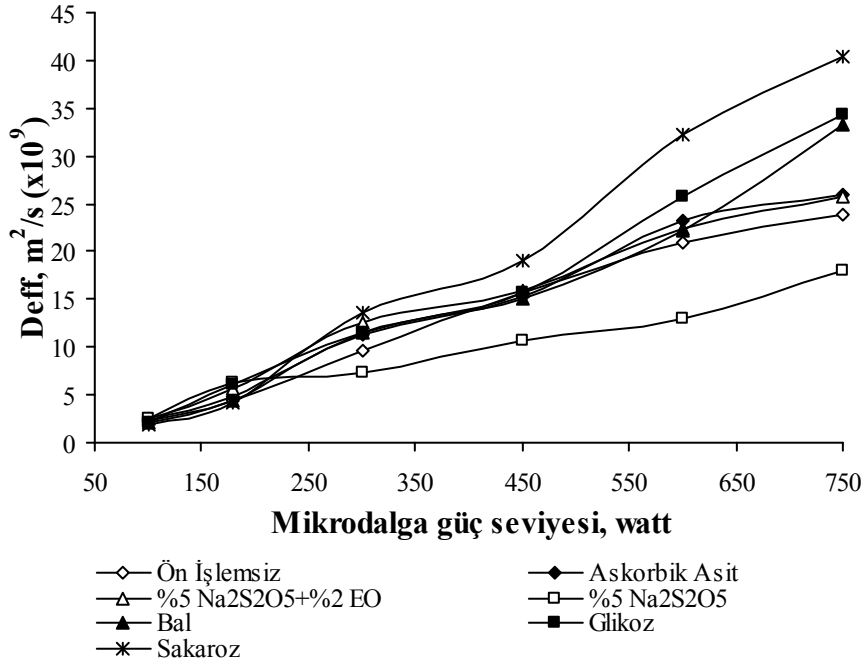
yapılabilir. Bununla birlikte ön işlemin difüzyon katsayısını artırıcı etkisi de Şekil 4.17’ de açıkça vurgulanmakta olup, şekerli çözelti ön işlemleri uygulanmış ayvaların vakumlu etüvde en yüksek difüzyon katsayısı değerlerine sahip oldukları görülmektedir.



Şekil 4.17 Sabit sıcaklıkta farklı vakum basınçlarının ayvaların difüzyon katsayılarına etkisi (65°C)

Şekil 4.18’ de mikrodalga ile kurutulmuş ayvaların difüzyon katsayılarına mikrodalga güç seviyelerinin etkisi ön işlemleri ve ön işlemsiz ayvalar için gösterilmiştir.

Şekil 4.18’de sıcaklık etkisine benzer şekilde mikrodalga güç seviyelerinin artışının ayvaların difüzyon katsayılarını artırıcı etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Meyveye uygulanan MD gücündeki artış su moleküllerinin kinetik enerjilerinde artışa neden olduğundan, kinetik enerjisi artan moleküller daha hızlı hareket edeceklerdir. Madde içindeki suyun taşınım hızının bir ölçüsü olan difüzyon katsayısı da MD gücündeki artışa paralel olarak artmaktadır. Yine Şekil 4.18’den çıkarılacak bir başka sonuç da şeker çözeltileri uygulanmış ayvaların vakumlu etüvde olduğu gibi daha yüksek difüzyon katsayılarına sahip olduklarıdır.



Şekil 4.18 Mikrodalga güç seviyeleri ile ayvaların difüzyon katsayılarındaki değişim

4.1.4 Aktivasyon Enerjisi

Difüzyon katsayılarının sıcaklıkla exponansiyel bir değişim göstermesi nedeniyle Arrhenius ifadesine göre kurutma aktivasyon enerjisi hesaplanabilmektedir.

Difüzyon katsayısının sıcaklıkla değişimi olan Arrhenius (4.1) tipi ifade (4.2) deki gibi lineerleştirilebilir.

$$D_{eff} = A_o \cdot \exp(-E_A / RT) \quad (4.1)$$

Burada E_A aktivasyon enerjisi, kJ/mol, R evrensel gaz sabiti, kJ/molK, T mutlak sıcaklık, K dir.

$$\ln(D_{eff}) = \ln A_o - E_A / RT \quad (4.2)$$

1/T ye karşı $\ln D_{eff}$ 'in grafiğe geçirilmesi ve elde edilen doğrunun eğiminden aktivasyon enerjileri belirlenmiştir.

Mikrodalga kurutucularda ortam sıcaklığının değişmemesi ve ölçülememesi nedeniyle uygulanan Watt derecelerinde bir sıcaklık değerinden bahsetmek mümkün olmamaktadır. Bunun yerine MD güç değerleri ile difüzyon katsayısı arasındaki ilişkiyi aşağıdaki şekilde tanımlayan eşitliklerin kullanımı da literatürde yer bulmaya başlamıştır (Dadalı vd. 2007).

$$D_{eff} = D_o \cdot \exp(-E_A m / P_m) \quad (4.3)$$

Burada m kurutulan örneğin kütlesi, g, Pm mikrodalga güç seviyesi ,W dır. (4.3) eşitliğinin de lineleştirilmesiyle MD kurutmada aktivasyon enerjisi hesaplanabilmektedir.

Çizelge 4.1' de farklı ön işlemler uygulanan ayvaların farklı kalınlıklarda etüvde kurutulmaları sırasında kurutma aktivasyon enerji değerleri verilmiştir (kj/mol).

Çizelge 4.1 Etüvde farklı kalınlıklarda ön işlemler ve ön işlemsiz olarak kurutulan ayvaların aktivasyon enerjileri (kj/mol)

	1 mm	5 mm	10 mm
Ön İşlemsiz	31,18581	27,1369	24,62939
Askorbik Asit	31,04531	29,63359	27,35888
%5 Na ₂ S ₂ O ₅ +%2 EO	36,624	29,66352	24,76491
%5 Na ₂ S ₂ O ₅	39,69519	27,69809	25,06505
Bal	33,11466	31,10267	27,40294
Glikoz	33,15623	30,77843	28,58353
Sakaroz	35,81671	33,99595	30,11331

Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi kalınlık farkı kurutma aktivasyon enerji değerlerini etkilemektedir. Ön işlem durumu fark etmeksizin tüm ayvaların kalınlıkları arttıkça aktivasyon enerjileri azalmıştır. Kalınlık artmasıyla madde miktarında meydana gelen

artış moleküllerin ortalama enerjilerinde artışa dolayısıyla aktivasyon enerjisinde azalmaya neden olmuştur. Bu durum literatürle desteklenmektedir (Toğrul vd. 2005a, b).

Aktivasyon enerjisi katı matriksten nemin uzaklaşması için gerekli enerjinin bir göstergesidir. Aktivasyon enerjisindeki azalma, moleküllerin ortalama enerjilerindeki artıştan kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.2’ de farklı ön işlemler uygulanan ayvaların vakumlu etüv, etüv ve mikrodalgada kurutulmaları sırasında kurutma aktivasyon enerjisi değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.2 Farklı ön işlem görekerek normal, vakumlu etüv ve mikrodalgada kurutulan ayvaların kuruma aktivasyon enerjileri

	Etüv E_A , kJ/mol	Vakumlu Etüv E_A , kJ/mol	Mikrodalga E_A , W/g
Ön İşlemsiz	24,62939	42,96176	43,243
Askorbik Asit	27,35888	46,28736	45,351
%5 $Na_2S_2O_5$ +%2 EO	24,76491	43,97108	44,197
%5 $Na_2S_2O_5$	25,06505	43,2328	48,864
Bal	27,40294	45,0286	52,891
Glikoz	28,58353	46,12773	53,59
Sakaroz	30,11331	45,55157	61,22

Çizelge 4.2’ den görüldüğü üzere vakumlu etüvde kurutulan ayvaların aktivasyon enerjileri normal etüvde kurutulan ayvaların aktivasyon enerjilerinden yüksektir. Vakumlu etüvde 5 sıcaklık (35-75 °C) normal etüvde ise 4 sıcaklık (45-75 °C) değerinin kullanılması bu farklılığı yaratmış olduğu düşünülebilir. 3 kurutma yöntemini uygulanan ön işlemler açısından mukayese ettiğimizde ön işlemsiz ayvaların en düşük aktivasyon enerjisine sahip oldukları, kimyasal ön işlem gören ayvaların ön işlemsizlere nispeten yakın aktivasyon enerjisi gösterdikleri, şeker çözeltileri ile muamele edilen ayvaların ise en yüksek aktivasyon enerjisine sahip oldukları görülmektedir.

4.2 Renk

Renk, gıdalara uygulanan diğer işlemler gibi kurutma işleminde de gıdaya ve kurutma koşullarına bağlı olarak az ya da çok değişir. Toplam renk değişimi için kullanılan eşitlik aşağıdaki gibidir:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (4.4)$$

Burada; her bir renk parametresindeki değişiklik aşağıdaki eşitliklerle hesaplanır:

$$\begin{aligned} \Delta L^* &= L^* - L_o^* \\ \Delta a^* &= a^* - a_o^* \\ \Delta b^* &= b^* - b_o^* \end{aligned} \quad (4.5)$$

Eşitliklerde L_o^* , a_o^* , b_o^* ve L^* , a^* , b^* simgeleri sırasıyla, kurutma öncesi yaş örneğe ve kurutma işlemi sonucu kuru örneğe ait değerlerdir.

Kurutma sırasında en çok meydana gelen ve esas renk değişimlerine sebep olan renk esmerleşmeleridir. Basitçe bir renk esmerleşmesi reaksiyonu sonucu L^* (aydınlık) değeri azalacak, a^* (kırmızılık) değeri artacak ve b^* (sarılık) değeri azalacaktır. Eşitlik 4.4. incelendiğinde renk değerlerinden herhangi birinde ya da hepsinde artı ya da eksi yönlü bir değişimin olması toplam renk değişimini etkileyecek, başlangıç renk değerlerinden uzaklaşan renk değerleri de toplam renk değişiminde büyük artışlara neden olacaktır.

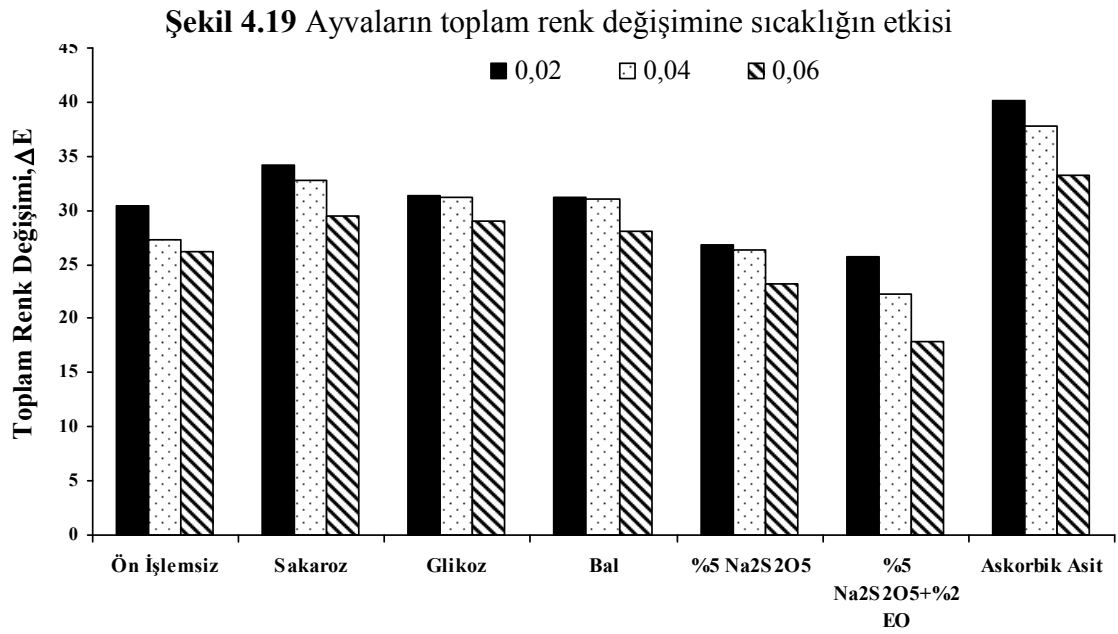
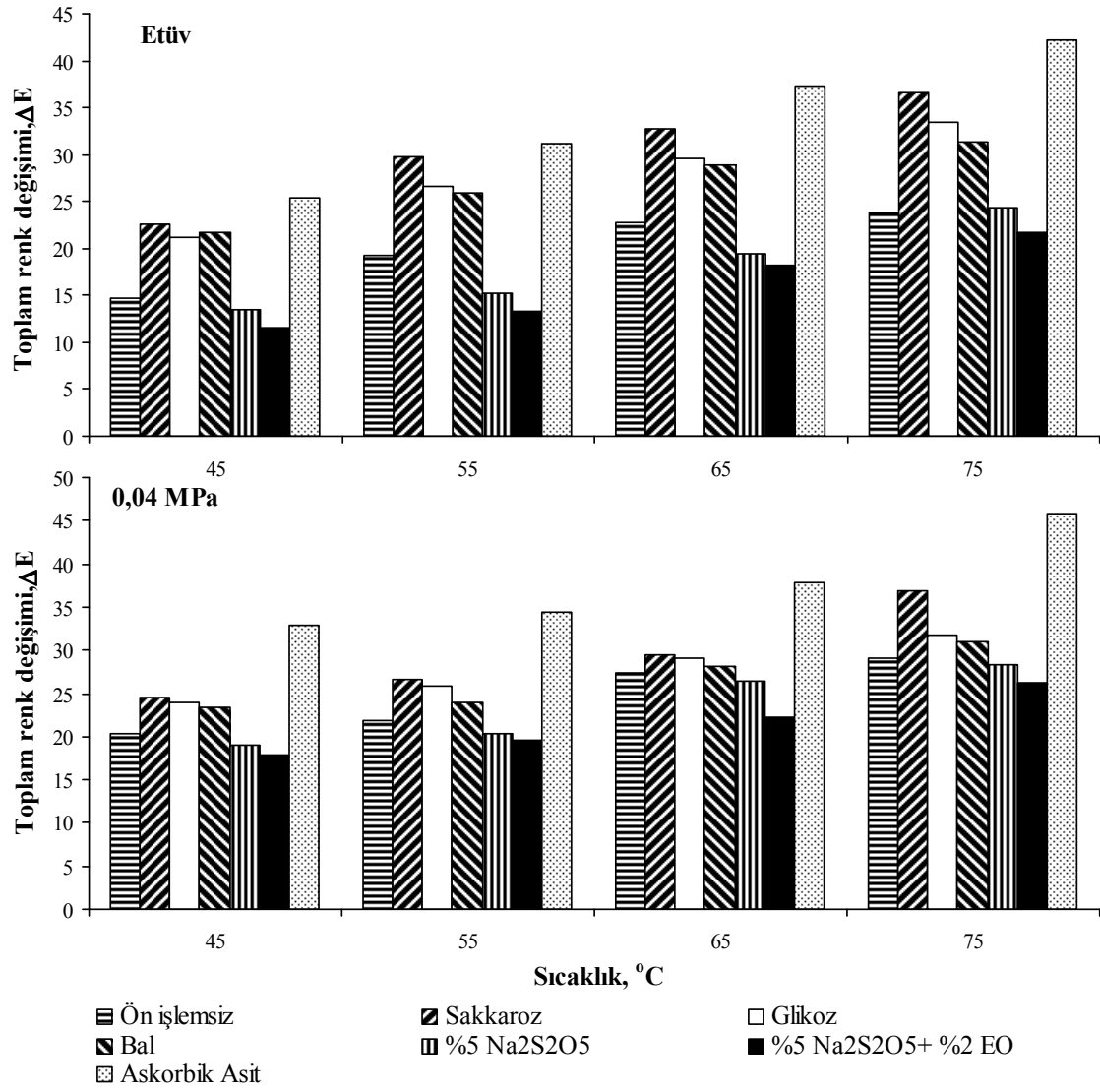
Ayvaların kurutulmasıyla renk değişimini ifade edebilmek adına kurutma öncesi ve kurutma sonrası ayva örneklerinden, 5 farklı noktadan alınan ölçümler sayesinde L^* , a^* , b^* değerleri elde edilmiş, bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Daha sonra da Eşitlik 4.4' de veriler işlenip farklı kurutma koşullarında ve sıcaklıklarda kurutulmuş ayvaların toplam renk değişimi değerleri elde edilmiştir.

Kurutma sırasında meydana gelen renk değişimleri diğer tüm ısıl işlemlerde olduğu gibi, enzimatik, enzimatik olmayan (Maillard) reaksiyonlar ve karamelizasyon nedeniyle gerçekleşir. Bu üç mekanizma içerisinde en baskın olanı Maillard reaksiyonu

neticesinde meydana gelen renk esmerleşmesidir. Yüksek sıcaklıklarda yapılan kurutma işleminde, özellikle şeker içeriği yüksek gıdalarda, maillarda reaksiyonuna ilave olarak şekerlerin yanması sonucu meydana gelen karamelizasyonun da önemli katkısı olduğu söylenebilir. Oksidasyon temelli enzimatik reaksiyonların ise havanın bulunduğu her ortamda gerçekleşmesi muhtemeldir. Ancak kurutma süreleri çok uzun olmadığından ve meyvenin temas ettiği hava dış ortam havasına göre miktar olarak daha az olduğundan, böylesi reaksiyonların kurutma sırasında renk esmerleşmesine çok büyük katkısının olduğu düşünülmemektedir. Deneysel çalışmada kullandığımız ayvanın yapısı düşünüldüğünde, polifenol oksidaz (PPO) enzim aktivitesinin yüksek ve askorbik asit miktarının düşük olduğu görülür. Ayva bu özelliğinden dolayı soyulduktan sonra diğer meyvelere nazaran hızla kararırma özelliği gösterir. Bu özelliği nedeniyle, normal şartlarda kurutma işleminde enzimatik esmerleşme reaksiyonları göz önüne alınmazken, ayvanın kurutulması sırasında meydana gelen toplam renk değişimi üzerinde da az da olsa bu tip esmerleşmenin de etkili olabileceği düşünülmektedir.

Etüv, vakumlu etüv ve mikrodalga kurutucuda kurutulan ayvaların renk değişimlerine sıcaklığın, vakumun ve mikrodalga güç seviyesinin etkisi sırasıyla Şekil 4.19 - 4.21'de verilmiştir.

Şekil 4.19'da görüldüğü gibi her iki kurutma ortamında (normal etüv ve vakumlu etüv) da sıcaklık artışı toplam renk değişimini artırıcı yönde etkili olmaktadır. Kurutma sıcaklığının artması kurutma şartlarında en fazla gözlenebilecek renk esmerleşme reaksiyonu olan maillard reaksiyonu hızlandırıcı etkiye sahip olduğundan toplam renk değişiminin arttığı düşünülmektedir. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda, şeker ön işlemleri gören ayvaların toplam renk değişimindeki artışa, maillard reaksiyonu yanı sıra karamelizasyonun da etkisi olduğu söylenebilir. Yüksek sıcaklıklarda, özellikle şeker çözeltilerine daldırılan ayvalarda şekerlerin yanma reaksiyonları sonucu L^* (aydınlık) değeri büyük oranda düşmekte ve bu da toplam renk değişimini artırmaktadır.



Şekil 4.20 Vakumlu etüde sabit sıcaklıkta (65°C) kurutulan ayvaların uygulanan vakum etkisiyle toplam renk değişimleri

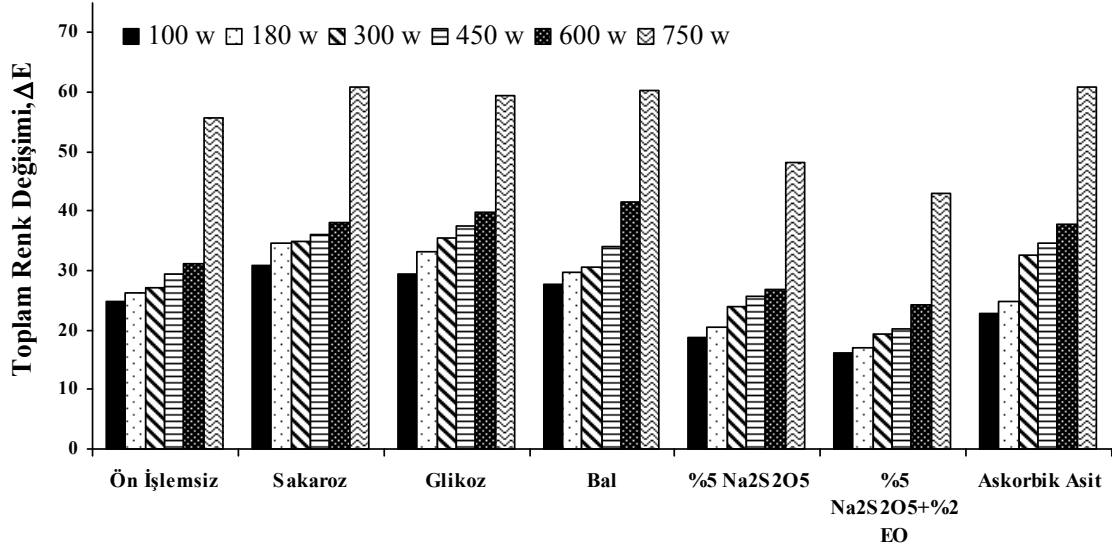
Şekil 4.20 göstermektedir ki; uygulanan vakum basıncının artışı (kabin içi basıncın azalışı) toplam renk değişimini azaltıcı yönde etkili olmaktadır. Vakumlu etüvde bu şartlarda sıcaklık sabit tutulduğundan renk değişimine sıcaklık kaynaklı maillard ve karamelizasyon gibi esmerleşmelerin katkısı da sabit olacaktır. Söz konusu deney şartlarında tek değişken kurutucu kamarada bulunan havanın miktarıdır. Vakum miktarının artırılmasıyla kamara içerisinde mutlak basınç azalmakta ve ayvalar daha düşük basınçta, daha az miktarda hava ile temas etmek zorunda kalmaktadır. Havadaki oksijen varlığıyla gerçekleşmesi muhtemel enzimatik esmerleşmenin (polifenol oksidaz enziminin havanın oksijenini alarak tanenle birleşmesinden oluşan kahverengi pigmentlerin oluşması), düşük basınçlarda dolayısıyla az miktarda hava eşliğinde gerçekleşme yüzdesi de azalmaktadır.

Ayrıca sülfite çözeltileri ile ön işlem görmüş ayvalarda toplam renk değişim değerleri en düşük değerlere sahipken, şeker çözeltileri ile ön işlem görmüş ayvalarda daha yüksek değişim gözlenmiştir. Askorbik asitle muamele edilmiş ayvalarda toplam renk değişimi ise en yüksek değerlere sahiptir.

Gerçekte, AA enzimatik esmerleşmeye neden olan polifenol oksidaz (PPO) enziminin doğal inhibitörlerinden biridir (Aguilar et al. 2005). AA o-kinonları o-fenolik bileşiklere indirgeyerek PPO enzimini inaktif edip renk bozulmasını engellemekte ve bu sırada kendi de parçalanmaktadır. Ayrıca ortamdaki oksijeni de indirgeyerek esmerleşme reaksiyonlarını ikinci bir yolla inhibe etmektedir (Fortuny and Belloso 2003). Meyvedeki askorbik asit içeriğini artırmaya yönelik bir uygulama olan bu ön işlem, beklenen etkiyi yaratmamış ve ayvaların toplam renk değişiminde maksimum değişimin gözlenmesine neden olmuştur. Benzer bir sonuç Odabası vd. (2002), tarafından da elde edilmiştir.

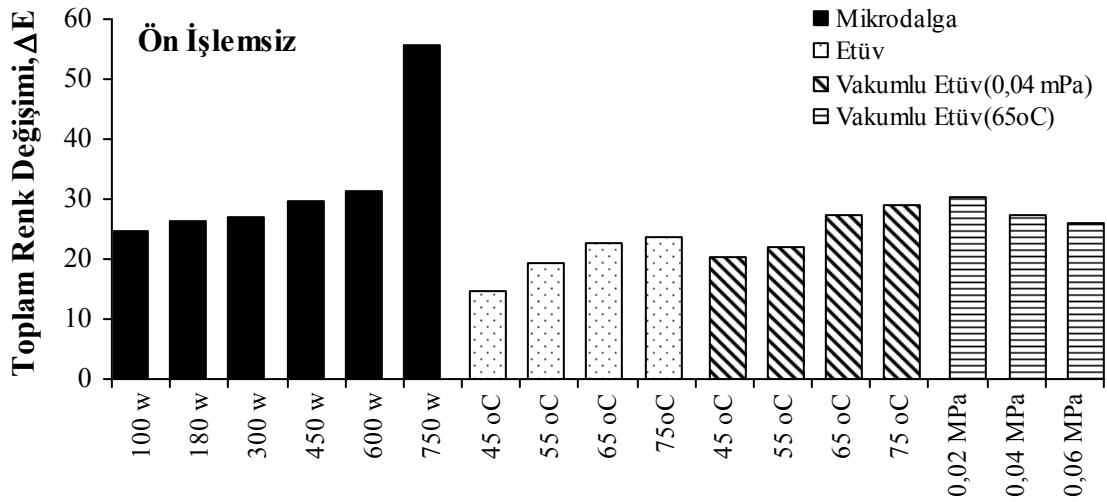
Şekil 4.21 mikrodalga güç seviyeleri etkisiyle ayvaların toplam renk değişiminin sıcaklık etkisiyle toplam renk değişimine benzediğini göstermektedir. Yani mikrodalga güç seviyesi arttıkça değişen L*, a*, b* değerlerinden dolayı toplam renk değişimi de artmaktadır. Özellikle 750 W mikrodalga gücü, tüm ön işlemlerde ve ön işlemsiz ayvalarda yanma reaksiyonlarına neden olmuş, yüksek oranda değişen L*, a*, b*

değerleri de toplam renk değişiminin artmasına yol açmıştır. Ön işlemlerin de toplam renk değişimine etkisi normal etüv ve vakumlu etüvdeki gibidir.

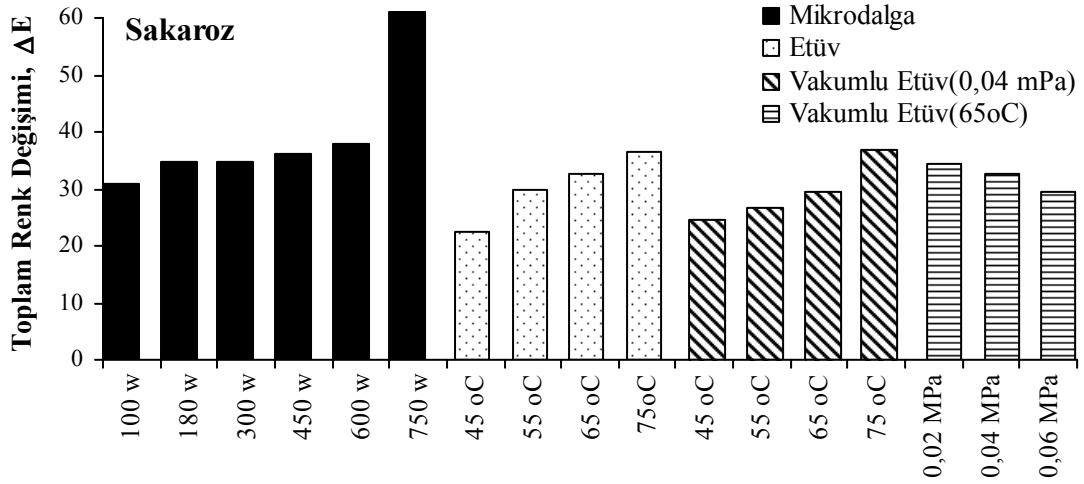


Şekil 4.21 Mikrodalga kurutucuda kurutulan ayvaların mikrodalga güç seviyeleri etkisiyle toplam renk değişimleri

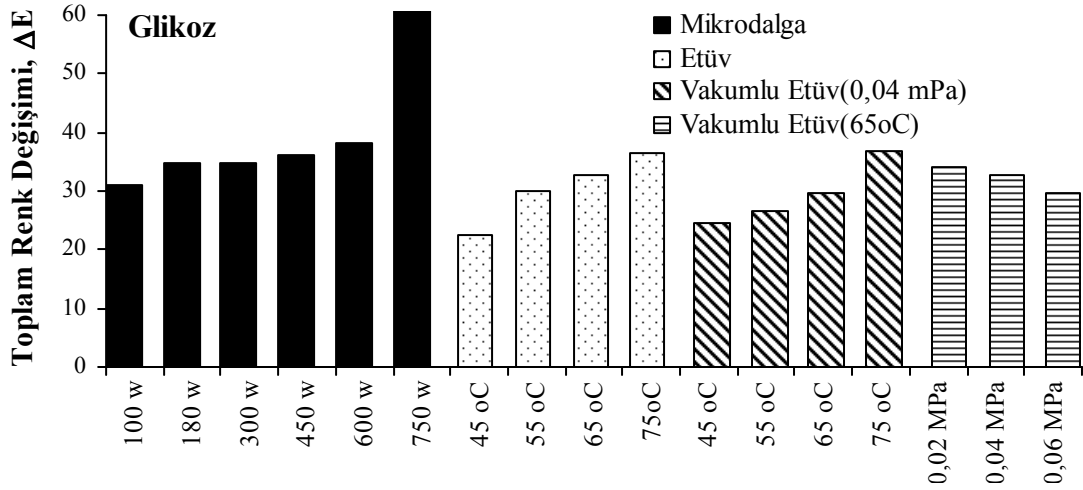
Farklı kurutma ortamlarının toplam renk değişimi üzerine etkisini daha iyi ortaya koyabilmek amacıyla her bir ön işlem ve ön işlemsiz ayvalar için sonuçlar bir araya getirilerek Şekil 4.22 – Şekil 4.28’de verilmiştir.



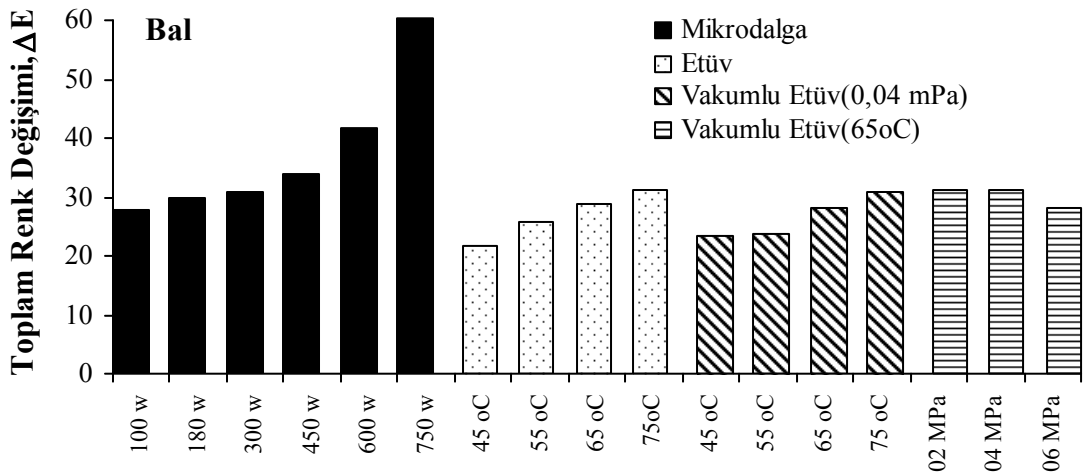
Şekil 4.22 Farklı kurutma ortamlarının ön işlemsiz ayvaların toplam renk değişimine etkisi



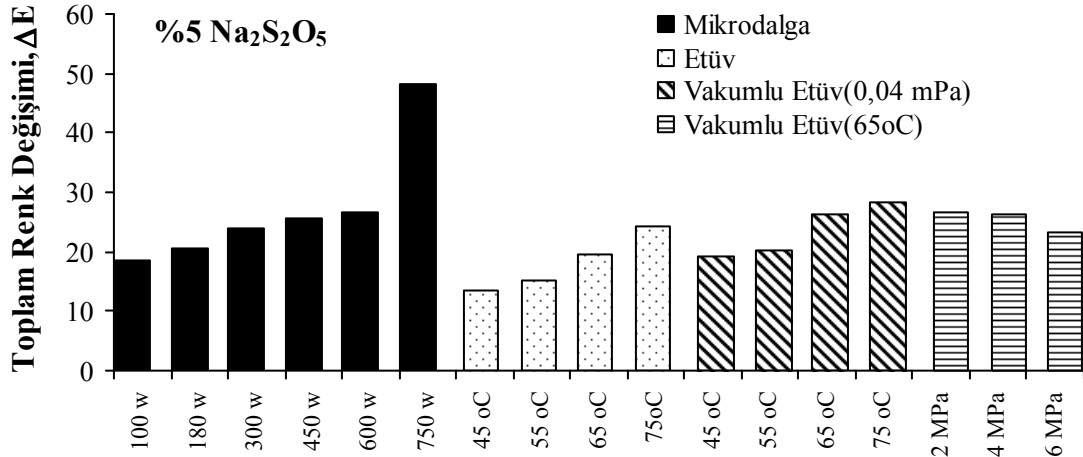
Şekil 4.23 Farklı kurutma ortamlarının sakaroz ön işlemlenmiş ayvaların toplam renk değişimine etkisi



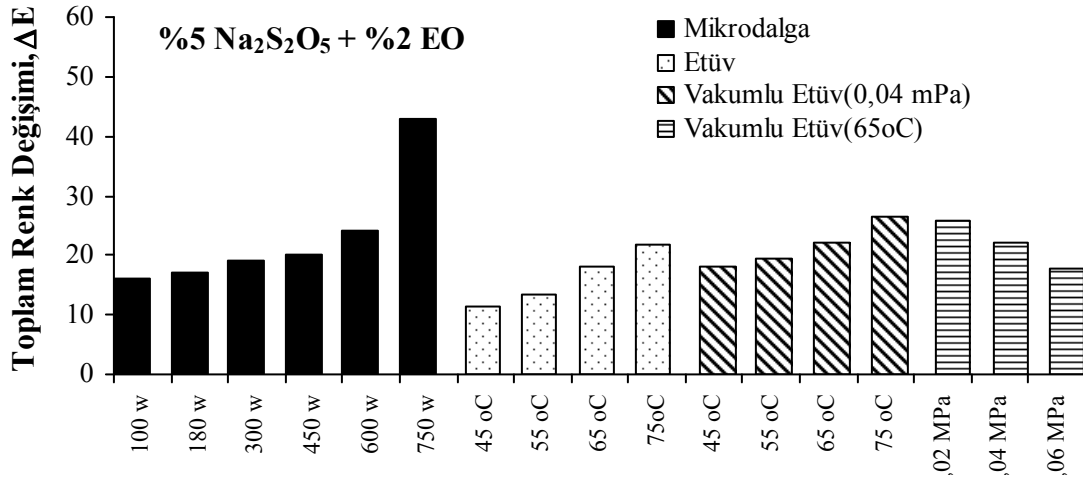
Şekil 4.24 Farklı kurutma ortamlarının glikoz ön işlemlenmiş ayvaların toplam renk değişimine etkisi



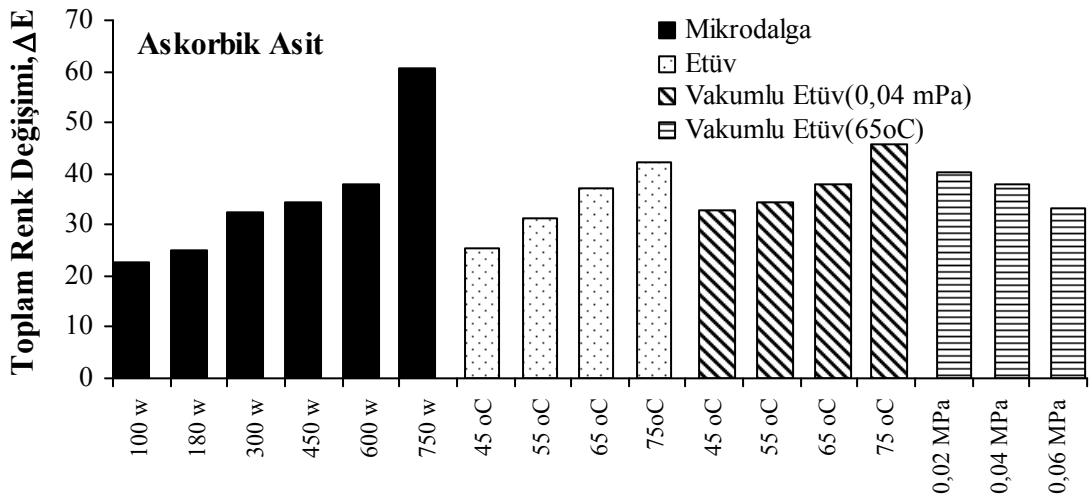
Şekil 4.25 Farklı kurutma ortamlarının bal ön işlemlenmiş ayvaların toplam renk değişimine etkisi



Şekil 4.26 Farklı kurutma ortamlarının % 5 Na₂S₂O₅ ön işlemlenmiş ayvaların toplam renk değişimine etkisi



Şekil 4.27 Farklı kurutma ortamlarının % 5 Na₂S₂O₅ + %2 EO ön işlemlenmiş ayvaların toplam renk değişimine etkisi



Şekil 4.28 Farklı kurutma ortamlarının askorbik asit ön işlemlenmiş ayvaların toplam renk değişimine etkisi

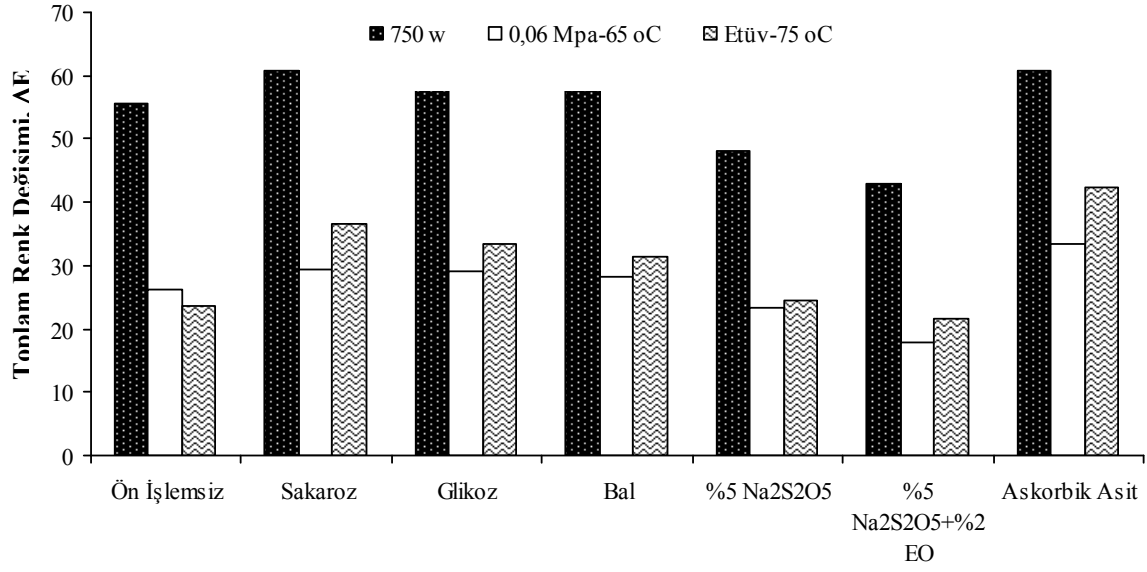
Şekil 4.22 – 4.28 ‘den görüldüğü üzere, ön işlemsiz ve tüm ön işlemlerde, mikrodalga ile kurutulan ayvaların renk değişimi diğer kurutma yöntemlerine göre daha yüksektir. Aynı sıcaklıklarda normal etüv ve vakumlu etüv ile kurutulmuş ayvaların toplam renk değişimi ise beklenenin aksine birbirine oldukça yakın sonuçlar vermiştir. Kurutma işleminin kesikli olması nedeniyle, periyodik (saatte bir) kütle ölçümleri sırasında etüvün kapağının açılması ile her defasında taze havanın kamaraya alınması ve meyvenin kütle ölçümleri sırasında fazla miktarda hava ile temas etmesi, toplam renk değişiminin normal etüve yakın değerler göstermesine neden olmuştur. Gece boyu süren kuruma sonrasında etüvün kapağının hiç açılmaması nedeniyle o zaman diliminde renkte bir değişimin gözlenmemesi, kesikli işlemin olumsuzluklarını daha açık bir şekilde ortaya koymuştur. Toplam kuruma süresi belirlendikten sonra etüvün kapağı hiç açılmadan süre sonuna kadar beklenip örneklerin çıkarıldığı durumda çok daha az renk değişiminin gözleneceği açıktır.

Ayrıca, vakumun artması aynı sıcaklık değerinin kullanıldığı kurutmalar içerisinde en az toplam renk değişiminin gözlenmesine neden olmuştur.

Toplam renk değişimi açısından kurutma yöntemleri mukayese edildiğinde, şekerli ön işlem uygulanan ayvalar dışında diğer uygulamalarda mikrodalga kurutmanın 100 ve 180 W derecelerinin oldukça az değişime neden olduğu görülmektedir.

Uygulanan ön işlemleri toplam renk değişimi açısından mukayese edebilmek amacıyla mikrodalga, normal ve vakumlu etüve ait tek bir kurutma koşulu ele alınarak tüm ön işlemler mukayese edilmiştir. Şekil 4.29’ da bu değişim görülmektedir.

Şekilden görüldüğü üzere, renk açısından gerek en yüksek değişimin gerekse en az değişimin görüldüğü teknik kullanılsın, tüm kurutma şartlarında gözlediği üzere kurutma sırasında en az renk değişiminin gözlendiği ön işlemler kimyasal ön işlemlerdir. Etil oleat ve Sodyum meta bi sülfidin birlikte kullanıldığı ön işlem ile kurutmadan önceki orijinal rengine en yakın renkte kuru örnekler elde edilmiştir.



Şekil 4.29 Ayvaların kuruma sırasında toplam renk değişimlerine kurutma yöntemlerinin etkisi

4.3 Rehidrasyon

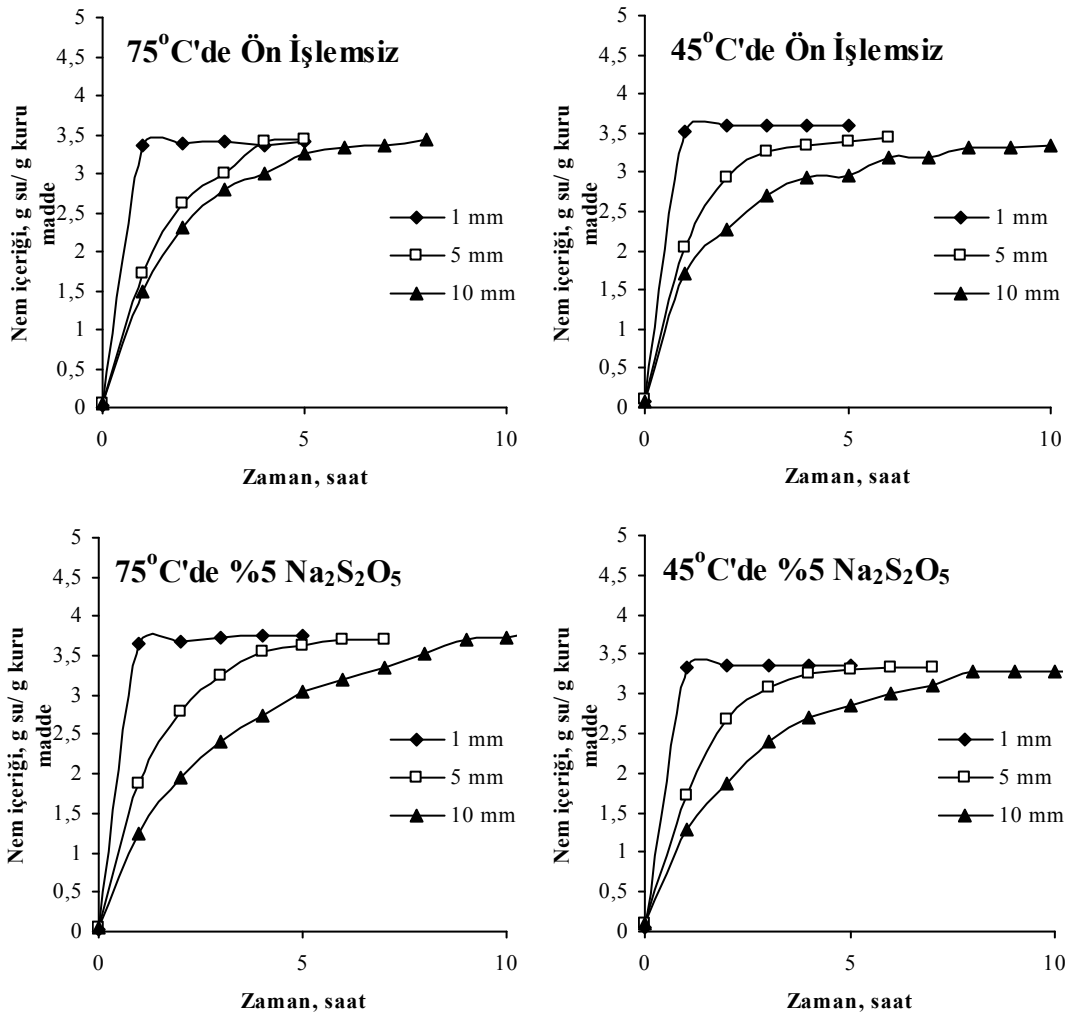
Farklı kurutma ortamlarında; farklı sıcaklık, basınç ve güç seviyeleri kullanılarak ön işlemlenmiş ve ön işlemsiz olarak kurutulan ayvalar oda sıcaklığında, distile su içerisinde sabit ağırlığa gelene kadar rehidre edilmiştir. Rehidrasyon sırasında periyodik olarak kütle ve brix değerleri ölçülerek farklı yöntemlerle kurutulmuş ayvaların rehidrasyon yetenekleri incelenmiş, ilgili taşınım parametreleri hesaplanmıştır.

4.3.1 Zamanla Nem İçeriğindeki Değişim

Rehidrasyon sırasında saatlik alınan kütle ölçümleri ve başlangıç kuru madde miktarları kullanılarak kuru temel nem içeriği değerleri elde edilmiştir. Zamanla nem içeriği değerlerinin grafiğe geçirilmesiyle farklı kurutma şartlarının rehidrasyona etkisi incelenilmeye çalışılmıştır. Çok sayıda yapılan deneylerden, tekrardan kaçınmak için,

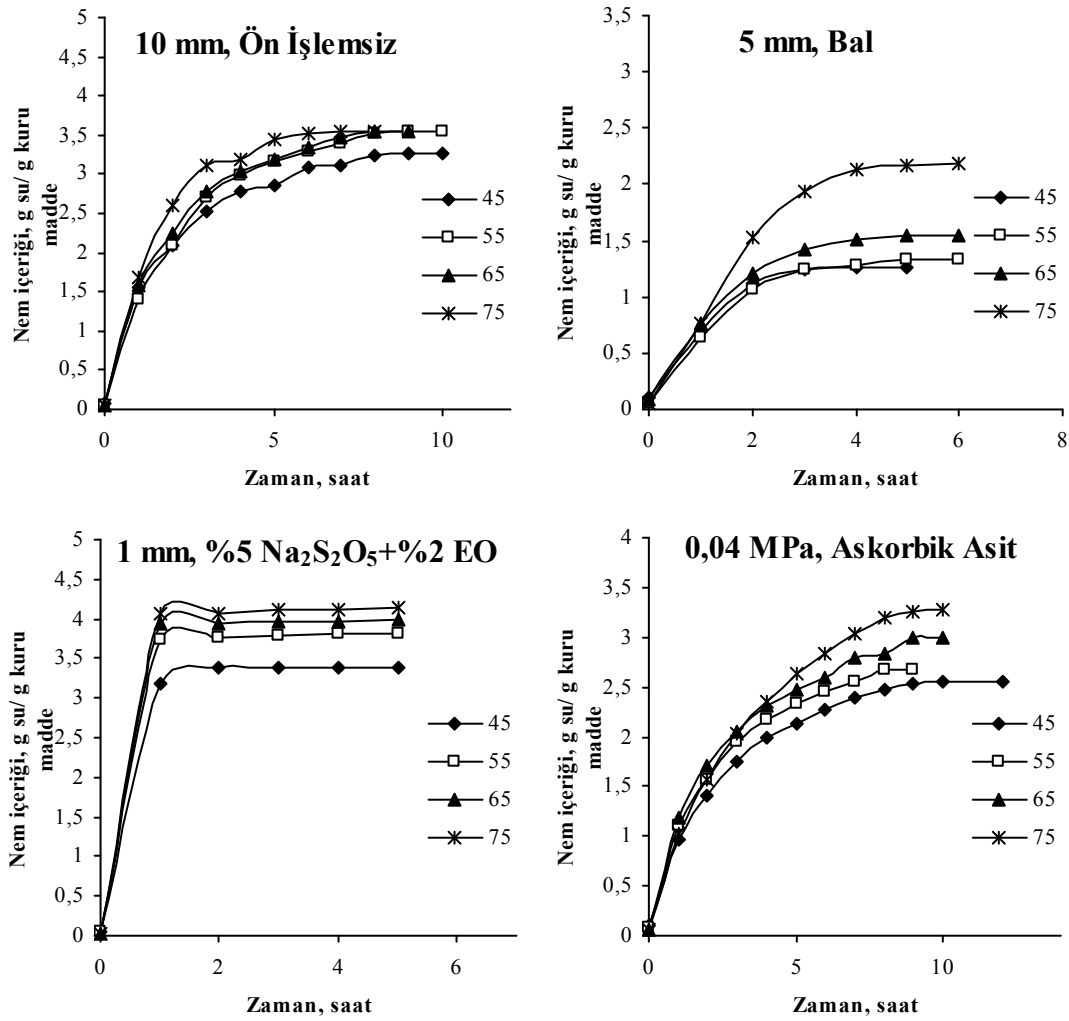
kalınlık, sıcaklık, vakum değeri ve mikrodalga güç seviyesinin etkisi sırasıyla Şekil 4.30 – 4.33’ de verilmiştir.

Şekil 4.30’ da görüldüğü gibi 45 ve 75 °C’de ön işlemsiz ve %5 Na₂S₂O₅ ön işlemleri olarak kurutulmuş ayvaların rehidrasyonlarına artan kalınlığın olumsuz etkisi görülmektedir. İnce ayva dilimlerinin kalın ayva dilimlerine göre daha kısa sürede kuruduğu için rehidrasyonları da daha hızlı olmuştur. Ancak kurutmada süre bakımından avantajlı olan ince dilimlerin rehidrasyonda kısa sürede parçalanma eğiliminde olmaları dezavantaj olarak ortaya çıkmaktadır. Süre ve ulaşılan nem içeriği bakımından farklı kalınlıkların rehidrasyonu sırasında elde edilen trend, tüm sıcaklıklar ve ön işlemlerde benzer değişim göstermiştir.

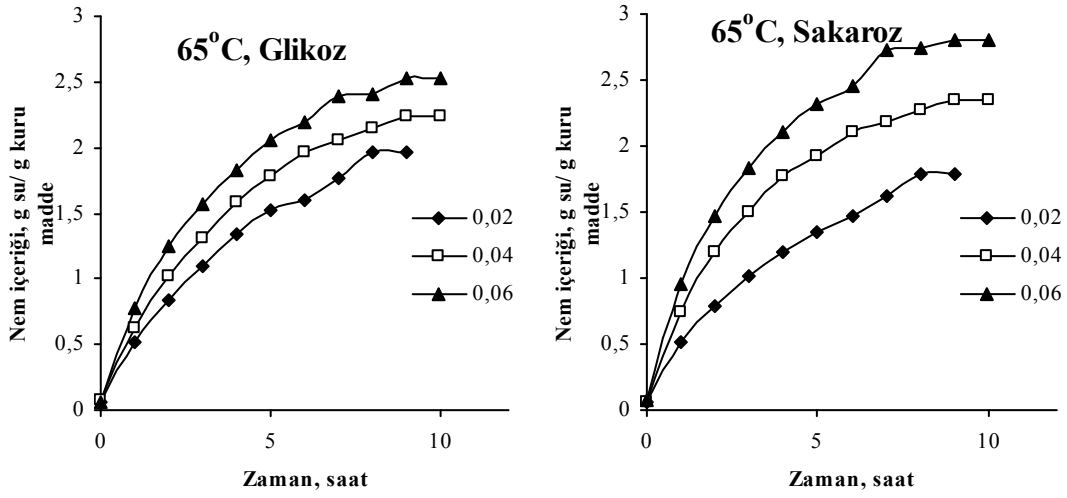


Şekil 4.30 Ayvaların rehidrasyonuna kalınlığın etkisi

Şekil 4.31’de görüldüğü gibi yüksek sıcaklıkta kurutulan ayvaların rehidrasyon yetenekleri daha yüksek olmaktadır. Kalınlık, ön işlem yada kurutma tekniğinden bağımsız olarak gözlenen bu sonuç kurutma sıcaklığının azalması ile kurutulmuş ayvaların rehidrasyon yeteneklerinin azalması şeklindedir. Dengeye ulaşma sürelerinde belirgin bir fark olmasa da ulaşılan denge nemi açısından önemli farklılıklar gözlenmektedir. Yüksek sıcaklıkta yapılan kurutmada meyve içindeki kapillerlerin kırılması ve daha fazla büzülme nedeniyle daha yavaş rehidre olmaları beklenirdi. Ancak literatürle de tamamen desteklenen bu sonuca göre her ne kadar yüksek sıcaklıkta kurutma ile meyve biraz daha fazla şekil deformasyonuna uğrasa da eski haline dönebilme yeteneği yüksek görülmektedir (Singh et.al 2007).

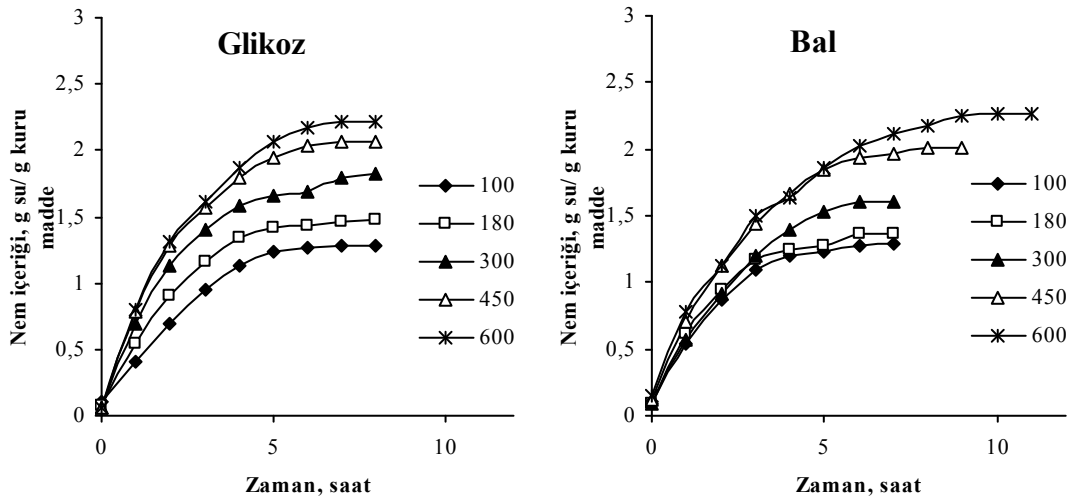


Şekil 4.31 Farklı sıcaklıkta kurumunun ayvanın rehidrasyonuna etkisi



Şekil 4.32 Farklı vakum derecelerinde kurumanın rehidrasyona etkisi

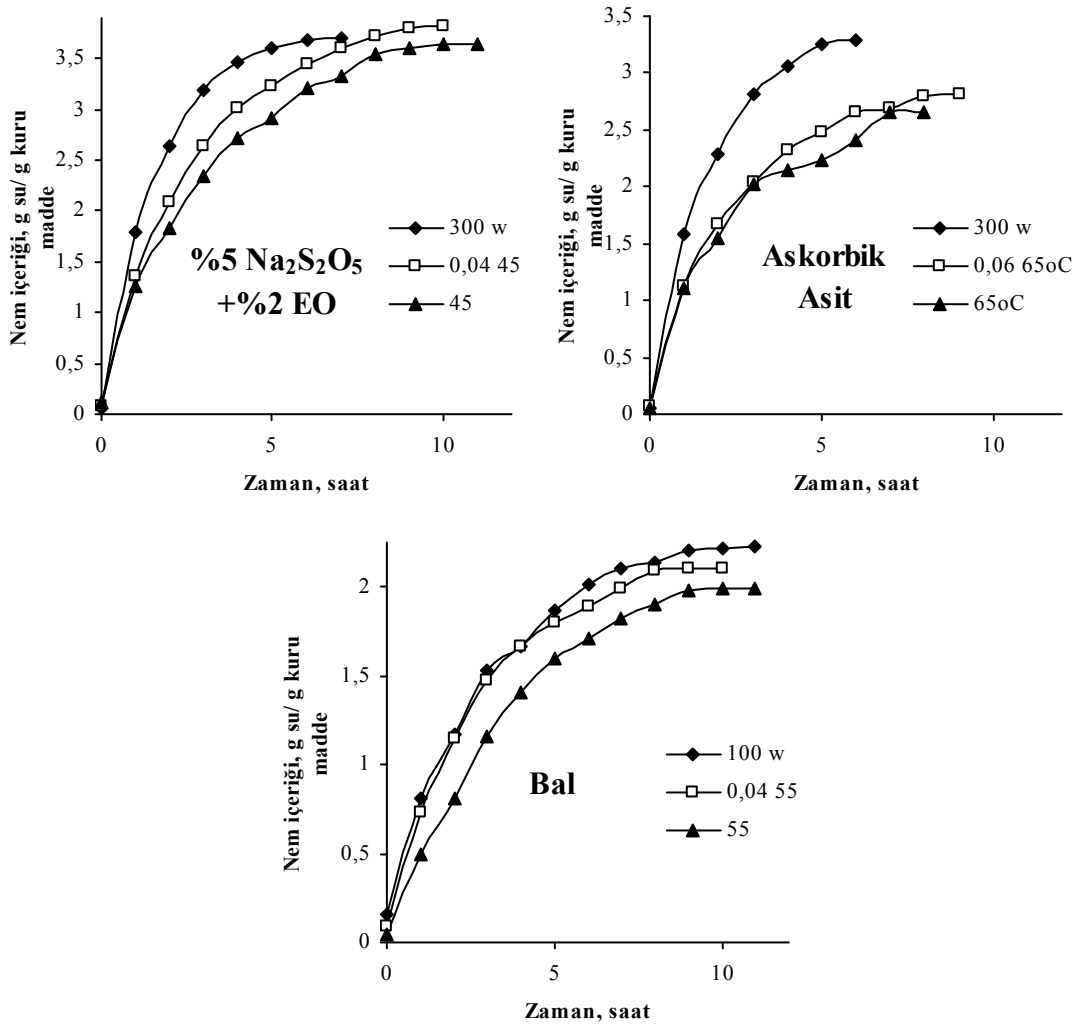
Şekil 4.32' den, yüksek vakum ortamında kurumanın daha fazla rehidre olabilme olanağı sağladığı görülmektedir. Yüksek vakum altında kurumanın daha hızlı olduğu düşünülürse daha hızlı rehidre olmaları da olağan bir sonuçtur. Literatürle uyumlu olan bu sonuç, kuruma hızı, renk kalitesine ek olarak kurutmada vakum etkisinin önemini destekleyen diğer bir bulgudur (Marabi et al. 2006).



Şekil 4.33 Farklı mikrodalga güç seviyelerinde kurutmanın rehidrasyona etkisi

Şekil 4.33'den görüldüğü üzere kuruma sırasında mikrodalga güç seviyelerindeki artış rehidrasyon yeteneğine pozitif katkı sağlamaktadır. Kurutulduğu MD güç derecesi arttıkça ayvalar rehidrasyon sırasında daha fazla nem alabilmektedirler. Yüksek Watt dereceleri daha hızlı kuruma olanağı sağladığı gibi rehidrasyonda da aynı sonuç elde edilmiştir. Tüm ön işlemlerde gözlenen bu sonuç literatürle uyum halindedir (Dadalı vd. 2008)

Şekil 4.34'de kurutma yönteminin rehidrasyona etkisini açıklayabilmek adına farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş ayvaların zamanla nem içeriğindeki değişim verilmiştir.



Şekil 4.34 Farklı kurutma yöntemlerinin ayvaların rehidrasyonuna etkisi

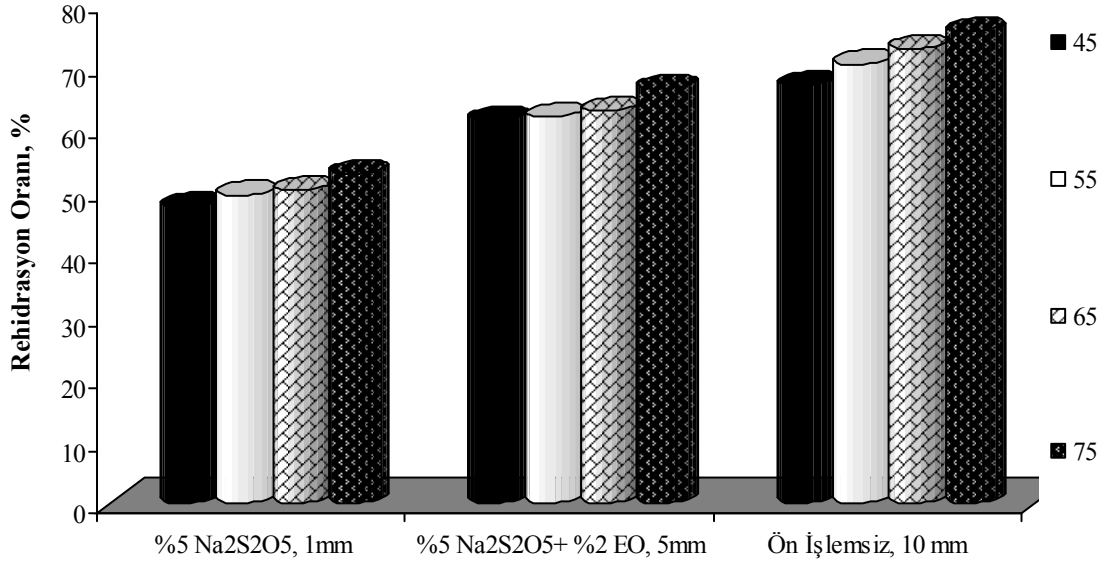
Şekil 4.34’de görüldüğü üzere farklı kurutma yöntemleri ile ön işlemlenmiş ve ön işlemlenmemiş olarak kurutulmuş ayvaların rehidrasyon sırasında kazandıkları nem miktarları kurutma yöntemine göre değişmektedir. Aynı sıcaklıklarda etüvde ve vakumlu etüvde kurutulan ayvalardan, vakumlu etüvde ortama az ya da çok bir vakum uygulanarak kurutulmuş örnekler etüvde atmosfer basıncında kuruyan örneklerle göre daha fazla rehidre oldukları görülmektedir. Şekil 4.34’den çıkarılabilecek bir başka sonuç ise mikrodalga ile kurutulan ayvaların vakumlu etüv ve etüvde kurutulanlara göre bünyelerine daha fazla nem alabildikleridir. Benzer durum diğer örnekler ve kurutma koşulları için de geçerlidir.

Hatırlanacağı üzere kuruma davranışları daha önce incelenen ayvalardan, en hızlı ve en çok nem kaybeden örnekler mikrodalga ile kurutulmuş olanlardı. Bu durum kurutma için ne kadar istenirse aynı örneklerin rehidrasyon sırasında gösterdikleri en hızlı ve en çok nem kazanma özellikleri de rehidrasyon için o kadar istenildiği düşünülebilir. Dolayısıyla literatür göz önüne alınarak beklenen sonuçlar gerçekleşmiş, kısaca kısa sürede daha çok nem kaybederek kuruyan örnekler, rehidrasyon sırasında yine kısa sürede daha fazla nem kazanmışlardır (Singh et al. 2008).

4.3.2 Rehidrasyon Oranı

Rehidrasyon oranı; rehidrasyon sonrası nem içeriği değerlerinin, başlangıç nem içeriği değerlerine ne kadar yaklaşabildiğinin yüzde ifadesi olarak düşünülebilir. Zamanla nem içeriğindeki değişim, rehidrasyon hızı ve difüzyon katsayısı gibi rehidrasyon oranı da kurutulmuş ayvaların rehidrasyon yeteneklerinin belirlenmesinde önemli bir parametredir. Çünkü ayvaların kurutulmaları sırasında sıcaklık, ön işlem, basınç yada mikrodalga gücü etkisiyle deformasyona uğrayan ayva yapısının, rehidrasyon sırasında nem kazanma suretiyle orijinal haline ne kadar dönebildiği rehidrasyon oranı ifadesiyle açıklanabilir.

Farklı kalınlıklarda ve sıcaklıklarda, farklı ön işlemlerle ve farklı kurutma teknikleriyle kurutulan ayvaların rehidrasyon oranlarına bu değişkenlerin etkisi sırasıyla Şekil 4.35 – 4.37’de verilmiştir.

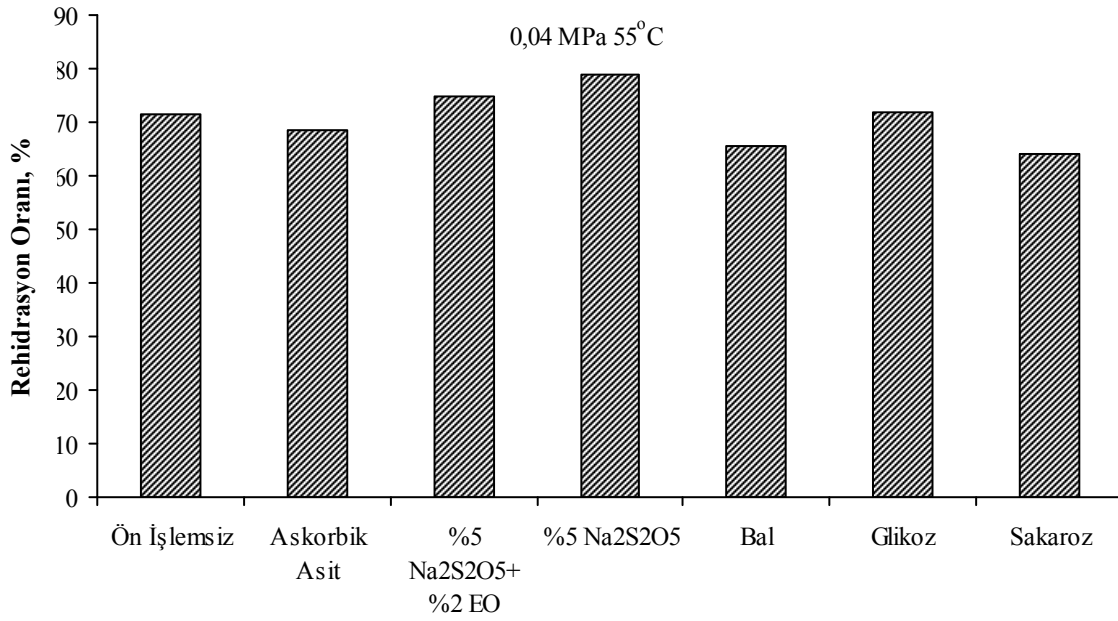


Şekil 4.35 Etüvde kurutulan ayvaların rehidrasyon oranına kalınlığın ve sıcaklığın etkisi

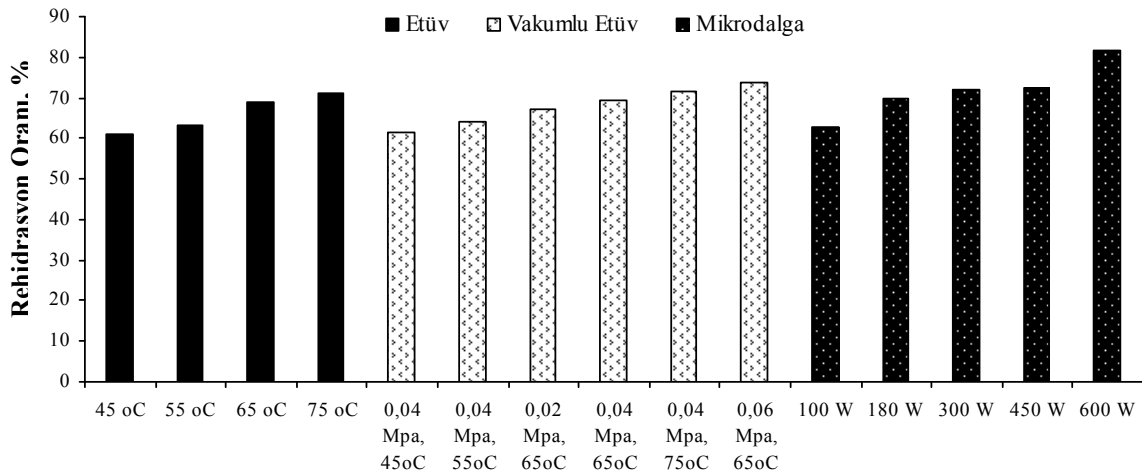
Şekil 4.35’de görüldüğü gibi etüvde farklı kalınlık ve sıcaklıklarda kurutulmuş örneklerden bazıları için rehidrasyon oranları verilmiştir. Şekilde açıkça görülen durum; ön işlem fark etmeksizin kalınlık ve sıcaklık artışının rehidrasyon oranını artırıcı yönde etkili olmasıdır. Bunun yanı sıra rehidrasyon oranları sayısal olarak değerlendirildiğinde, %50 ile %75 arasında değişen rehidrasyon oranları göze çarpmaktadır. Bu da söz konusu örneklerin orijinal nem içeriklerine kurutmada kullanılan kalınlık ve sıcaklık etkisiyle % 50 - %75 arasında oranında dönebildikleridir.

Rehidrasyon oranı, rehidrasyon yeteneğinin bir ölçüsü ise daha kalın ve daha yüksek sıcaklıklarda kurutulan örneklerin rehidrasyon yeteneklerinin yüksek olduğu söylenebilir. Ayrıca kurutma tekniğinin başarısını belirleyen faktörlerden birisi de rehidrasyon yeteneği olduğuna göre; 75 °C’de, 10 mm kalınlığında kurutulmuş örneklerin kurutma tekniğinin diğerlerine göre daha başarılı olduğu söylenebilir.

Şekil 4.36, 0,04 MPa vakum basıncı altında 55 °C sıcaklıkta farklı ön işlemler uygulanarak kurutulmuş ayvaların rehidrasyon oranlarına en çok sülfite çözümlü ön işlemlerin en az ise şeker çözümlü ön işlemlerin etkili olduğunu göstermektedir. Yaklaşık olarak burada rehidrasyon oranları %65 ile %80 arasında değişmekte olup, vakumlu etüvde sülfite çözümleri uygulanarak kurutulmuş örneklerin rehidrasyon yeteneklerinin yüksek olduğu söylenebilir.



Şekil 4.36 Kurutmada kullanılan ön işlemlerin rehidrasyon oranına etkisi



Şekil 4.37 Kurutma tekniklerinin rehidrasyon oranına etkisi (Sakaroz ön işlemler)

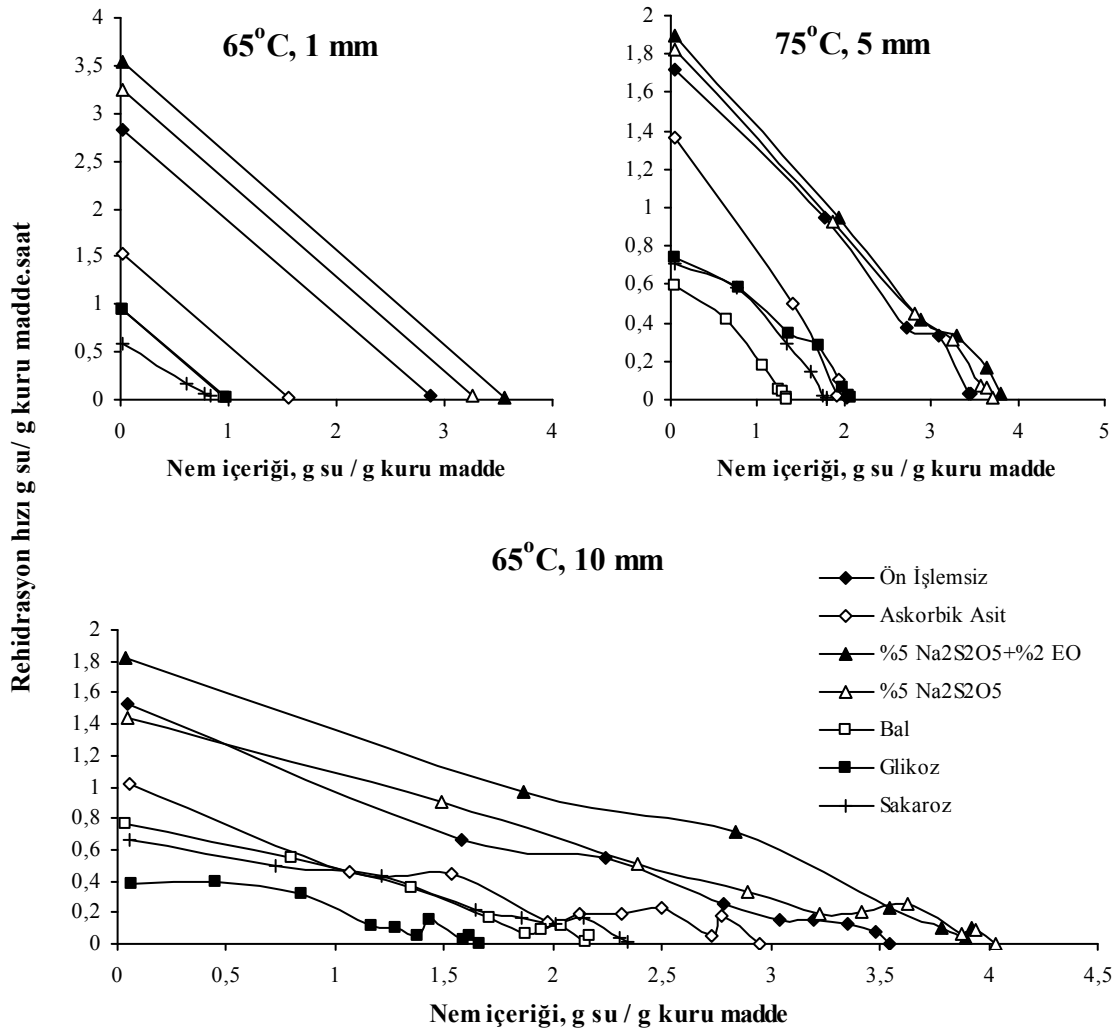
Şekil 4.37'ye göre farklı kurutma teknikleri ile kurutulan sakaroz ön işlemlenmiş ayvaların rehidrasyon oranları yaklaşık % 60 - % 80 arasında değişmektedir. Genel olarak bakıldığında sıcaklık, vakum basıncı ve mikrodalga güç seviyesinin artışı rehidrasyon oranını artırmaktadır. Yöntem mukayesesi bakımından ise en yüksek rehidrasyon oranları sırasıyla mikrodalga, vakumlu etüv ve etüvde gözlenmiştir.

Birbirlerine yakın oldukları düşünülen sıcaklık, basınç ve mikrodalga güç seviyelerinde kurutmanın rehidrasyon oranına etkisi çok açık değildir. Örneğin 45 °C sıcaklıkta etüvde, 0,04 MPa vakum basıncı ve 45 °C sıcaklıkta vakumlu etüvde ve 100 W mikrodalga güç seviyesinde mikrodalgada sakaroz ön işlemi uygulanarak kurutulan örneklerin rehidrasyon oranları 0,1-1 arasında değişen farklılıklar göstererek sırasıyla % 61,22123; % 61, 37824 ve % 62,72386 oldukları belirlenmiştir. Ancak 45°C sıcaklıkta etüvde kurutulan ayva örnekleri ile 600 W mikrodalga güç seviyesinde kurutulan örneklerin rehidrasyon oranları arasında %20 gibi ciddi bir fark vardır. Bu durumda yüksek mikrodalga güç seviyesinde kurutmanın rehidrasyon oranını artırdığı dolayısıyla bu kurutma yönteminin vakumlu etüvden ve etüvden başarılı olduğu söylenebilir.

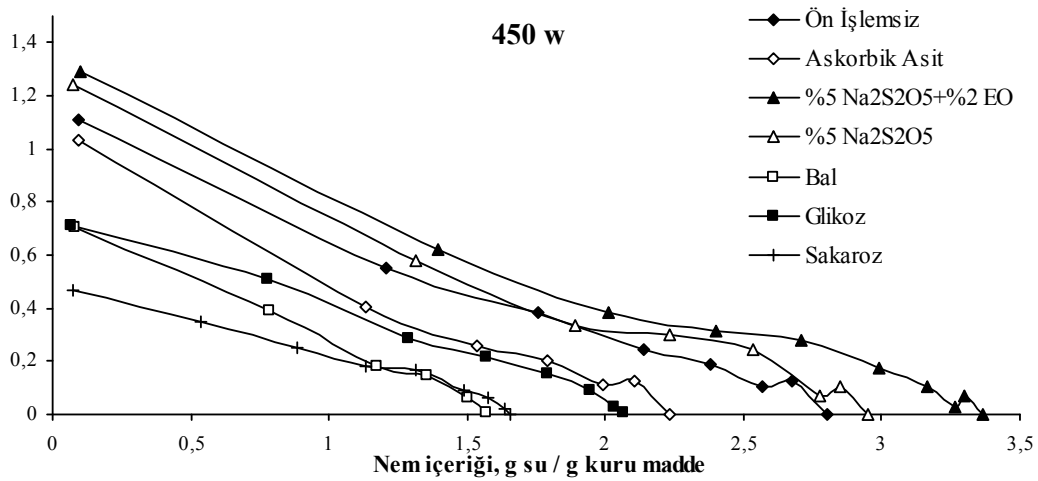
4.3.3 Rehidrasyon Hızı

Ayvaların rehidrasyonu sırasında kütle ölçümlerinden dönüştürülerek elde edilen nem içeriği değerlerinin zamana göre nümerik diferansiyeli alınarak rehidrasyon hızı değerleri elde edilmiştir. Etüv, mikrodalga ve vakumlu etüvde kurutulmuş ayvaların rehidrasyon hızlarının değişimi sırasıyla Şekil 4.38-4.40'da verilmiştir.

Şekil 4.38 incelendiğinde, kalınlık ve sıcaklık değişse de tüm örneklerde rehidrasyon hızının nem içeriğindeki artışla ya da zamanla azaldığı görülmektedir. Kalınlık artışının rehidrasyon hızını azalttığı, kurutmada uygulanan ön işleme göre rehidrasyon hızlarının da farklı olduğu ve ayrıca %5 Na₂S₂O₅+%2 EO ile %5 Na₂S₂O ön işlemlenmiş ayvaların en hızlı, şeker çözeltisi ile ön işlem görmüş ayvaların ise en yavaş rehidre olduğu gözlenmektedir. Benzer trend etüvde kurutulmuş diğer örnekler için de geçerlidir.

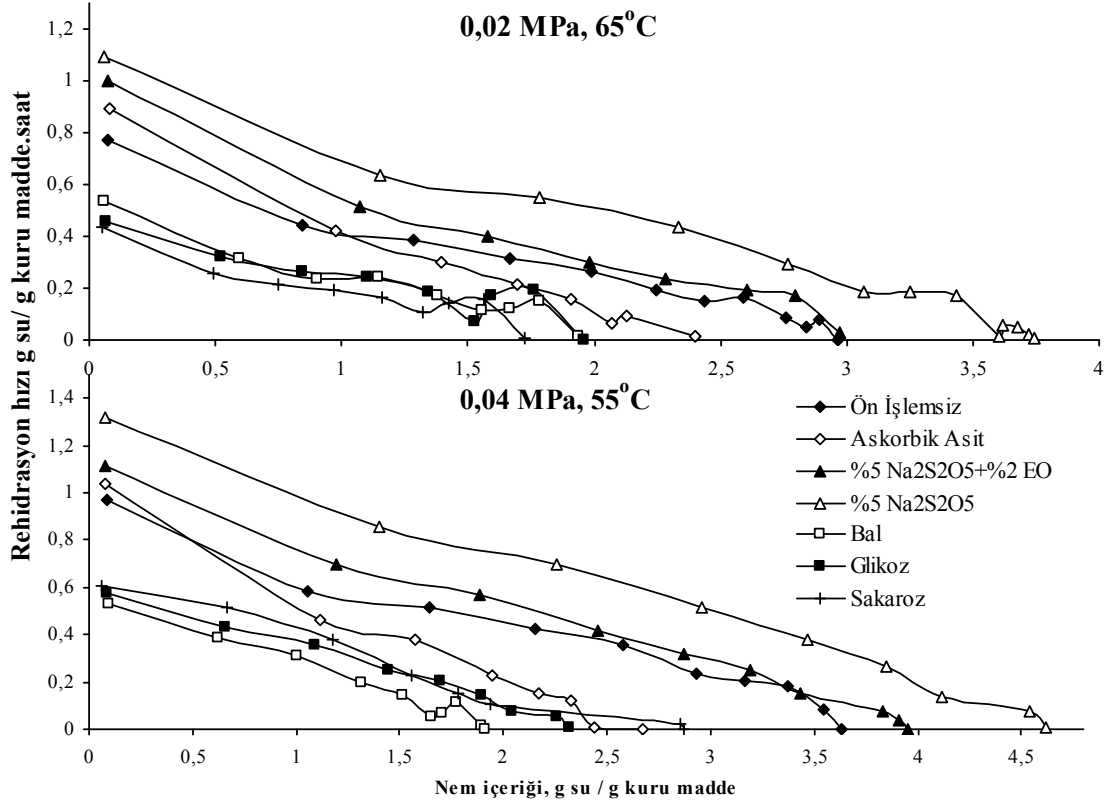


Şekil 4.38 Etüvde kurutulmuş ayvaların rehidrasyon hızlarındaki değişim



Şekil 4.39 450 W mikrodalga güç seviyesinde kurutulmuş ayvaların rehidrasyon hızlarındaki değişim

Şekil 4.39 göstermektedir ki; mikrodalgada kurutulmuş ön işlemlenmiş ve ön işlemlenmemiş ayvalarda rehidrasyon hızı zamanla azalmaktadır. Yine etüvde kurutulmuş örneklerde olduğu gibi burada da %5 Na₂S₂O₅+%2 EO ile %5 Na₂S₂O ön işlemlenmiş ayvaların en hızlı, şeker çözeltisi ile ön işlem görmüş ayvaların ise en yavaş rehidre olduğu açıkça görülmektedir. Benzer trend diğer mikrodalgա güç seviyeleri için de geçerlidir.



Şekil 4.40 Farklı vakum uygulaması ve sıcaklık ile kurutulmuş ayvaların rehidrasyon hızlarındaki değişim

Şekil 4.40’da görüldüğü gibi farklı vakum ve sıcaklık uygulamaları ile kurutulmuş ön işlemlenmiş ve ön işlemlenmemiş ayvalar da rehidrasyon sırasında azalan bir rehidrasyon hızı sergilemektedir. Rehidrasyon hızının uygulanan ön işlemlere göre durumu ise etüv ve mikrodalgա ile kurutulmuş ayvalar da olduğu gibi %5 Na₂S₂O ile %5 Na₂S₂O₅+%2 EO ön işlemlenmiş ayvalarda en yüksek, şeker çözeltisi ile ön işlem görmüş ayvaların ise en düşük değerlerde olduğu görülmektedir.

Şekil 4.38-4.40'dan görülen ortak sonuç ise nem içeriğindeki artışla rehidrasyon hızının azalmasıdır. Kuru meyvenin nem içeriği arttıkça çevresi ile arasındaki nem konsantrasyonu farkı azalacak, kütle transferinde yürütücü kuvvet olan nem konsantrasyonu farkının azalması suyun maddeye geçişini de azaltacaktır.

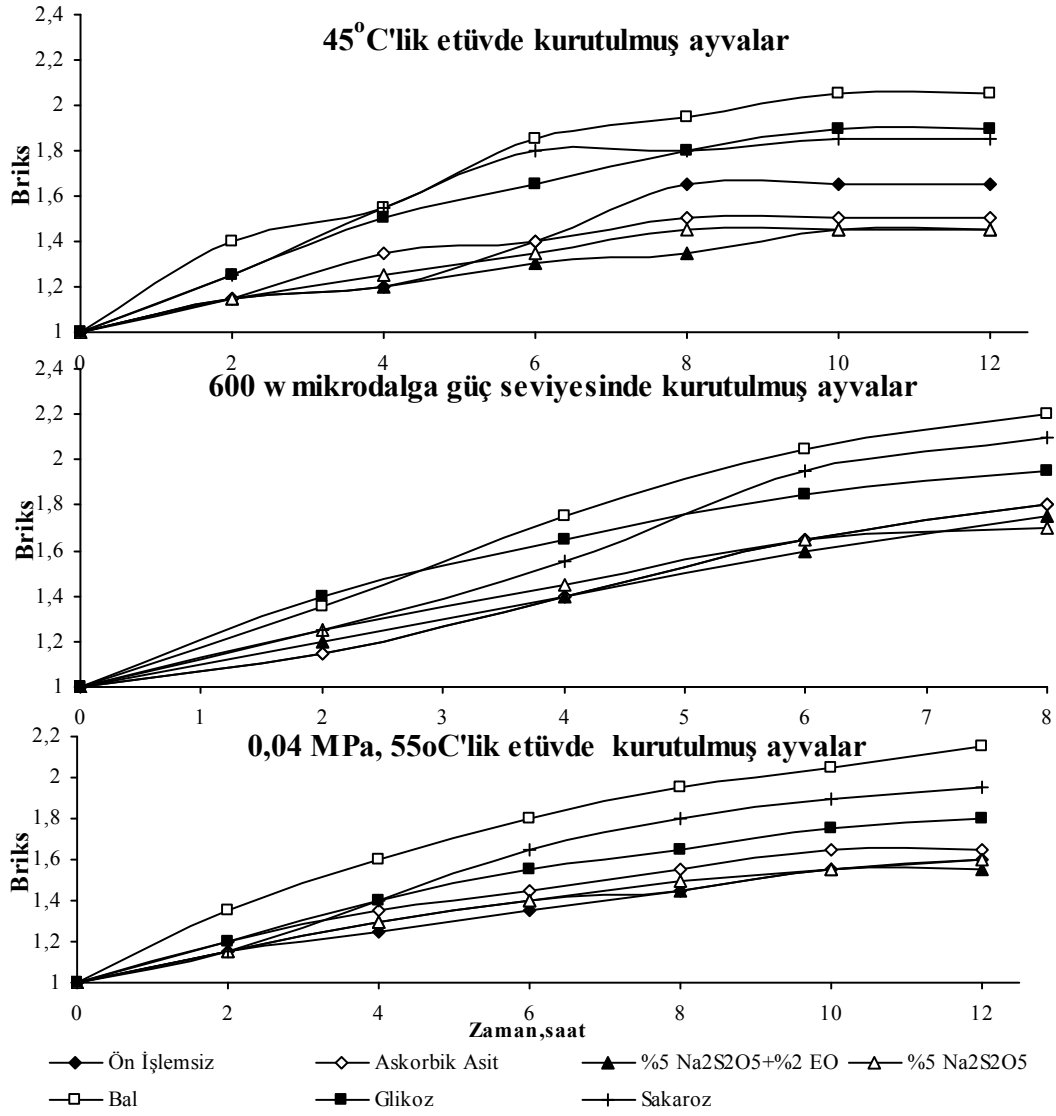
4.3.4 Briks

Rehidrasyon sırasında ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak farklı koşullarda kurutulmuş ayvalardan rehidrasyon sıvısına geçen kuru madde miktarının tespiti amacıyla rehidrasyon sıvısının briks değerleri abbe refraktometresi ile rehidrasyon boyunca belirli aralıklarla ölçülmüştür. Şekil 4.41 'de bazı örnekler için, EK-1 – EK-7 'de tüm örnekler için rehidrasyon sıvılarının briks değerinin zamanla değişimi verilmiştir.

Eklerdeki briks verileri incelendiğinde artan sıcaklık, vakum basıncı ve mikrodalga güç seviyelerinde kurutulan ayvaların rehidrasyon sıvısına daha fazla katı madde geçişi olduğu, ön işlemin de rehidrasyon sıvısına geçen katı madde miktarını etkilediği ve özellikle şeker ön işlemlili ayvaların rehidrasyon sıvısının briksini artırdığı görülmektedir. Şeker, başlı başına suda çözünür bir kuru madde olduğundan, şeker ön işlemlili ayvaların diğer ön işlemlilerden daha çok rehidrasyon sıvısındaki katı madde miktarını artırması olağandır.

Farklı kurutma yöntemlerinin ayvadan rehidrasyon sıvısına geçen kuru madde miktarını büyük oranda değiştirmedeği Şekil 4.41'den görülmektedir. Farklı ön işlemlilerin etkisi bakımından incelendiğinde ayvadan rehidrasyon sıvısına geçen kuru madde miktarının en çok bal ön işlemlili ile diğer şekerli çözeltili ön işlemlileri görmüş ayvalarda; en az ön işlemsiz ayvalar ile sülfite çözeltili ayvalarda olduğu, rehidrasyon sıvısının en fazla 2,2 değerine ulaşabildiği görülmektedir.

Rehidrasyon sıvısının briksindeki bu ufak değişim ayvanın rehidrasyonu sırasında sadece rehidrasyon sıvısından ayvaya olan su geçişinin önemli olduğunu, ayvadan suya katı geçişinin ihmal edilebilecek kadar küçük olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.41 Rehidrasyon sıvısının briks değerinin zamanla değişimi

4.3.5 Difüzyon Katsayısı

Fick'in II. Yasasının sabit yüzey konsantrasyonu sınır şartı ile dilim geometri için rehidrasyon sırasındaki difüzyon katsayıları hesaplandı. Farklı sıcaklık, kalınlık, mikrodalga gücü, basınç, ön işlem ve kurutma tekniği ile kurutulan ayvaların oda sıcaklığında distile su ile rehidre edilmesi sırasında, suyun ayva içinde hareketinin ölçüsü olan difüzyon katsayıları Çizelge 4.3'de verilmiştir

Çizelge 4.3 Ayvanın rehidrasyonu sırasında nem difüzyon katsayıları

Deff, m²/s (x10⁹)							
ETÜV							
	Ön İşlemsiz	Askorbik Asit	%5 Na ₂ S ₂ O ₅ + %2 EO	%5 Na ₂ S ₂ O ₅	Bal	Glikoz	Sakaroz
45 °C							
1 mm	3,1423	2,9652	3,2515	2,3163	2,4934	2,8538	3,2492
5 mm	88,0776	71,7199	56,0834	85,8138	83,4405	67,3840	72,0576
10 mm	152,8784	179,0945	180,7741	126,2242	141,7055	168,4693	143,8963
55 °C							
1 mm	4,4301	3,4022	3,3730	3,6341	4,3523	3,7794	3,6903
5 mm	64,2714	73,1166	104,7456	89,9124	103,0204	78,5661	87,1739
10 mm	157,406	196,8761	195,087	133,6363	158,0997	178,6563	213,2703
65 °C							
1 mm	5,3038	3,9703	3,7301	4,2475	4,9916	4,4235	4,8306
5 mm	121,5506	87,3199	67,8678	93,8192	117,6072	98,4654	122,3721
10 mm	185,7398	230,5408	237,9529	140,3181	168,7979	213,8545	252,6309
75 °C							
1 mm	6,0830	6,0928	4,7152	7,2007	8,5458	5,0534	5,7865
5 mm	200,3448	117,4977	83,6596	113,0516	152,3855	159,2864	171,6368
10 mm	209,8016	266,6153	281,4759	152,6958	190,4499	250,6958	285,0542
VAKUMLU ETÜV							
	Ön İşlemsiz	Askorbik Asit	%5 Na ₂ S ₂ O ₅ + %2 EO	%5 Na ₂ S ₂ O ₅	Bal	Glikoz	Sakaroz
0,02 MPa 65°C	166,2786	188,2957	131,7741	102,1989	123,1571	112,4224	113,4813
0,04 MPa 65°C	221,3031	199,7606	156,6392	154,8501	133,3807	139,0766	168,2137
0,06 MPa 65°C	238,3910	245,8031	189,4641	218,4916	169,3456	222,2889	224,8813
0,04 MPa 45°C	127,3196	137,3605	133,7823	118,7756	116,1832	110,9254	121,5141
0,04 MPa 55°C	216,7755	188,0036	127,6847	131,3725	127,3561	116,4753	125,5304
0,04 MPa 75°C	223,1287	227,9484	222,8366	155,2882	169,7107	139,5513	228,3135
MİKRODALGA							
	Ön İşlemsiz	Askorbik Asit	%5 Na ₂ S ₂ O ₅ + %2 EO	%5 Na ₂ S ₂ O ₅	Bal	Glikoz	Sakaroz
100 w	130,9343	144,6266	134,7316	115,3069	122,4634	101,067	132,6139
180 w	147,9492	179,8613	160,9477	212,2845	155,8724	132,979	158,4283
300 w	263,2196	228,3865	236,0177	251,6086	160,9112	140,6467	165,8404
450 w	275,3053	347,4543	236,9305	295,9349	236,4558	171,2443	175,8083
600 w	359,8686	351,2151	242,1883	308,0206	306,0489	207,9395	211,7368

Çizelge 4.3 incelendiğinde etüvde kurutulmuş ayvalardan en yüksek difüzyon katsayılarına sahip örneklerin 10 mm kalınlığında 75 °C’de kurutulmuş örnekler olduğu görülmektedir. Bu da göstermektedir ki; kalınlık ve kurutma sıcaklığı arttıkça meyve daha hızlı ve daha fazla su alabildiği için rehidrasyon sırasındaki difüzyon katsayısı da artmaktadır.

Vakumlu etüvde 0,04 MPa sabit basınçta farklı sıcaklıklarda kurutulan örneklerin rehidrasyon difüzyon katsayıları etüvde kurutulmuş örneklere benzer şekilde kurutma sıcaklığının artışıyla artmaktadır. Kurutmada uygulanan vakum basıncının etkisinin rehidrasyonda da aynı olduğu gözlenmiştir. Yüksek vakum ortamında kuruyan ayvaların normal etüvde kuruyan ayvalara göre daha yüksek difüzyon katsayısı gösterdiği, yani daha hızlı rehidre oldukları görülmüştür. Literatürle bu sonuç desteklenmektedir (Wu et al. 2007).

Yine Çizelge 4.3’den gözlenen bir sonuç da, kurutmada uygulanan MD gücündeki artışa bağlı olarak hızlı kuruyan ayvaların hızlı rehidre oldukları şeklindedir. 100 Watt mikrodalga güç seviyesinde kurutulmuş örneklerin difüzyon katsayıları diğer mikrodalga güç seviyelerinde kurutulmuş örneklerin difüzyon katsayılarından düşüktür. Bu durum literatürle uyum halindedir (Dadalı vd. 2007).

Tüm yöntemler bir arada incelendiğinde ise karşılaşılan sonuç, en yüksek difüzyon katsayılarının sırasıyla mikrodalga, vakumlu etüv ve etüvde olduğudur. Bu durumda mikrodalga ile kurutulan örneklerin daha hızlı rehidre olabildikleri dolayısıyla mikrodalga kurutmanın rehidrasyon yeteneğini artırıcı bir etkisi olduğundan, başarılı bir yöntem olduğu söylenebilir. Tabi ki bu, vakumlu etüv ve etüv ile kurutmanın başarısız yöntemler olduğu anlamına gelmez sadece difüzyon katsayıları yöntemler arası mukayese edildiğinde ve rehidrasyon difüzyon katsayısı da kurutma yöntemini nitelendirmede kullanılabilmesine göre en başarılı kurutma sonuçlarının sırasıyla mikrodalga, vakumlu etüv ve etüvden alındığı düşünülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ayvaların, kurutulması sırasında, zamanla boyutsuz nem içeriğindeki değişime, kuruma hızına, difüzyon katsayısına ve aktivasyon enerjisine; kurutmada kullanılan ön işlemlerin, kalınlıkların, sıcaklıkların, vakum basınçlarının ve mikrodalga güç seviyelerinin etkisi incelenmiştir. Bunun yanı sıra ayvalarda kurutmaya meydana gelen renk değişimi, kurutma öncesi ve kurutma sonrası renk verileri toplanarak toplam renk değişimi cinsinden ifade edilmiştir. Ayrıca kurutma deneyleri sonunda elde edilen kuru ürünlerin rehidrasyon yetenekleri üzerine, farklı kurutma sıcaklığı, vakum basıncı ve mikrodalga güç seviyesi ile farklı ön işlem uygulama ve farklı kalınlıkta kurutmanın etkisi incelenmiştir. Tüm bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- Farklı kalınlıklarda etüvde kurutulan ayvalardan daha ince olanlar daha hızlı kuruyarak sonuçta da daha düşük nem içeriğine ulaşmıştır. Daha açık bir ifadeyle; 1 mm kalınlığında kurutulan ayvalar 5 ve 10 mm kalınlığında kesilerek kurutulan ayvalara göre daha hızlı ve daha çok nem kaybetmişlerdir. Madde miktarındaki azalmaya paralel olarak ayvanın bünyesindeki nem de daha az olduğundan daha hızlı kuruma gözlenmiştir.

- Farklı sıcaklıklarda etüvde, sabit vakum basıncı ve farklı sıcaklıklarda vakumlu etüvde ve farklı mikrodalga güç seviyelerinde kurutulan örneklerin kuruma hızları, sıcaklık ya da mikrodalga güç seviyesi arttıkça artmış ve bu örnekler daha çok nem kaybetmişlerdir. Bu da artan sıcaklığın ya da mikrodalga güç seviyesinin ayva bünyesindeki suyun buharlaşmasını hızlandırdığı ile ilişkilendirilebilir.

- Sabit sıcaklıkta farklı vakum basınçlarında vakumlu etüvde kurutulan örneklerin kuruma hızları ya da kaybettikleri nem miktarları birbirlerinden çok farklı olmamakla birlikte, artan vakum basıncı kuruma hızını ve kaybedilen nem miktarını artırıcı yönde etkili olmuştur.

- Yöntemlerin kuruma hızı üzerine olan etkinliği ise sırasıyla mikrodalga, vakumlu etüv ve etüv şeklindedir. Başka bir ifadeyle, mikrodalga ile kurutulan örnekler vakumlu etüv ve etüvde kurutulan örneklere göre daha hızlı kurumuş ve daha çok nem kaybederek son ürün olarak da en kuru ürünü elde etmeye yardımcı olmuştur.

- Uygulanan ön işlemlerin kuruma hızına ve ayvanın ne oranda nem kaybedeceğine etkisi kurutma boyunca değişkenlik göstermiş, ancak son ürün olarak düşünüldüğünde ise en hızlı kuruyan ve ayrıca en çok nem kaybeden örneklerin sülfid çözeltili ön işlemler görmüş ayvalar olduğu düşünülmüştür.

- Tüm kuruma hızı grafiklerinden çıkarılacak ortak sonuç ise; kuruma hızı nemin azalması ile azalmaktadır. Bu sonuçtan da kurumanın azalan kuruma hızı döneminde ve katı içi difüzyon kontrolünde gerçekleştiğini söyleyebiliriz.

- Kalınlığı farklı örneklerde difüzyon katsayısı değişimi, kuruma hızına ters olarak artan kalınlıkla arttığı görülmüştür. İnce dilimlerde su miktarının daha az olması nedeniyle çevre havası ile arasındaki nem konsantrasyonu farkı daha düşüktür, dolayısıyla meyve içindeki suyun taşınımı da daha yavaş gerçekleşmektedir. Her ne kadar difüzyon katsayısı yüksek, kalın örneklerdeki su, daha hızlı difüze olsa da bu örneklerin artan kalınlığa bağlı olarak bünyelerinde taşıdıkları su miktarı fazla olduğu için bu suyun uzaklaşması daha çok zaman almış yani kuruma süresi uzamıştır.

- Etüvde kurutulan örneklerde sıcaklığın, vakumlu etüvde kurutulan örneklerde sabit basınçta sıcaklığın ve mikrodalga krutucuda kurutulan örneklerde mikrodalga güç seviyesinin artmasıyla difüzyon katsayısının arttığı gözlenmiştir. Bünyesindeki suyun sıcaklığının artması, dolayısıyla buharlaşmanın hızlanması difüzyonu hızlandırdığından sonuç beklenen türdendir. Ayrıca sabit sıcaklıkta farklı vakum basınçlarında kurutulan örneklerin difüzyon katsayılarının da artan vakum basınçlarıyla arttığı görülmüştür.

- En düşük difüzyon katsayıları ön işlemsiz ayvalarda, en yüksek difüzyon

katsayıları ise şeker çözeltisi uygulanmış ayvalarda gözlenmiştir. Bu durumda ön işlemin az ya da çok difüzyon katsayısını artırıcı yönde etkili olduğu yorumu yapılabilir.

- Aktivasyon enerji değerlerine göre; ayva örneklerinde artan kalınlıkla kurutma aktivasyon enerji değerleri azalmıştır. Aynı birime sahip etüv ve vakumlu etüv aktivasyon enerji değerleri birbirleriyle kıyaslanabilir ve sonuçta vakumlu etüvde kurutulan örneklerin daha yüksek aktivasyon enerjisi değerlerine sahip olduğu görülür. Mikrodalga ile kurutulan örneklerin aktivasyon enerji birimleri diğer yöntemlerle kurutulanlardan farklı olduğundan diğer yöntemlerle mukayesesi mümkün değildir. Bu yüzden bu üç farklı kurutma yöntemi ile kurutulan ayvaların kurutma aktivasyon enerjileri ancak uygulanan ön işlemler bakımından kıyaslanabilir. Bu durumda karşılaşılan sonuç; ön işlemsiz ayvaların en düşük aktivasyon enerjisine sahip oldukları, kimyasal ön işlem gören ayvaların ön işlemsizlere nispeten yakın aktivasyon enerjisi gösterdikleri, şeker çözeltisi ile muamele edilen ayvaların ise en yüksek aktivasyon enerjisine sahip oldukları şeklindedir.

- Normal ve vakumlu etüvde artan sıcaklığın, mikrodalga kurutucuda artan mikrodalga güç seviyesinin toplam renk değişimini artırıcı yönde etkili olduğu gözlenmiştir. Herhangi bir ısı işlem uygulanmaksızın kesildiğinde ya da soyulduğunda enzimatik esmerleşme sonucu rengi değişen ayva örneğinin, artan sıcaklık ve mikrodalga güç seviyesiyle ısınması sonucu Maillard tipi esmerleşme ve karamelizasyon gerçekleştiği düşünülmekte ve örnek rengi sarıdan kahverengiye doğru gitmektedir. Bu durumda değişen L^* , a^* ve b^* değerleri sebebiyle toplam renk değişiminin arttığı düşünülebilir.

- Vakumlu etüvde sabit sıcaklıkta kurutulan örneklere uygulanan vakum basıncı arttığında toplam renk değişiminin azaldığı görülmüştür. Etüvde ve vakumlu etüvde aynı sıcaklıklarda kurutulan örnekler kıyaslanırsa renkte meydana gelen değişimin bu iki yöntemde farklı olması daha kolay açıklanabilir. Aynı sıcaklıklarda Maillard ve karamelizasyondan kaynaklanan renk değişiminin etkisi iki yöntem için de aynı olacağı düşünülrse, vakumlu etüvde kurutulan örneklerin toplam renk değişiminin daha az olmasına asıl etken olan esmerleşmenin enzimatik esmerleşme olduğu düşünülebilir.

Çünkü artan vakum basıncı demek kabin içinde daha az hava olması demek olduğundan daha az oksijenle temas eden ayvalar daha az enzimatik esmerleşmeye uğramıştır yorumu yapılabilir.

- Ön işlemlerin toplam renk değişimine etkisini gösteren grafiklerden; sülfite çözeltileri ile ön işlem görmüş ayvalarda toplam renk değişim değerleri en düşük değerlere sahipken, şeker çözeltileri ile ön işlem görmüş ayvalarda daha yüksek değişim gösterdiği, askorbik asitle muamele edilmiş ayvalarda ise toplam renk değişiminin en yüksek olduğu sonucu çıkarılabilir.

- Genel olarak; farklı kurutma ortamlarının toplam renk değişimine etkisi mikrodalgada en yüksek, vakumlu etüv ve etüvde birbirlerine çok yakın olmakla birlikte vakumlu etüvde en düşük, normal etüvde ise orta düzeyde olduğu gözlenmiştir. Vakumlu etüvde kurutmanın daha düşük toplam renk değişimini sağlayacağı beklentisinin gerçekleşmemesi ise kesikli gerçekleştirilen kurutma deneylerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

- Farklı kalınlıklarda kurutulmuş örneklerden rehidrasyon sırasında kurutmaya paralel sonuçlar elde edilmiştir. Yani daha hızlı kuruyan ince örneklerin kalın örneklere göre daha hızlı rehidre oldukları görülmüştür. Ancak 1 mm kalınlığında kesilerek kurutulmuş ayvalar rehidrasyon sırasında yüksek oranda parçalandıklarından, kuru ürünün kullanımdan önce rehidre edilmesi gerektiği durumlarda, bu kalınlıkta kesilerek kurutma tavsiye edilmemektedir.

- Tüm ön işlemler için, vakumlu etüv ya da etüvde yüksek sıcaklıklarda, mikrodalga kurutucuda yüksek mikrodalga güç seviyelerinde kurutulan örneklerin düşük sıcaklık ya da mikrodalga güç seviyelerine kıyasla rehidrasyon yeteneklerinin de yüksek olduğu bulunmuştur. Daha önce değinildiği gibi bu durum literatürle de desteklendiğinden genel bir kural olarak hızlı kuruyan ürünlerin hızlı rehidre oldukları söylenebilir.

- Vakum basıncının rehidrasyon yeteneğine olan etkisi sabit sıcaklıkta farklı

vakum basınçları uygulanarak kurutulmuş örneklerin grafiklerinden açıkça gözlenmiştir. Yüksek vakum basınçlarında daha hızlı kuruyan örnekler rehidrasyon sırasında yine daha hızlı rehidre olmuşlardır ve tüm ön işlemler aynı trendi göstermiştir.

- Rehidrasyon yeteneği bakımından kurutucu yöntemlerin mukayesesinde karşılaşılan sonuç mikrodalga ile kurutulan ayvaların bünyelerine en çok, vakumlu etüvde kurutulan ayvaların bünyelerine orta düzeyde ve etüvde kurutulan ayvaların bünyelerine en az nem alabildikleri şeklindedir. Buradan da hızlı kuruyan örneklerin rehidrasyon sırasında bünyelerine daha çok nem alabildikleri noktasına varılabilir.

- Rehidrasyon yeteneğinin başka bir ölçüsü olan rehidrasyon oranı ayvaların rehidrasyon sonunda ulaştıkları denge nem içeriklerinin, kurutma öncesi başlangıç nem içeriklerine ne kadar yaklaştığının % ifadesi olarak hesaplanmıştır. Tüm yöntemler ve ön işlemler için rehidrasyon oranının yaklaşık %50 ile % 80 arasında değiştiği görülmüştür. Bahsedilen bu aralığın bu denli geniş olmasının nedenleri arasında kullanılan kurutma yöntemi, uygulanan ön işlemler yer almaktadır. Rehidrasyon yeteneği kurutmanın ne kadar başarılı olduğunun bir ifadesi olarak düşünülürse rehidrasyon yeteneklerinden tüme varım yapılarak kurutmada başarılı yöntemleri sıralamak mümkün olabilir.

- Etüv için tüm ön işlemlerde en yüksek rehidrasyon oranları 75 °C’de 10 mm kalınlığında kurutulmuş olanlara ait olarak bulunmuştur. Ancak söz konusu sıcaklık ve kalınlık için en yüksek rehidrasyon hızı 1 mm kalınlığında kesilmiş ayvalarda gözlenmiştir. Her ne kadar hızlı rehidrasyon bir avantaj olsa da ince örneklerin rehidrasyon sıvısında dağılıyor olmaları üreticinin bu kalınlığı seçmemesi için yeterli bir sebeptir. Dolayısıyla 75 °C’de 10 mm kalınlığında etüvde kurutmanın, 5 ve 1 mm’ye ve daha düşük sıcaklıklara göre daha başarılı olduğu söylenebilir.

- Vakum basıncının rehidrasyon oranına etkisi yine artan vakum basıncı ile artan rehidrasyon oranı şeklinde olduğu görülmüştür. Vakum basıncının artması ürünün hem daha hızlı kurumasına hem de rehidrasyon sırasında daha çok nem kazanmasına neden

olmaktadır. Bu durumda 75 °C'de 0,06 MPa vakum basıncı altında kurutmanın, etüvde 75°C'de kurutmaya kıyasla daha hızlı ve daha çok nem kaybettirici etkisi olduğu söylenebilir. Ayrıca aynı sıcaklıklarda vakumlu etüvde ve etüvde kurutulan örneklerden vakumda kurutulanların rehidrasyon yeteneklerinin de daha iyi olduğu görülmüştür. Bu bulgulardan yola çıkılarak vakumlu etüvde kurutmanın etüvde kurutmaya kıyasla daha üstün bir yöntem olduğu söylenebilir.

- Mikrodalga güç seviyesinin rehidrasyon oranına etkisi düşük mikrodalga güç seviyeleri etüv ve vakumlu etüvün düşük sıcaklıklarıyla karşılaştırıldığında belirgin bir fark oluşturmamaktadır. Ancak yüksek mikrodalga güç seviyelerinde kuruyan örneklerin rehidrasyon oranları diğer yöntemlerle kurutulanların rehidrasyon oranlarıyla belirgin fark oluşturabilmektedir. Elbette rehidrasyon oranının yüksek olması kurutmanın başarılı olduğunu söylemede etkili bir faktördür ancak yeterli değildir. Yüksek mikrodalga güç seviyelerinde kurutulan örneklerin toplam renk değişimlerinin diğer yöntemlerden yüksek olduğu söylenmişti. 750 W mikrodalga güç seviyesinde kurutulmaya çalışılan ayvaların tamamen yandığı, 600 W mikrodalga güç seviyesinde kurutulanların ise çok fazla renk değiştirdiği gözlenmiştir. Bu durumda sırf rehidrasyon yetenekleri ya da kuruma hızları yüksek diye 750 W ya da 600 W'da kurutmayı seçmek anlamsız olacağından üreticiye 450 ve altındaki mikrodalga güç seviyelerinde kurutma tavsiye edilir. Hatta vakum – mikrodalga kombine sistemler kullanılırsa hem hızlı bir kuruma hem de düşük renk kaybı ile yüksek kalitede, rehidrasyon yeteneği yüksek ürünler elde edilebilir.

- Rehidrasyon hızının kalınlık ve zamanla nem içeriğindeki artışla azaldığı; sıcaklık, vakum basıncı ve mikrodalga güç seviyesinin artışıyla arttığı ve uygulanan ön işlemlere göre değiştiği bulunmuştur. Tüm yöntemlerde, ön işlemin bu konudaki etkisi %5 Na₂S₂O₅+%2 EO ile %5 Na₂S₂O₅ ön işlemlili ayvaların en hızlı, şeker çözeltisi ile ön işlem görmüş ayvaların ise en yavaş rehidre olduğu şeklinde bulunmuştur.

- Kuru üründen rehidrasyon sıvısına geçen katı madde miktarını belirlemek amacıyla periyodik briks ölçümleri yapılmış ve sonuçta farklı kurutma yöntemlerinin bu miktarı büyük oranda değiştirmedeği ancak yöntem farklılığının ve uygulanan ön

işlemlerin briks değerlerini etkilediği görülmüştür. Ayvadan rehidrasyon sıvısına geçen kuru madde miktarının en çok bal ön işlemi ile diğer şekerli çözeltili ön işlemleri görmüş ayvalarda; en az ön işlemsiz ayvalar ile sülfite çözeltili ayvalarda olduğu, rehidrasyon sıvısının tüm kurutma yöntemleri ve ön işlemler için en fazla 2,2 değerine ulaşabildiği bulunmuştur. Rehidrasyon sıvısının briksindeki bu ufak değişim ayvanın rehidrasyonu sırasında sadece rehidrasyon sıvısından ayvaya olan su geçişinin önemli olduğunu, ayvadan suya katı geçişinin ihmal edilebilecek kadar küçük olduğunu göstermiştir.

- Vakumlu etüv ve etüvde ön işlemlili ve ön işlemsiz olarak kurutulmuş ayvaların rehidrasyon difüzyon katsayılarını gösteren tablo incelendiğinde, kalınlık ve kurutma sıcaklığı arttıkça meyvenin daha hızlı ve daha fazla su alabildiği için rehidrasyon sırasındaki difüzyon katsayısının da arttığı bulunmuştur. Aynı zamanda yüksek vakum ortamında kuruyan ayvaların normal etüvde kuruyan ayvalara göre daha yüksek difüzyon katsayısı gösterdiği, yani daha hızlı rehidre oldukları görülmüştür. Mikrodalga için de benzer durum, artan mikrodalga güç seviyesiyle artan rehidrasyon difüzyon katsayısı şeklindedir. 100 Watt mikrodalga güç seviyesinde kurutulmuş örneklerin difüzyon katsayılarının, diğer mikrodalga güç seviyelerinde kurutulmuş örneklerin difüzyon katsayılarından düşük olduğu görülmüştür. Tüm yöntemler bir arada incelendiğinde ise karşılaşılan sonuç, en yüksek rehidrasyon difüzyon katsayılarının sırasıyla mikrodalga, vakumlu etüv ve etüvde olduğudur.

6. KAYNAKLAR

- Abonyi, B.I., Feng, H., Tang, J., Edwards, C.G., Chew, B.P., Mattinson, D.S., Fellman, J.K., 2002, "Quality retention in strawberry and carrot purees dried with Refractance Window™ System", *J.Food Sci*, 67 (2): 1051 – 6 .
- Acar, J., Gökmen, V. ve Us, F., 2006, "Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi", Cilt 2, Uğurer Tarım Kitapları, Ankara, 6:242,280.
- Aguilar, G., Cruz, S., Valdez, H., Ortiz, F., Aguilar, R. and Wang, C., 2005, "Biochemical Changes of Fresh-Cut Pineapple Slices Treated With Antibrowning Agents", *International Journal of Food Science and Technology*, 40:377-383.
- Alibas, I., 2007, "Microwave, air and combined microwave–air-drying parameters of pumpkin slices", *LWT*, 40:1445–1451.
- Alibas I. Ozkan, Akbudak, B., Akbudak, N. 2007. "Microwave drying characteristics of spinach." *Journal of Food Engineering*, 78, 577-583.
- Altuğ, T., 2001, "Gıda Katkı Maddeleri", Meta Basım, İzmir, 176-177.
- Ames, J. M., Arnoldi, A., Bates, L. and Negroni, M., 1997, "Analysis of the methanol-extractable non-volatile Maillard reaction products of a model extrusion-cooked cereal product", *J. Agric. Food Chem.*, 45, 1256–1263
- Arnoldi, A., Corain, E. A., Scaglioni, L. and Arnes, J., 1997, "New coloured compounds from the Maillard reaction between xylose and lysine", *J. Agric. Food Chem.* 45, 650–655.
- Arsdel, B.S.V. and Copley, M.J., 1963, "Food Dehydration" The AVI Publishing Company Inc., Conneticut, USA.
- Arslan, D. and Özcan, M.M., in press, "Dehydration of red bell-pepper (*Capsicum annuum* L.): Change in drying behavior, colour and antioxidant content", *Food and Bioproducts Processing*.
- Artnaseaw, A., Theerakulpisut, S. and Benjapiyaporn, C., 2010, "Drying characteristics of Shiitake mushroom and Jinda chili during vacuum heat pump drying", *Food and Bioproducts Processing*, 88:105–114.
- Atarés, L.A., Chiralt, C., González-Martínez, 2009, "Effect of the impregnated solute on

- air drying and rehydration of apple slices”,(ct. Granny Smith), *Journal of Food Engineering*, 91: 305–310.
- Bondaruk, J., Markowski, M. and Błaszczak, W., 2007, “Effect of drying conditions on the quality of vacuum-microwave dried potato cubes”, *Journal of Food Engineering*, 81:306–312
- Cánovas, G.V.B. and Mercado, H.V., 1996, “Dehydration of Foods”, Chapman and Hall, NY, USA.
- Cemeroğlu, B., 2004, “Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi”, Cilt 2, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:36, Ankara, 6:479-551
- Cemeroğlu, B., Acar, J., 1986, “Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi”, Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No:6, Bölüm 9, Ankara.
- Christensen, P., Studer, H. and Rummig, D., 1993, “ UC Researching DOV Concept ” *Grape Grower*, 11 : 20 – 1 .
- Chou, D.H., 1974, “Water Activity in Relation to Food”, *Encyclopedia of Food Technology*, Vol 2, AVI Publishing Co., Westport, CT.
- Chua, K.J.,Mujumdar A.S., Hawlader, M.N.A., Chou S.K., Ho, J.C., 2001, “Batch drying of banana pieces — effect of stepwise change in drying air temperature on drying kinetics and product colour”, *Food Research International*, 34 (2001) 721–731.
- Contreras, C., Martín-Esparza, M.E. , Chiralt, A., Martínez-Navarrete, N. 2008. “Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry.” *Journal of Food Engineering*, 88, 55-64.
- Corzo, O., Bracho, N. and Alvarez, C., 2008, “Water effective diffusion coefficient of mango slices at different maturity stages during air drying”, *Journal of Food Engineering*, 87:479–484.
- Coulson, J.M and Richardson, J.F, 1991, “Chemical Engineering”, 2, 4th Ed. Pergamon Press, Oxford.
- Coulter, T. P., 1988, “Food, the chemistry of its components”, Royal Society of Chemistry, London.
- Cui, Z.W, Sun, L.J., Chen, W. and Sun, D.W., 2008, “Preparation of dry honey by microwave–vacuum drying”, *Journal of Food Engineering*, 84:582–590

- Cui, Z.W., Xu, S.Y. and Sun, D.W., 2004, "Microwave–vacuum drying kinetics of carrot slices", *Journal of Food Engineering*, 65:157–164.
- Cunningham, S.E., Mcminn, W.A.M., Magee, T.R.A. and Richardson, P.S., 2008, "Experimental study of rehydration kinetics of potato cylinders", *Food and Bioproducts Processing* 86:15–24.
- Çağlar, A., Toğrul, İ.T., Toğrul, H., 2009, "Moisture and Thermal Diffusivity of Seedless Grape Under Infrared Drying", *Food and Bioproducts Processing*, 87: 292-300.
- Dadali, G., Demirhan, E. and Özbek, B., 2008, "Effect of drying conditions on rehydration kinetics of microwave dried spinach", *Food and Bioproducts Processing*, Volume 86, Issue 4, 235-241
- Dadali, G., Kılıç Apar, D., and Özbek, B., 2007, "Estimation of effective moisture diffusivity of okra for microwave drying", *Drying Technology*. 25:1445-1450.
- Dadali, G., Demirhan, E. and Özbek, B., 2007, "Microwave Heat Treatment of Spinach: Drying Kinetics and Effective Moisture Diffusivity", *Drying Technology*, 25: 10, 1703 — 1712
- DeMann, J. M., 1980, "Principles of Food Chemistry", AVI Publishing Company, Westport, Connecticut.
- Doymaz, I., 2008, "Influence of blanching and slice thickness on drying characteristics of leek slices", *Chemical Engineering and Processing*, 47:41–47.
- Doymaz, I., 2007, "Air-drying characteristics of tomatoes", *Journal of Food Engineering*, 78:1291–1297.
- Doymaz, I., 2004, Drying kinetics of white mulberry, *Journal of Food Engineering*, 61:341–346
- Doymaz, I. And Pala, M., 2002, "The effects of dipping pretreatments on air-drying rates of the seedless grapes", *Journal of Food Engineering*, 52:413–417.
- Ekşi, A. ve Artık N., 2007, "Gıdalarda Kimyasal Kalite Değişimi", *Gıda Serisi-4*, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Yayın Dairesi Başkanlığı, Ankara, 12-20
- Engels, C., Hendrickx, M., DeSamblanx, S., DeGryze, I. and Tobback, P., 1986, "Modeling water diffusion during long - grain rice soaking", *J Food Eng*, 5 : 55–74.
- Falade, K.O. and Abbo, E., "Air-drying and rehydration characteristics of date palm

- (Phoenix dactylifera L.) fruits”, *Journal of Food Engineering*, 79 (2007) 724–730
- Farmer, L.J., Mottram, D.S. and Whitfield, F.B., 1989, “Volatile compounds produced in Maillard reactions involving cysteine, ribose and phospholipid”, *J. Sci. Food. Agric.*, 47, 347–368.
- Fellows, P., 2000, “Food Processing Technology: Principles and Practice”, Woodhead Publishing, Cambridge, UK.
- Fellows, P., 1993, “Food Processing Technology Principles and Practice”, Ellis Horwood, New York
- Feng, H. and Tang, J., 1998, *J. Food Sci.* 63:679.
- Fernando, W.J.N., Low, H.C. and Ahmad, A.L., 2011, “Dependence of the effective diffusion coefficient of moisture with thickness and temperature in convective drying of sliced materials. A study on slices of banana, cassava and pumpkin”, *Journal of Food Engineering*, 102:310–316.
- Fe’sler, G.M., Salvatori D., Go’mez, P. and Alzamora S.M., 2008, “Convective air drying of apples as affected by blanching and calcium impregnation”, *Journal of Food Engineering* 87 (2008) 323–332.
- Figiel, A., 2009, “Drying kinetics and quality of vacuum-microwave dehydrated garlic cloves and slices”, *Journal of Food Engineering*, 94:98–104.
- Fortuny, R. and Belloso, O., 2003, “New Advances in Extending The Shelf Life of Fresh-Cut Fruits”, A Review, *Trends in Food Science and Technology*, 14:341-353.
- Gálvez, A.V., Scala, K.D., Rodríguez, K., Mondaca, R.L., Miranda, M., López, J. and Won, M.P., 2009, “Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annum*, L. var. Hungarian)”, *Food Chemistry* 117:647–653.
- Gálvez, A.V., Mondaca, R.L., Sáinz, C.B., Fito, P. and Andre’s, A., 2008, “Effect of air drying temperature on the quality of rehydrated dried red bell pepper (var. Lamuyo)”, *Journal of Food Engineering*, 85:42–50.
- Garcia, R., Leal, F. and Rolz, C., 1988, *Int. J. Food Sci. And Technology*, 23:81.
- Geankoplis, C.J., 1993, “Transport Processes and Unit Operations”, 3rd Edition, Prentice-Hall Inc.

- Giri, S.K. and Prasad, S., “Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms”, *Journal of Food Engineering*, Volume 78, Issue 2, January 2007, 512-521.
- Hall, C.W., 1980, “Drying and Storage of Agricultural Crops”, AVI Publishing Co., Wesport, CT.
- Hiranvarachat, B. and Devahastin, S. and Chiewchan, N., 2010, “Effects of acid pretreatments on some physicochemical properties of carrot undergoing hot air drying”, *Food and Bioproducts Processing*, in press.
- Hodge, J. E., 1953, “Chemistry of browning reactions in model systems”, *Agr. Food Chem.*, 1, 928–943.
- Howard, W.G., Guile, B.R., 1992, “Profiting from Innovation: The Report of the Three - Year Study from the National Academy of Engineering”, New York.
- Hsu, K.H., 1983, “A diffusion model with a concentration dependent diffusion coefficient for describing water movement in legumes during soaking”, *J Food Sci.*, 48 : 618 – 22.
- Hu, Q., Zhang, M., Mujumdar, A.S., Xiao, G. and Sun, J., 2006, “Drying of edamames by hot air and vacuum microwave combination”, *Journal of Food Engineering* 77:977–982
- Hui, Y.H., 2010, “Handbook of Fruit and Vegetable Flavors”, Wiley Inc., New Jersey 26:487-510.
- Jay, J.M., 2000, “Modern Food Microbiology”, Apsen Publishers, Inc., Gacithersburg, Maryland.
- Jena, S. and Das, H., 2007, “Modelling for vacuum drying characteristics of coconut presscake”, *Journal of Food Engineering*, 79:92–99.
- Karabulut, I. , Topcu, A. , Duran, A. , Turan, S. and Ozturk, B., 2007, “ Effect of hot air drying and sun drying on color values and B-carotene content of apricot (*Prunus armenice L.*)”, *LWT-Food Science and Technology*, 40 (5), 753-758.
- Karel, M. and Lund, D.B., 2003, “Physical Principles of Food Preservation”, Second Edition, Marcel Dekker Inc., London, 378-387.
- Koç, B., Eren I. and Ertekin F.K., 2008, “Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method”, *Journal of Food Engineering*, 85:340–349

- Krokida, M.K., Marinos – Kouris, D., 2003, “Rehydration kinetics of dehydrated products”, *J Food Eng.*, 57 (1): 1 – 7.
- Lombraña, J.I., Rodríguez, R. and Ruiz, U., 2010, “Microwave-drying of sliced mushroom. Analysis of temperature control and pressure”, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 11:652–660.
- MacDougall, D.B., 2000, “Colour in Food”, CRC Pres, New York, 151-154.
- MacDougall, D. B. and Granor, M., 1998, “Relationship between ultraviolet and visible spectra” in *The Maillard Reaction in Foods and Medicine*, The Royal Society of Chemistry. Special publication 223, Cambridge, pp. 160–165.
- Maldonado, S., Arnau, E. and Bertuzzi, M.A., 2010, “Effect of temperature and pretreatment on water diffusion during rehydration of dehydrated mangoes”, *Journal of Food Engineering*, 96:333–341.
- Marabi, A., Thieme, U., Jacobson, M. and Saguy I.S., 2006, “Influence of drying method and rehydration time on sensory evaluation of rehydrated carrot particulates”, *Original Research Article Journal of Food Engineering*, Volume 72, 3:211-217.
- Maskan, A., Kaya, S. and Maskan, M., 2002, “Effect of concentration and drying processes on color change of grape juice and leather (pestil)”, *Journal of Food Engineering* 54:75–80
- Maskan, M., 2001. “Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying”, *Journal of Food Engineering*, 48 (2001) 169-175.
- Mastrocola, D., Sacchetti, G., Pittia, P., Di Mattia, C. and Dalla Rosa, M., 2005, “Rehydration of dried fruit pieces in aqueous sugar solutions: A review on mass transfer and final product characteristics”, *Ital J Food Sci.*, 17 (3): 131 – 254.
- Matteo, M.D., Cinquanta, L., Galiero, G. and Crescitelli, S., 2000, “Effect of a novel physical pretreatment process on the drying kinetics of seedless grapes”, *Journal of Food Engineering*, 46:83-89.
- Mazza, G., LeMaguer, M., 1980, “Dehydration of onions: Some theoretical and practical considerations” *J Food Technol.*, 15 : 181 – 94.
- McCabe, W.L., Smith, J.C. 1956, “Unit Operations of Chemical Engineering”, McGraw-Hill Book Co., New York.
- Mercado, H.V., Nieto, M.M.G. and Canovas, G.V.B., 2001, “Advances in dehydration

- of foods”, *J Food Eng* 49 : 271 – 89.
- Mintel, 2004, “MSU Product Center —The Strategic Marketing Institute Working Paper No 1 – 102605”, Category review, fruits and vegetables: Fruit, December, MSU Product Center for Agricultural and Natural Resources, Michigan State University Extension.
- Mongpraneet, S., Abe, T. and Tsurusaki, T., 2002, “Accelerated drying of welsh onion by far infrared radiation under vacuum conditions”, *Journal of Food Engineering*, 55:147–156.
- Moreira, R., Sereno, A.M., 2003, “Evaluation of mass transfer coefficients and volumetric shrinkage during osmotic dehydration of apple using sucrose solutions in static and non – static conditions”, *J Food Eng.*, 57 : 25 – 31.
- Mujumdar, A.S., 2004, “Drying 2004”, *Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004)* , pp. 101 – 18, August 22 – 25, 2004, Vol. A, S ã o Paulo, Brazil.
- Mujumdar A.S., 2001, “Industrial drying technologies: Current status and future trends”, In Mori YH , Ohnishi K (eds.), *Energy and Environment Technological Challenges of the Future*, Tokyo : Springer - Verlag , pp. 112 – 25 .
- Mujumdar, A.S., 2000, “Drying Technology in Agriculture and Food Sciences” Science Publishers, Inc.
- Mujumdar, A. S., 1995, “Handbook of Industrial Drying”, Marcel Dekker Inc, 1., New York.
- Nguyen, M.H. and Price, W.E., 2006, “Air-drying of banana: Influence of experimental parameters, slab thickness, banana maturity and harvesting season”, *Journal of Food Engineering*, 79 (2007) 200–207.
- Nieto, A., Castro, M.A. and Alzamora, S.M., 2001, “Kinetics of moisture transfer during air drying of blanched and/or osmotically dehydrated mango”, *Journal of Food Engineering*, 50:175-185.
- Odabaşı, A.Z., Demir, N. and Balaban, M.O., 2002, “Machine Vision Quantification of Color Changes in Quince Slices Treat ed with Different Solutions”, In Proc'of IFT Annual Meeting Abstract Book, Anaheim, CA, June 15-19, P. 180.
- Oliveira, F.A.R. and Oliveira, J.C., 1999, “Processing Foods: Quality Optimization and Process Assessment” CRC Pres, New York.

- Orikasa, T., Wub, L., Shiina, T. And Tagawa, A., 2008, “Drying characteristics of kiwifruit during hot air drying”, *Journal of Food Engineering*, 85:303–308.
- Özbek, B. , Dadali, G. 2007. “Thin-layer drying characteristics and modelling of mint leaves undergoing microwave treatment.” *Journal of Food Engineering*, 83, 541-549.
- Peleg, M., 1988, “An empirical model for the description of moisture sorption curves”, *J Food Sci.*, 53: 1216 – 9.
- Pinedo, A.A. and Murr F.E.X., 2007, “Influence of pre-treatments on the drying kinetics during vacuum drying of carrot and pumpkin”, *Journal of Food Engineering*, 80 (2007) 152–156.
- Planinicacuta, M., Velicacuta, D., Tomas, S., Bilicacuta, M. and Bucicacuta, A., 2005, “Modelling of drying and rehydration of carrots using Peleg ’ s model”, *Eur Food Res Technol.*, 221 (3 – 4): 221 – 5.
- Reyes, A. , Cerón, S., Zúñiga, R. , Moyano, P. 2007. “A comparative study of microwave-assisted air drying of potato slices.” *Biosystems Engineering*, 98, 310-318.
- Reynolds, S., 1993, “Drying fruits”, In *So Easy to Preserve*, Cooperative Extension Service, University of Georgia. College of Agricultural and Environmental Sciences , 3rd Ed.National Food Safety Database.
- Saldamlı, İ., 2004, “Gıda Endüstrisi Makineleri”, Baskı 2, Savaş Kitabevi, Ankara, 5:318-322.
- Segovia, P.G., Bello, A.A. and Monzó, J.M., 2011, “Rehydration of air-dried Shiitake mushroom (*Lentinus edodes*) caps: Comparison of conventional and vacuum water immersion processes”, *LWT - Food Science and Technology* 44:480-488.
- Sharma, G.P. and Prasad, S., 2001, “Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination”, *Journal of Food Engineering*, 50:99,105.
- Shaw, I., Hayes, R., Bucik, M., Clingeffer, P. and Skinner, R. , 1996, “Drying for Profit: The Shaw Swingarm Trellis — Mechanizing Dried Vine Fruit Production” Pamphlet prepared by Riverlink Research Agencies through the Drying for Profit Program, Sunraysia - Riverland, Australia
- Shih, M.C., Kuo, C.C. and Chiang, W., 2009, “Effects of drying and extrusion on

- colour, chemical composition, antioxidant activities and mitogenic response of spleen lymphocytes of sweet potatoes”, *Food Chemistry*, 117:114–121.
- Silva, F.A., Marsaioli Jr., A., Maximo, G.J., Silva, M.A.A.P. and Gonçalves, L.A.G, 2006, “Microwave assisted drying of macadamia nuts”, *Journal of Food Engineering*, 77:550–558.
- Singh, G.D., Sharma, R., Bawa, A.S. and Saxena D.C., 2008, “Drying and rehydration characteristics of water chestnut (*Trapa natans*) as a function of drying air temperature”, *Journal of Food Engineering*, 87:213–221
- Starndjev, 1986, “Meyvelerin Değerlendirilmesi”, *Zemizdat Yayınevi, Sofya*
- Stępień, B. 2008. “Effect of vacuum-microwave drying on selected mechanical and rheological properties of carrot.” *Biosystems Engineering*, 99, 234–238.
- Tarhan, S., 2007, “Selection of chemical and thermal pretreatment combination for plum drying at low and moderate drying air temperatures”, *Journal of Food Engineering*, 79:255–260.
- Therdthai, N. and Zhou, W., 2009, “Characterization of microwave vacuum drying and hot air drying of mint leaves (*Mentha cordifolia* Opiz ex Fresen)”, *Journal of Food Engineering*, 91:482–489
- Toğrul, İ.T., 2010, “Modelling of Heat and Moisture Transport During Drying and Drying Characteristics of Black Grapes”, *International Journal of Food Science and Technology*, 45:1146–1152.
- Toğrul, İ.T. and Pehlivan, D., 2003, “Modelling of Drying Kinetics of Single Apricot”, *Journal of Food Engineering*, 58(1), 23-32.
- Toğrul, H., Toğrul, İ.T., Urgan, S., 2009, “Effect of Slice Thickness and Drying Temperature on Infrared Drying Characteristics of Leek”, *Balkan, Kafkas ve Türk Devletleri Uluslararası Mühendislik Mimarlık Sempozyumu* 22-24 Ekim 2009 , 390-396, Isparta.
- Toğrul, H., Toğrul, İ.T., İspir, A., 2005, “İnfrared kurutucuda muzun kuruma kinetiğinin incelenmesi”, *III. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği Çalıştayı*, 26-34, 2-4 Mayıs 2005, Antalya.
- Toğrul, H., Toğrul, İ.T., İspir, A., 2005, “Mantarın ince tabaka kuruma karakteristiklerinin incelenmesi”, *III. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği Çalıştayı*, 2-4 Mayıs 2005, 63-73, Antalya.

- Torrington, E., Esveld, E., Scheewe, I., Van den Berg, R. and Bartels, P., 2001, "Osmotic dehydration as a pre - treatment before combined microwave - hot - air drying of mushrooms" ,J. Food Eng., 49 : 185 – 91.
- Treybal, R.E., 1981, "Mass Transfer Operations", 3rd Ed. Mc Graw-Hill Inc., New York.
- Troller, J., 1980, Food Technology, 34(5):76.
- Tsami, E. and Katsioti, M., 2000, "Drying Kinetics For Some Fruits: Predicting Of Porosity And Color During Dehydration", Drying Technology, 18: 7, 1559 — 1581.
- Walde, S.G., Velu, V., Jyothirmayi, T. and Math, R.G., 2006, "Effects of pretreatments and drying methods on dehydration of mushroom", Journal of Food Engineering, 74:108–115.
- Wang, Z. , Sun, J. , Chen, F. , Liao, X. , Hu, X. 2007 "Mathematical modelling on thin layer microwave drying of apple pomace with and without hot air pre-drying" Journal of Food Engineering, 80, 536–544.
- Wang, J. , Sheng, K. 2006. "Far-infrared and microwave drying of peach." LWT – Food Science and Technology, 39, 247-255.
- Wong, D. W. S., 1989, "Mechanism and Theory in Food Chemistry", van Nostrand Reinhold, New York and London.
- Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y and Tagawa, A., "Vacuum drying characteristics of eggplants", Journal of Food Engineering, 83 (2007) 422–429.
- Vargas, F.D., Ney, A.R.J., and Lo' Pez, O.P.,2000, "Natural Pigments: Carotenoids, Anthocyanins and Betalains – characteristics, biosynthesis, processing and stability", Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 40 (3): 173–289.
- Yaylayan, V. A. and Kaminsky, E., 1998, "Isolation and structural analysis of Maillard polymers: caramel and melanoidin formation in glycine/glucose model system", Food Chemistry, 63, 25–31.
- Zhang, M., Tang, C.J., Mujumdar, A.S. and Wang, S., 2006, "Trends in microwave – related drying of fruits and vegetables", Trends Food Sci Technol 17 (10): 524 – 34 .

6.1 İnternet Kaynakları

	Erişim Tarihi
1- http://tr.wikipedia.org/wiki/Ayva	08.12.2010
2- http://www.kimyaevi.org	08.12.2010
3- http://lokmanhekimm.wordpress.com/	11.12.2010
4- http://site.mynet.com/nurettindogan/	11.12.2010
5- http://www.tuik.gov.tr/	09.10.2010

7. EKLER

EK-1 Farklı kurutucu ortamlarda, farklı koşullarda kurutulmuş ön işlemsiz ayvaların rehidrasyonu sırasında rehidrasyon sıvısının briks değerleri

ETÜV								
	5 mm				10 mm			
Süre(saat)	45°C	55°C	65°C	75°C	45°C	55°C	65°C	75°C
0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1,15	1,3	1,35	1,35	1,15	1,2	1,25	1,25
4	1,3	1,35	1,35	1,4	1,2	1,35	1,3	1,3
6	1,3	1,4	1,35	1,4	1,4	1,45	1,4	1,4
8	1,35	1,45	1,35	1,4	1,65	1,55	1,55	1,6
10					1,65	1,65	1,65	1,7
12					1,65	1,65	1,7	1,75
VAKUMLU ETÜV								
Süre(saat)	0,02MPa 65°C	0,04MPa 65°C	0,06MPa 65°C	0,04MPa 45°C	0,04MPa 55°C	0,04MPa 75°C		
0	1	1	1	1	1	1		
2	1,1	1,1	1,1	1,15	1,15	1,1		
4	1,2	1,2	1,2	1,3	1,25	1,2		
6	1,4	1,4	1,35	1,4	1,35	1,3		
8	1,45	1,5	1,45	1,5	1,45	1,4		
10	1,45	1,55	1,6	1,6	1,55	1,5		
12				1,6	1,6	1,6		
MİKRODALGA								
Süre(saat)	100 W	180 W	300 W	450 W	600 W			
0	1	1	1	1	1			
2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,15			
4	1,3	1,3	1,25	1,3	1,4			
6	1,3	1,4	1,35	1,45	1,65			
8	1,35	1,45	1,5	1,6	1,8			

EK-2 Farklı kurutucu ortamlarda, farklı koşullarda askorbik asit ön işlemleri ile kurutulmuş ayvaların rehidrasyonu sırasında rehidrasyon sıvısının briks değerleri

ETÜV								
Süre(saat)	5 mm				10 mm			
	45°C	55°C	65°C	75°C	45°C	55°C	65°C	75°C
0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1,2	1,3	1,35	1,4	1,15	1,25	1,3	1,3
4	1,3	1,35	1,35	1,4	1,35	1,35	1,35	1,35
6	1,35	1,4	1,45	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4
8	1,35	1,4	1,45	1,5	1,5	1,5	1,5	1,45
10					1,5	1,6	1,6	1,6
12					1,5	1,6	1,65	1,7
VAKUMLU ETÜV								
Süre(saat)	0,02MPa	0,04MPa	0,06MPa	0,04MPa	0,04MPa	0,04MPa		
	65°C	65°C	65°C	45°C	55°C	75°C		
0	1	1	1	1	1	1		
2	1,15	1,15	1,15	1,15	1,2	1,15		
4	1,25	1,25	1,3	1,25	1,35	1,35		
6	1,4	1,4	1,45	1,35	1,45	1,45		
8	1,45	1,55	1,55	1,45	1,55	1,5		
10	1,45	1,65	1,65	1,55	1,65	1,6		
12				1,6	1,65	1,65		
MİKRODALGA								
Süre(saat)	100 W	180 W	300 W	450 W	600 W			
0	1	1	1	1	1			
2	1,15	1,15	1,15	1,25	1,15			
4	1,2	1,2	1,25	1,45	1,4			
6	1,35	1,25	1,35	1,65	1,65			
8	1,4	1,35	1,45	1,8	1,8			

EK-3 Farklı kurutucu ortamlarda, farklı koşullarda %5 Na₂S₂O₅+%2 EO ön işlemi ile kurutulmuş ayvaların rehidrasyonu sırasında rehidrasyon sıvısının briks değerleri

ETÜV								
Süre(saat)	5 mm				10 mm			
	45°C	55°C	65°C	75°C	45°C	55°C	65°C	75°C
0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1,25	1,35	1,4	1,15	1,3	1,35	1,35
4	1,25	1,35	1,35	1,45	1,2	1,35	1,35	1,35
6	1,3	1,4	1,4	1,5	1,3	1,45	1,45	1,45
8	1,3	1,4	1,4	1,5	1,35	1,6	1,6	1,55
10					1,45	1,65	1,65	1,7
12					1,45	1,65	1,7	1,75
VAKUMLU ETÜV								
Süre(saat)	0,02MPa	0,04MPa	0,06MPa	0,04MPa	0,04MPa	0,04MPa		
	65°C	65°C	65°C	45°C	55°C	75°C		
0	1	1	1	1	1	1		
2	1,05	1,1	1,15	1,15	1,15	1,15		
4	1,15	1,25	1,35	1,25	1,3	1,25		
6	1,4	1,4	1,55	1,35	1,4	1,35		
8	1,45	1,5	1,75	1,4	1,45	1,45		
10	1,45	1,6	1,8	1,5	1,55	1,55		
12				1,55	1,55	1,6		
MİKRODALGA								
Süre(saat)	100 W	180 W	300 W	450 W	600 W			
0	1	1	1	1	1			
2	1,15	1,15	1,15	1,2	1,2			
4	1,25	1,25	1,35	1,35	1,4			
6	1,35	1,4	1,45	1,55	1,6			
8	1,5	1,5	1,55	1,65	1,75			

EK-4 Farklı kurutucu ortamlarda, farklı koşullarda %5 Na₂S₂O₅ ön işlemleri ile kurutulmuş ayvaların rehidrasyonu sırasında rehidrasyon sıvısının briks değerleri

ETÜV								
Süre(saat)	5 mm				10 mm			
	45°C	55°C	65°C	75°C	45°C	55°C	65°C	75°C
0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1,05	1,3	1,35	1,4	1,15	1,25	1,3	1,3
4	1,3	1,4	1,4	1,45	1,25	1,35	1,35	1,35
6	1,3	1,5	1,5	1,55	1,35	1,45	1,45	1,45
8	1,3	1,5	1,5	1,55	1,45	1,55	1,55	1,6
10					1,45	1,7	1,7	1,7
12					1,45	1,75	1,75	1,75
VAKUMLU ETÜV								
Süre(saat)	0,02MPa 65°C	0,04MPa 65°C	0,06MPa 65°C	0,04MPa 45°C	0,04MPa 55°C	0,04MPa 75°C		
0	1	1	1	1	1	1		
2	1,2	1,2	1,2	1,25	1,15	1,1		
4	1,2	1,3	1,2	1,3	1,3	1,3		
6	1,4	1,35	1,4	1,4	1,4	1,45		
8	1,45	1,45	1,55	1,5	1,5	1,55		
10	1,45	1,45	1,65	1,6	1,55	1,65		
12				1,6	1,6	1,65		
MİKRODALGA								
Süre(saat)	100 W	180 W	300 W	450 W	600 W			
0	1	1	1	1	1			
2	1,2	1,2	1,2	1,25	1,25			
4	1,25	1,3	1,35	1,45	1,45			
6	1,3	1,4	1,5	1,55	1,65			
8	1,4	1,5	1,6	1,65	1,7			

EK-5 Farklı kurutucu ortamlarda, farklı koşullarda bal ön işlemleri ile kurutulmuş ayvaların rehidrasyonu sırasında rehidrasyon sıvısının briks değerleri

ETÜV								
Süre(saat)	5 mm				10 mm			
	45°C	55°C	65°C	75°C	45°C	55°C	65°C	75°C
0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1,45	1,6	1,65	1,7	1,4	1,4	1,45	1,45
4	1,75	1,7	1,75	1,75	1,55	1,5	1,5	1,5
6	1,8	1,8	1,9	1,85	1,65	1,7	1,7	1,7
8	1,8	1,85	1,9	1,85	1,85	1,8	1,8	1,85
10					1,95	1,95	1,95	1,95
12					1,95	2	2	2,1
VAKUMLU ETÜV								
Süre(saat)	0,02MPa	0,04MPa	0,06MPa	0,04MPa	0,04MPa	0,04MPa		
	65°C	65°C	65°C	45°C	55°C	75°C		
0	1	1	1	1	1	1		
2	1,6	1,3	1,55	1,25	1,35	1,25		
4	1,7	1,45	1,75	1,45	1,6	1,45		
6	1,75	1,65	1,9	1,6	1,8	1,65		
8	1,85	1,85	2	1,75	1,95	1,9		
10	1,85	2	2,05	1,85	2,05	2,05		
12				1,95	2,15	2,15		
MİKRODALGA								
Süre(saat)	100 W	180 W	300 W	450 W	600 W			
0	1	1	1	1	1			
2	1,4	1,4	1,4	1,35	1,35			
4	1,65	1,55	1,65	1,65	1,75			
6	1,75	1,75	1,85	1,85	2,05			
8	1,8	1,9	2	2,05	2,2			

EK-6 Farklı kurutucu ortamlarda, farklı koşullarda glüköz ön işlemleri kurutulmuş ayvaların rehidrasyonu sırasında rehidrasyon sıvısının briks değerleri

ETÜV								
	5 mm				10 mm			
Süre(saat)	45°C	55°C	65°C	75°C	45°C	55°C	65°C	75°C
0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1,5	1,4	1,45	1,2	1,25	1,35	1,4	1,4
4	1,6	1,6	1,6	1,8	1,5	1,55	1,55	1,55
6	1,75	1,65	1,65	1,8	1,65	1,75	1,75	1,75
8	1,75	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,95
10					1,9	2	2	2,05
12					1,9	2,05	2,05	2,1
VAKUMLU ETÜV								
Süre(saat)	0,02MPa 65°C	0,04MPa 65°C	0,06MPa 65°C	0,04MPa 45°C	0,04MPa 55°C	0,04MPa 75°C		
0	1	1	1	1	1	1		
2	1,45	1,45	1,4	1,15	1,2	1,25		
4	1,6	1,55	1,55	1,3	1,4	1,4		
6	1,65	1,75	1,75	1,5	1,55	1,6		
8	1,75	1,9	1,9	1,65	1,65	1,8		
10	1,8	1,95	1,95	1,75	1,75	1,95		
12				1,75	1,8	2		
MİKRODALGA								
Süre(saat)	100 W	180 W	300 W	450 W	600 W			
0	1	1	1	1	1			
2	1,35	1,35	1,35	1,35	1,4			
4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,65			
6	1,65	1,65	1,75	1,7	1,85			
8	1,75	1,8	1,85	1,9	1,95			

EK-7 Farklı kurutucu ortamlarda, farklı koşullarda sakaroz ön işlemleri ile kurutulmuş ayvaların rehidrasyonu sırasında rehidrasyon sıvısının briks değerleri

ETÜV								
Süre(saat)	5 mm				10 mm			
	45°C	55°C	65°C	75°C	45°C	55°C	65°C	75°C
0	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1,55	1,25	1,5	1,45	1,25	1,3	1,4	1,4
4	1,6	1,55	1,6	1,65	1,55	1,5	1,55	1,55
6	1,6	1,7	1,65	1,7	1,8	1,65	1,65	1,65
8	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8	1,85	1,85	1,85
10					1,85	1,95	1,95	1,95
12					1,85	2	2	2,05
VAKUMLU ETÜV								
Süre(saat)	0,02MPa 65°C	0,04MPa 65°C	0,06MPa 65°C	0,04MPa 45°C	0,04MPa 55°C	0,04MPa 75°C		
0	1	1	1	1	1	1		
2	1,4	1,45	1,35	1,25	1,15	1,25		
4	1,6	1,7	1,6	1,4	1,4	1,5		
6	1,7	1,8	1,8	1,55	1,65	1,6		
8	1,75	1,85	1,9	1,65	1,8	1,75		
10	1,75	1,85	1,95	1,8	1,9	1,9		
12				1,85	1,95	1,95		
MİKRODALGA								
Süre(saat)	100 W	180 W	300 W	450 W	600 W			
0	1	1	1	1	1			
2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,25			
4	1,5	1,5	1,55	1,65	1,55			
6	1,65	1,65	1,75	1,85	1,95			
8	1,65	1,75	1,95	2	2,1			

8. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Aslıhan Denge

Doğum Yeri : Kırıkkale

Doğum Tarihi : 15/01/1984

Medeni Hali :Bekar

Yabancı Dili :İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Kırıkkale Süleyman Demirel Lisesi (Y.D.A) (1998-2002)

Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (2003-2008)

Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (2008-2010)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

- Metin Helva ve Reçelleri Boztoprak Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.(Gıda Mühendisi), 2008
- Çakıcıoğlu Sucukları A.Ş. (Sorumlu Yönetici), 2008
- Yelken Endüstriyel Yemek Hizmetleri A.Ş.(Gıda Mühendisi), 2009
- Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü (Araştırma Görevlisi), 2010- Halen

Yayınları:

- Demirok, E., Damar, İ., Hastaoğlu, E., Ekim, M. Ö., Turhan, Ö., **Denge, A.**, Muhacir, N., Açıköz, G., 2008, “Avrupa Ülkelerinde Ticari Sofralık Zeytin ile Zeytinyağı Üretim Teknikleri Konusunda Eğitim-II-Sofralık Zeytin ve Zeytinyağı Kalitesi”, I Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi, 17-18 Mayıs 2008, Balıkesir, Türkiye
- Damar, İ., Demirok, E., Turhan, Ö., Ekim, M. Ö., Hastaoğlu, E., Açıköz, G., **Denge, A.**, Muhacir, N.,2008, “Avrupa Ülkelerinde Ticari Sofralık Zeytin ile Zeytinyağı Üretim Teknikleri Konusunda Eğitim-I-Zeytincilik Araştırma Sahası”, I Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi, 17-18 Mayıs 2008, Balıkesir, Türkiye