

**DOMATES KURUTMADA FARKLI  
YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**Fusun HASTÜRK ŞAHİN**  
**Doktora Tezi**  
**Tarım Makinaları Anabilim Dalı**  
**Danışman: Prof. Dr. Poyraz ÜLGER**

**2010**

**T.C.**  
**NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**DOMATES KURUTMADA**  
**FARKLI YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**FÜSUN HASTÜRK ŞAHİN**

**TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: PROF. DR. POYRAZ ÜLGER**

**TEKİRDAĞ-2010**

**Her hakkı saklıdır**

Prof. Dr. Poyraz ÜLGER danışmanlığında, Füsun HASTÜRK ŞAHİN tarafından hazırlanan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Tarım Makinaları Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Poyraz ÜLGER

*İmza :*

Üye : Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU

*İmza :*

Üye : Prof. Dr. Ahmet CİHAN

*İmza :*

Üye : Doç. Dr. İsmail KAVDIR

*İmza :*

Üye : Doç. Dr. Türkan AKTAŞ

*İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun ..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Adnan ORAK  
**Enstitü Müdür V.**

## ÖZET

Doktora Tezi

### DOMATES KURUTMADA FARKLI YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Fusun HASTÜRK ŞAHİN

Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Poyraz ÜLGER

Bu araştırmada domatese dört farklı kurutma yöntemi uygulanmıştır. Bu kurutma yöntemleri; güneşte kurutma, sıcak havalı kabin tipi kurutucuda kurutma, vakumlu kurutma ve dondurarak kurutmadır. Kurutma uygulamaları, hem önışlemsiz, hem de önışlemliler olarak gerçekleştirilmiştir. Tüm kurutma yöntemlerinde önışlem uygulaması olarak domatesler önce bütün halde %2 etil oleat + %4 potasyum karbonat karışımına daldırılmış, daha sonra dilimlenen domatesler iki gruba ayrılmış, bir grup %1 sitrik asit + %1 askorbik asit karışımına, diğer grup ise %2 sodyum metabisülfite çözeltisine daldırılmıştır. Güneşte kurutma uygulamaları sırasındaki en düşük ve en yüksek hava sıcaklığı, nem ve rüzgar hızı değerleri sırasıyla 28-34.8 °C, %32.20-40.50 ve 0.4-2.9 m/s olarak kaydedilmiştir. Sıcak havalı kurutucuda 65, 75 ve 85 °C sıcaklık ile 1.5 ve 2.5 m/s hava hızı uygulanmıştır. Vakumlu kurutma yöntemi ile domateslerin kurutulmasında 65 ve 75 °C sıcaklık ve 10 kPa vakum uygulaması yapılmıştır. Dondurarak kurutmada domatesler önce akışkan yataklı bir dondurucuda -40 °C’ de dondurulmuş, ardından vakumlu dondurarak kurutucuda 30 °C’ de kurutulmuşlardır. Hem kurutulmuş domateste, hem de taze domateste kaliteyi ve besin içeriklerini belirleyici çeşitli analizler yapılmıştır (renk ölçümü, toplam kuru madde içeriği, suda çözünen kuru madde içeriği, indirgen şeker, toplam şeker içeriği, pH, titrasyon asitliği değerleri, HMF içeriği, sodyum ve potasyum içeriği, askorbik asit, likopen değerleri, su aktivite değerleri). Sonuç olarak önışlem uygulamalarının kuruma sürelerini oldukça kısalttığı saptanmıştır. En yüksek parlaklık değeri dondurarak kurutulan domateste, en iyi kırmızılık değeri ise güneşte kurutulan domateste saptanmıştır. Sodyum metabisülfite uygulaması bu iki değeri önemli ölçüde yükseltmiştir. Kırmızılık açısından güneşte kurutulan domatese en yakın değerler 65 °C sıcaklık-1.5 m/s hava hızında kurutulan domateste görülmüştür. Dondurarak kurutma birçok kriter açısından en iyi sonuçları vermiştir. En yüksek askorbik asit, potasyum, likopen gibi besin değerleri bu yöntemle kurutulan domateste saptanmıştır. Bu yöntemle kurutulan domateslerde HMF bulunmazken, en yüksek HMF değeri 85 °C-2.5 m/s hava hızı

ile kurutulanlarda saptanmıştır. Genel olarak önişlem uygulanan domateste su aktivite değerleri daha düşük çıkmıştır. Sıcak havalı kurutmada sürenin uzaması ve kurutma sıcaklıklarının yükselmesi likopen miktarlarında azalmalara neden olmuştur. İncelenen matematiksel modeller arasında, önişlemsiz ve sitrik+askorbik asit uygulanmış domatesler için Midilli ve ark. modeli, sodyum metabisülfid uygulanmış domatesler için Logaritmik modeli kurumayı en iyi tanımlayan modeller olarak bulunmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Domates, önişlem, güneşte kurutma, sıcak havalı kurutma, vakumlu kurutma, dondurarak kurutma, kalite kriterleri.

**2010, 154 sayfa**

## ABSTRACT

Ph.D. Thesis

### COMPARISON OF DIFFERENT METHODS OF TOMATO DRYING

Fusun HASTURK SAHIN

Namık Kemal University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Poyraz ULGER

In this research, four drying methods were applied for tomato (*Lycopersicon esculentum*). These methods are sun drying, hot air drying using tunnel type dryer, vacuum drying and freeze drying. All drying applications were performed for either non-treated samples or pre-treated samples. As pre-treatments, uncut tomatoes were firstly dipped into the mixture of 2 % ethyl oleate+4 % potassium carbonate. Then these tomatoes were sliced. These sliced tomatoes were separated as two groups. One group was dipped into the mixture of 1 % citric acid + 1 % ascorbic acid, other group was dipped into the 2 % sodium metabisulphite solution. During the sun drying applications, minimum and maximum air temperature, humidity and air velocity values were determined as 28-34.8 °C, 32.20-40.50 % and 0.4-2.9 m/s, respectively. In the hot air tunnel dryer, three drying temperature values namely 65, 75, 85 °C and two air velocity values namely (1.5 and 2.5 m/s) were selected. In the vacuum drying method, two drying temperature values namely 65, 75 °C and 10 kPa vacuum pressure were applied. For freeze drying applications, firstly tomatoes were frozen using fluidized bed freezer at -40 °C and then dried using vacuum freeze dryer at 30 °C drying temperature. Analyses were made for fresh tomatoes and dried tomatoes to determine the quality and nutrition content (color measurement, total solid materials amount, total solid materials amount that can be solved in water, total reducing sugar content, total sugar content, pH degree, titration acid values, HMF content namely hydroxymethylfurfural content, sodium and potassium content, ascorbic acid amount, lycopene and water activity values). As a result, it was determined that pre-treatments highly decreased the drying time. Maximum brightness was found for freeze dried tomato, maximum redness was found for sun dried tomato. Application of sodium metabisulphite increased the both values namely brightness and redness. In respect of redness, the nearest value of sun dried tomato was found for hot air drying method that was performed at 65 °C drying temperature and 1.5 m/s air velocity. Freeze drying method gave generally the best results in respect of the most of analyses results.

The highest nutrition values such as ascorbic acid, potassium and lycopene values were found for freeze dried tomato. While HMF was not found in freeze dried tomato, maximum HMF value was found in hot air dried tomato at 85 °C drying temperature and 2.5 m/s air velocity. Lower water activity values were found generally for pre-treated tomato. Increasing of drying time and drying air temperature decreased the lycopene amounts. Among the mathematical models investigated, the best models were found to be Midilli et al. for tomatoes that was applied citric+ascorbic acid and nonpretreated tomatoes and Logarithmic model for tomatoes that was applied sodium metabisulphite.

**Key Words:** Tomato, pre-treatment, sun drying, hot air drying, vacuum drying, freeze drying, quality criteries

**2010, 154 pages**

## ÖNSÖZ

Kurutma; bir üründeki su miktarını azaltmak veya çok düşük düzeylere düşürmek amacı ile yapılan ve böylelikle olası mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmaların önlenmesini, bu yolla çeşitli tarımsal ürünlerin uzun sürelerle depolanmasını ve üretim mevsimi dışında da tüketilmesini sağlayan, çok eski çağlardan bu yana uygulanan bir işlemdir. Kurutma işlemi bu tür avantajlarının yanı sıra, kuru ürünlerin yüksek gelir getirmesi sebebiyle de giderek artan bir uygulama haline gelmiştir.

Sebze ve meyve gibi ürünlerin içerdikleri nemin uzaklaştırılması, yapılarından dolayı, ürün kalitesine en az zarar gelecek şekilde gerçekleştirilmelidir. Kurutma sırasında uygulanan yüksek sıcaklıklar ve doğru olarak seçilmeyen diğer şartlar ürününün hem görünüşünde, hem de besin içeriğinde olumsuz sonuçlar meydana getirebilmektedir.

Domates çevre koşullarında bırakıldığında çok kısa raf ömrüne sahip bir sebzedir ve çok çabuk bozulabilmektedir. Bu olumsuz yönlerin ortadan kaldırılması, domatesin uygun koşullarda ve doğru yöntemlerle, ürün yapısında, kalitesinde, renginde, besin değerlerinde en az kayıp meydana gelecek şekilde ve doğru önışlem uygulamaları seçilerek kurutulmasıyla sağlanabilmektedir.

TÜBİTAK-TOVAG tarafından, 107 O 317 numaralı “Domates (*Lycopersicon esculentum*) Kurutmada Farklı Kurutma Yöntemlerinin ve Önışlemlerin Ürün Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi” başlıklı proje ile desteklenen bu çalışmada, domatesin kurutulmasında farklı yöntemlerin ve önışlem uygulamalarının ürün kalitesine olan etkilerinin araştırılması amaçlanmış, kurutma işlemleri sonucu kuru domates ve karşılaştırma yapabilmek açısından taze domates için çeşitli analizler yapılarak uygulanan tüm yöntemlerin, beslenmemizde çok büyük yeri olan domates üzerine etkileri saptanmaya çalışılmıştır.

Beni bu konuya yönlendiren, çalışmalarım süresince değerli görüş ve katkılarıyla bana yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Poyraz ÜLGER’ e, istatistik analizlerin yapılması aşamasında yardımlarını esirgemeyen Üniversitemiz Rektör Yardımcısı ve Tarım Makinaları Bölüm Başkanı hocam Sayın Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU’ na, projenin oluşturulmasında, denemelerin yürütülmesinde, çalışmanın sonuçlanmasında her türlü katkı, yardım ve öğretilerinden dolayı Tarım Makinaları Bölümü Öğretim Üyesi hocam Sayın Doç. Dr. Türkan AKTAŞ’ a, çalışmalarımın başlangıcından itibaren, özellikle dondurarak kurutma aşamalarında, laboratuvar analizlerinin yürütülmesinde ve kalan tüm aşamalarda büyük katkı ve yardımlarını gördüğüm Teknik Bilimler MYO Gıda Teknolojisi Programı Öğretim Üyesi



hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Hülya ORAK' a, Tarım Makinaları Bölümündeki değerli hocalarıma ve arkadaşlarıma, verdikleri destek ve moralle her zaman yanımda olan aileme, çalışmalarım süresince pozitif yaklaşımıyla getirdiği çözümler sayesinde zorlukları aşmama yardımcı olan ve desteğini esirgemeyen sevgili eşim Zir. Müh. Ramazan ŞAHİN' e, çalışmanın yürütülmesinde her türlü desteği sağlayan TOVAG Yürütme Komitesi üyeleri ve çalışanlarına, likopen analizlerinin yapılmasını gerçekleştiren TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi çalışanlarına sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

ANO	ayrılabilir nem oranı
ANO <sub>exp,i</sub>	deneysel nem oranı
ANO <sub>pre,i</sub>	tahmin edilen nem oranı
ANO <sub>exp,ort</sub>	deneysel ortalama nem oranı
A <sub>w</sub>	su aktivitesi
a*	kırmızılık
a, k, n, c, k <sub>0</sub>	katsayılar
b, k <sub>1</sub> , g, h	katsayılar
b*	sarılık
B <sub>x</sub>	seyreltilmiş örnekte saptanmış brix derecesi
BHT	butil hidroksi toluen
C	reaktanın (askorbik asit) (t) süre sonundaki konsantrasyonu
C <sub>0</sub>	reaktanın (askorbik asit) başlangıç (sıfır zamanı) konsantrasyonu
C*	metrik renk kroması
CIE	Commission Internationale de L'eclairage
DBN	havanın denge bağıl nemi
DK	dondurarak kurutma
EF	model etkinliği
EPSA	%2 etil oleat, %4 potasyum karbonat, %1 askorbik asit, %1 sitrik asit
EPSM	%2 etil oleat, %4 potasyum karbonat, %2 sodyum metabisülfid
f	normalite
GK	güneşte kurutma
H	metrik renk tonu açısı
HMF	hidroksimetil furfural
k	birinci derece reaksiyon hızı sabiti (süre) <sup>-1</sup>
KOH	metanol
KM	kuru madde
L*	parlaklık
M	örnek ağırlığı (g)
M <sub>0</sub>	ürünün başlangıç nem miktarı (% kuru baz)
M <sub>t</sub>	t anındaki nem miktarı (% kuru baz)

$M_e$	ürün denge nemi (% kuru baz)
$n$	model sabiti sayısı
$N$	gözlem sayısı
$P$	ortalama bağıl yüzde hata
PE	petrol eter
$R^2$	regresyon katsayısı
RMSE	hata kareler ortalaması (Root Mean Square Error)
RSS	ortalamadan farkların kareler toplamı (Residual Sum of Squares)
SH	sıcak havalı kurutma
$t$	zaman (saat)
$T$	sıcaklık (°C)
UV	ultraviyole
$V$	hız (m/s)
$V_1$	örneğin seyreltiildiği hacim (ml)
$V_n$	harcanan 01 N NaOH miktarı (ml)
VK	vakumlu kurutma
y <sub>b</sub>	yaş baz
YI	yellowness index
$\chi^2$	khi kare
$\Delta a^*$	kırmızı renk sapması
$\Delta b^*$	sarı renk sapması
$\Delta C^*$	kroma sapması
$\Delta E^*$	toplam renk sapması
$\Delta H^*$	metrik renk tonu açısı sapması
$\Delta L^*$	renk parlaklığı sapması

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Tarım Ürünlerinde Kurutma ve Önemi.....	1
1.2. Kurutmada Meydana Gelen Başlıca Değişimler.....	5
1.2.1. Fiziksel değişimler.....	5
1.2.2. Kimyasal ve diğer değişimler.....	6
1.3. Domates ve Beslenmemizdeki Yeri.....	8
1.4. Dünyada ve Türkiye’ de Domates Üretimi.....	9
1.5. Kurutulmuş Domates ve Türkiye’ nin İhracatı.....	11
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ.....</b>	<b>13</b>
2.1. Sebze ve Meyvelerde Uygulanan Kurutma Yöntemleri.....	13
2.2. Sebze ve Meyvelerin Kurutulmasında Uygulanan Önlemler.....	21
2.3. Kurutma Sonunda Elde Edilen Ürünlerde Kalite Kriterleri.....	25
2.4. Domates Kurutma İşleminin Modellenmesi.....	29
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>33</b>
3.1. Materyal.....	33
3.1.1. Denemelerde kullanılan domates.....	33
3.1.2. Sıcak havalı kabin tipi kurutucu.....	33
3.1.3. Vakumlu kurutucu.....	34
3.1.4. Dondurarak kurutmada kullanılan cihazlar.....	35
3.1.5. Güneşte kurutma denemelerinde kullanılan düzenekler.....	36
3.1.6. Denemelerde kullanılan ölçüm aletleri.....	37
3.2. Yöntem.....	38
3.2.1. Ön denemelerin yapılması.....	38
3.2.2. Kurutma denemelerinden önce gerçekleştirilen önlemler.....	38
3.2.3. Renk özelliklerinin saptanması.....	41

3.2.4. Toplam kuru madde içeriklerinin saptanması.....	42
3.2.5. Suda çözünür kuru madde içeriklerinin (briks) saptanması.....	42
3.2.6. İndirgen şeker içeriklerinin saptanması.....	43
3.2.7. Toplam şeker içeriklerinin saptanması.....	43
3.2.8. pH değerlerinin saptanması.....	43
3.2.9. Titrasyon asitliğinin saptanması.....	44
3.2.10. Hidroksimetilfurfural (HMF) tayini.....	44
3.2.11. Sodyum ve potasyum içeriklerinin saptanması.....	45
3.2.11.1. Potasyum tayini.....	45
3.2.11.2. Sodyum tayini.....	45
3.2.12. Su aktivitesi değerlerinin saptanması.....	45
3.2.13. Askorbik asit içeriklerinin saptanması.....	46
3.2.14. Askorbik asit kayıp kinetiğinin saptanması.....	46
3.2.15. Likopen analiz yöntemleri.....	47
3.2.16. Domatesin sıcak hava ile kurutulmasında en uygun kuruma modelinin saptanması.....	49
3.2.17. İstatistik analizler.....	51
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>52</b>
4.1. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Domatesin Kuruması Üzerine Etkilerine İlişkin Sonuçlar.....	52
4.1.1. Domateslerin sıcak havalı kabin tipi kurutucuda kuruma sonuçları.....	52
4.1.2. Domateslerin vakumlu kurutucuda kurumasına ilişkin sonuçlar.....	62
4.1.3. Domateslerin dondurarak kurutucuda kurumasına ilişkin sonuçlar.....	64
4.1.4. Domateslerin güneşte kurumasına ilişkin sonuçlar.....	65
4.2. Kurutulmuş Domateslerde Kalite Kriterlerine İlişkin Sonuçlar.....	68
4.2.1. Kurutulmuş domateslerde renk değişim sonuçları.....	68
4.2.2. Kurutulmuş domateslerde kuru madde miktarlarındaki değişim sonuçları.....	81
4.2.3. Kurutulmuş domateslerde suda çözünür kuru madde miktarlarına ilişkin sonuçlar.....	85
4.2.4. Kurutulmuş domateslerde indirgen şeker içeriklerine ilişkin sonuçlar.....	90
4.2.5. Kurutulmuş domateslerde toplam şeker içeriklerine ilişkin sonuçlar.....	94

4.2.6. Kurutulmuş domateslerde pH ve titrasyon asitliği değişimlerine ilişkin sonuçlar.....	99
4.2.7. Kurutulmuş domateslerde hidroksimetilfurfural (HMF) içeriklerine ilişkin sonuçlar.....	104
4.2.8. Kurutulmuş domateslerde sodyum ve potasyum değerlerine ilişkin sonuçlar.....	108
4.2.9. Kurutulmuş domateslerde su aktivite değerlerine ilişkin sonuçlar.....	112
4.2.10. Kurutulmuş domateslerde askorbik asit değerlerine ilişkin sonuçlar.....	116
4.2.11. Kurutulmuş domateslerde askorbik asit kayıp kinetiğine ilişkin sonuçlar.....	121
4.2.12. Kurutulmuş domateslerde likopen değerlerine ilişkin sonuçlar.....	124
4.2.13. Domatesin sıcak hava ile kurutulmasının modellenmesine ilişkin sonuçlar.....	128
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>139</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>146</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>154</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1	Sıcak havalı kurutucunun şematik şekli.....	34
Şekil 3.2	Sıcak havalı kurutucu ve parçaları.....	34
Şekil 3.3	Vakumlu kurutucu ve vakum pompası.....	35
Şekil 3.4	Akışkan yataklı dondurucu.....	35
Şekil 3.5	Dondurarak kurutucu.....	36
Şekil 3.6	Güneşte kurutma denemelerinde kullanılan masalar.....	36
Şekil 3.7	Denemelerde kullanılan terazi ve anemometre.....	37
Şekil 3.8	Denemelerde kullanılan sıcaklık-nem ölçer ve nem tayin cihazı.....	37
Şekil 3.9	Su aktivitesi ölçüm seti ve ölçüm aşamaları.....	37
Şekil 3.10	Domateslere bütün haldeyken ve dilimlenmiş haldeyken uygulanan ön işlemler.....	39
Şekil 3.11	Domateslerin muhafaza edildiği buzdolabı.....	39
Şekil 3.12	Domates dilimlerinin -40°C’ de dondurulması.....	40
Şekil 3.13	Renk ölçümlerinde kullanılan cihaz ve ölçüm işlemi.....	42
Şekil 3.14	Laboratuar analizlerine yönelik bazı görüntüler.....	47
Şekil 4.1	Sıcak havalı kurutucuda 65 °C’ de 1.5 m/s hava hızında yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi.....	53
Şekil 4.2	Sıcak havalı kurutucuda 75 °C’ de 1.5 m/s hava hızında yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi.....	54
Şekil 4.3	Sıcak havalı kurutucuda 85 °C’ de 1.5 m/s hava hızında yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi.....	54
Şekil 4.4	Sıcak havalı kurutucuda 65 °C’ de 2.5 m/s hava hızında yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi.....	55
Şekil 4.5	Sıcak havalı kurutucuda 75 °C’ de 2.5 m/s hava hızında yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi.....	55
Şekil 4.6	Sıcak havalı kurutucuda 85 °C’ de 2.5 m/s hava hızında yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi.....	56
Şekil 4.7	1.5 m/s hava hızında ön işlemsiz olarak kurutulmuş domates örneklerinin hava sıcaklığına bağlı olarak gösterdiği nem değişimi...	58
Şekil 4.8	1.5 m/s hava hızında EPSA uygulamasıyla kurutulmuş domates örneklerinin hava sıcaklığına bağlı olarak gösterdiği nem değişimi...	59

Şekil 4.9	1.5 m/s hava hızında EPSM uygulamasıyla kurutulmuş domates örneklerinin hava sıcaklığına bağlı olarak gösterdiği nem değişimi...	59
Şekil 4.10	2.5 m/s hava hızında önişlemsiz olarak kurutulmuş domates örneklerinin hava sıcaklığına bağlı olarak gösterdiği nem değişimi...	60
Şekil 4.11	2.5 m/s hava hızında EPSA uygulamasıyla kurutulmuş domates örneklerinin hava sıcaklığına bağlı olarak gösterdiği nem değişimi...	60
Şekil 4.12	2.5 m/s hava hızında EPSM uygulamasıyla kurutulmuş domates örneklerinin hava sıcaklığına bağlı olarak gösterdiği nem değişimi...	61
Şekil 4.13	Vakumlu kurutucuda 65 °C' de yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi.....	63
Şekil 4.14	Vakumlu kurutucuda 75 °C' de yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi.....	64
Şekil 4.15	Dondurarak kurutmada yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi.....	65
Şekil 4.16	Güneşte kurutma ile yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi.....	67
Şekil 4.17	Sıcak havalı kurutucuda 65 °C-1,5 m/s şartlarında kurutulan domateslerin görünümü.....	77
Şekil 4.18	Sıcak havalı kurutucuda 65 °C-2,5 m/s şartlarında kurutulan domateslerin görünümü.....	77
Şekil 4.19	Sıcak havalı kurutucuda 75 °C-1,5 m/s şartlarında kurutulan domateslerin görünümü.....	77
Şekil 4.20	Sıcak havalı kurutucuda 75 °C-2,5 m/s şartlarında kurutulan domateslerin görünümü.....	78
Şekil 4.21	Sıcak havalı kurutucuda 85 °C-1,5 m/s şartlarında kurutulan domateslerin görünümü.....	78
Şekil 4.22	Sıcak havalı kurutucuda 85 °C-2,5 m/s şartlarında kurutulan domateslerin görünümü.....	78
Şekil 4.23	Vakumlu kurutucuda 65 °C sıcaklıkta kurutulan domateslerin görünümü.....	79
Şekil 4.24	Vakumlu kurutucuda 75 °C sıcaklıkta kurutulan domateslerin görünümü.....	79
Şekil 4.25	Dondurarak kurutulan domateslerin görünümü.....	79



Şekil 4.26	Güneşte kurutulan domateslerin görünümü.....	80
Şekil 4.27	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin L* (parlaklık) değerleri....	80
Şekil 4.28	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin a* (kırmızılık) değerleri....	81
Şekil 4.29	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin b* (sarılık) değerleri.....	81
Şekil 4.30	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin kuru madde miktarları.....	84
Şekil 4.31	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin suda çözünür kuru madde miktarları (g/100 g domates).....	89
Şekil 4.32	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin suda çözünür kuru madde miktarları (g/100 g KM).....	89
Şekil 4.33	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin indirgen şeker miktarları (g/100 g domates).....	93
Şekil 4.34	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin indirgen şeker miktarları (g/100 g kuru madde).....	94
Şekil 4.35	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin toplam şeker miktarları (g/100 g domates).....	98
Şekil 4.36	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin toplam şeker miktarları (g/100 g kuru madde).....	98
Şekil 4.37	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin pH değerleri.....	103
Şekil 4.38	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin titrasyon asitliği değerleri..	103
Şekil 4.39	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin HMF miktarları.....	107
Şekil 4.40	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin sodyum miktarları.....	112
Şekil 4.41	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin potasyum miktarları.....	112
Şekil 4.42	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin su aktivite değerleri.....	116
Şekil 4.43	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin askorbik asit miktarları (g/100 g domates).....	120
Şekil 4.44	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin askorbik asit miktarları (g/100 g kuru madde).....	120
Şekil 4.45	Farklı koşullarda kurutulan domateslerin likopen miktarları.....	128

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1	Domates üretimi yapan başlıca ülkelerde yıllara göre üretim miktarı (ton) .....	10
Çizelge 1.2	Türkiye' de yıllara göre domates üretim miktarları.....	10
Çizelge 1.3	Yıllara göre kurutulmuş sebze ihracatı.....	12
Çizelge 2.1	Bazı gıdalarda yaklaşık likopen içerikleri (mg/100 g yaş ağırlık).....	25
Çizelge 3.1	Kurutma eğrilerine uygulanan matematiksel modeller.....	50
Çizelge 4.1	Kurutma uygulamaları sonucunda L* değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları .....	68
Çizelge 4.2	Kurutma uygulamaları sonucunda a* değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	68
Çizelge 4.3	Kurutma uygulamaları sonucunda b* değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları .....	69
Çizelge 4.4	Kurutma yöntemlerine göre L* değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları .....	69
Çizelge 4.5	Kurutma yöntemlerine göre a* değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	69
Çizelge 4.6	Kurutma yöntemlerine göre b* değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları .....	70
Çizelge 4.7	Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde L* değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	70
Çizelge 4.8	Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde a* değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	70
Çizelge 4.9	Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde b* değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	70
Çizelge 4.10	Kurutulmuş domateslerde L*, a* ve b* değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları.....	71
Çizelge 4.11	Örneklerde bazı önemli renk parametreleri .....	74
Çizelge 4.12	Kurutma denemeleri sonrasında ürün renk kalitesinde meydana gelen değişimler.....	75
Çizelge 4.13	Kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin kuru madde miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	82

Çizelge 4.14	Kurutma yöntemlerine göre kuru madde miktarı ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları.....	82
Çizelge 4.15	Kurutulmuş domateslerde kuru madde miktarlarına ilişkin LSD testi sonuçları.....	83
Çizelge 4.16	Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g domateste bulunan suda çözümlü kuru madde miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	85
Çizelge 4.17	Kurutma uygulamaları sonucunda % çözümlü kuru madde miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	85
Çizelge 4.18	Kurutma yöntemlerine göre suda çözümlü kuru madde miktarı ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları.....	86
Çizelge 4.19	Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde suda çözümlü kuru madde miktarı ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	86
Çizelge 4.20	Kurutulmuş domateslerde suda çözümlü kuru madde miktarlarına ilişkin LSD testi sonuçları.....	87
Çizelge 4.21	Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g domateste bulunan indirgen şeker miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	90
Çizelge 4.22	Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g kuru maddede bulunan indirgen şeker miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	90
Çizelge 4.23	Kurutma yöntemlerine göre indirgen şeker miktarlarının ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	91
Çizelge 4.24	Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde indirgen şeker miktarı ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	91
Çizelge 4.25	Kurutulmuş domateslerde indirgen şeker miktarlarına ilişkin LSD testi sonuçları.....	92
Çizelge 4.26	Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g domateste bulunan toplam şeker miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	94
Çizelge 4.27	Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g kuru maddede bulunan toplam şeker miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları.....	95
Çizelge 4.28	Kurutma yöntemlerine göre toplam şeker miktarı ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları.....	95
Çizelge 4.29	Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde toplam şeker miktarı ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	95

Çizelge 4.30	Kurutulmuş domateslerde toplam şeker miktarlarına ilişkin LSD testi sonuçları.....	96
Çizelge 4.31	Kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin pH değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	99
Çizelge 4.32	Kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	99
Çizelge 4.33	Kurutma yöntemlerine göre pH ve titrasyon asitliği ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları.....	100
Çizelge 4.34	Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde pH ve titrasyon asitliği değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	100
Çizelge 4.35	Kurutulmuş domateslerde pH ve titrasyon değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları.....	101
Çizelge 4.36	Kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin HMF değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	104
Çizelge 4.37	Kurutma yöntemlerine göre HMF değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	105
Çizelge 4.38	Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde HMF değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	105
Çizelge 4.39	Kurutulmuş domateslerde HMF değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları.....	106
Çizelge 4.40	Kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin sodyum değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	108
Çizelge 4.41	Kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin potasyum değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	108
Çizelge 4.42	Kurutma yöntemlerine göre sodyum ve potasyum değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	109
Çizelge 4.43	Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde sodyum ve potasyum değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	109
Çizelge 4.44	Kurutulmuş domateslerde sodyum ve potasyum değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları.....	110
Çizelge 4.45	Kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin su aktivite değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	113

Çizelge 4.46	Kurutma yöntemlerine göre su aktivitesi ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları.....	113
Çizelge 4.47	Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde su aktivitesi değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	113
Çizelge 4.48	Kurutulmuş domateslerde su aktivite değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları.....	114
Çizelge 4.49	Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g domatestede bulunan askorbik asit değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	116
Çizelge 4.50	Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g kuru maddede bulunan askorbik asit değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	117
Çizelge 4.51	Kurutma yöntemlerine göre askorbik asit değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	117
Çizelge 4.52	Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde askorbik asit değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	117
Çizelge 4.53	Kurutulmuş domateslerde askorbik asit değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları .....	118
Çizelge 4.54	Sıcak havalı kurutmada 65 °C sıcaklıkta yapılan önişlemsiz uygulamada askorbik asit parçalanmasına yönelik sonuçlar.....	121
Çizelge 4.55	Sıcak havalı kurutmada 75 °C sıcaklıkta yapılan önişlemsiz uygulamada askorbik asit parçalanmasına yönelik sonuçlar.....	121
Çizelge 4.56	Sıcak havalı kurutmada 85 °C sıcaklıkta yapılan önişlemsiz uygulamada askorbik asit parçalanmasına yönelik sonuçlar.....	122
Çizelge 4.57	Vakumlu kurutucuda 65 °C sıcaklıkta yapılan önişlemsiz uygulamada askorbik asit parçalanmasına yönelik sonuçlar.....	122
Çizelge 4.58	Vakumlu kurutucuda 75°C sıcaklıkta yapılan önişlemsiz uygulamada askorbik asit parçalanmasına yönelik sonuçlar.....	122
Çizelge 4.59	Dondurarak kurutmada yapılan önişlemsiz uygulamada askorbik asit parçalanmasına yönelik sonuçlar.....	123
Çizelge 4.60	Güneşte yapılan önişlemsiz kurutma uygulamasında askorbik asit parçalanmasına yönelik sonuçlar.....	123
Çizelge 4.61	Kurutma uygulamaları sonucunda likopen değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	124

Çizelge 4.62	Kurutma yöntemlerine göre likopen miktarı ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları.....	125
Çizelge 4.63	Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde likopen değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları.....	125
Çizelge 4.64	Kurutulmuş domateslerde likopen değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları.....	126
Çizelge 4.65	Farklı çalışma koşullarında Newton modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler.....	129
Çizelge 4.66	Farklı çalışma koşullarında Page modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler.....	129
Çizelge 4.67	Farklı çalışma koşullarında Geliştirilmiş Page modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler.....	130
Çizelge 4.68	Farklı çalışma koşullarında Henderson ve Pabis modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler.....	130
Çizelge 4.69	Farklı çalışma koşullarında Logaritmik modelde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler.....	131
Çizelge 4.70	Farklı çalışma koşullarında Two Term modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler.....	131
Çizelge 4.71	Farklı çalışma koşullarında Wang ve Singh modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler.....	132
Çizelge 4.72	Farklı çalışma koşullarında Geliştirilmiş Henderson ve Pabis modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler.....	133
Çizelge 4.73	Farklı çalışma koşullarında Midilli ve ark. modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler.....	134
Çizelge 4.74	Farklı çalışma koşullarında Verma ve ark. modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler.....	134
Çizelge 4.75	Sıcaklık ve hava hızının birlikte dikkate alınmasıyla saptanan tahmini model parametreleri ve karşılaştırma kriterleri.....	136

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Tarım Ürünlerinde Kurutma ve Önemi

Kurutma veya dehidrasyon gıda ürünlerinin korunmasının en etkili yöntemlerindedir. Ürün çeşidine bağlı olarak kurutmadan sonraki nem içeriği yaş baza göre %1-15 arasında olmaktadır. Kurutma ile olası mikrobiyolojik ve kimyasal bozulmalarla, istenmeyen kalite kayıpları önlenmektedir (Gunasekaran 1999). Kurutmanın tarihine bakıldığında bu işlemin ilk kez 18. Yüzyılda başladığı, kurutulan gıdanın da sebze olduğu görülmektedir. Daha sonra kurutmacılığın savaşlarla birlikte büyük gelişme gösterdiği bildirilmektedir. Örneğin, 1854-1856 tarihleri arasında yapılan Crimea savaşında süvarilerin, ülkelerinden gönderilen kurutulmuş sebzeler ile beslenme gereksinimlerini karşıladıkları, I. Dünya Savaşında ise yaklaşık 4500 ton kurutulmuş sebzenin ABD' den savaş alanlarına gemilerle gönderildiği bildirilmektedir. ABD' de meyve kurutmacılığının 1800' lü yılların sonu ve 1900' lü yılların başında çok önemli bir sıçrama göstermiş olduğu bilinmekte ve daha sonra doğal güneş kurutmacılığının yerini giderek yapay kurutma sistemlerinin aldığı görülmektedir. II. Dünya Savaşından önceki dönemlerde valsli ve püskürtmeli kurutucular kullanılmış ve bu sistemlerde en çok kurutulan ürünler süt ve yumurta olmuştur. Kurutmacılığın tanınması ve yaygınlaşmasında askeri amaçlı kullanımın büyük rolü olmuştur (Saldamlı ve Saldamlı 2004).

Gerçekten bu işlem doğada çoğu zaman kendi kendine gerçekleşmekte ve örneğin, çeşitli tahıllar ve baklagiller tarlada kendi halinde kuruyarak dayanıklı hale gelebilmektedir. Güneş altında açık havada yapılan kurutma, tarımsal ürünlerin nem içeriklerini azaltmada ve depolama periyodu içerisinde meydana gelebilecek bozulmaların önüne geçmede kullanılan ve en iyi bilinen yöntemdir. Fakat, ürünlerin yağmurdan, rüzgardan, toz-topraktan, böceklerden, kemirgenlerden ve diğer hayvanlardan korunamayışı, kalitelerini ciddi ölçülerde azaltmakta ve ürünleri tüketilemez hale getirmektedir. Kurutulmuş ürünlerde meydana gelen kalite kayıpları da uluslar arası pazarda önemli ekonomik yan etkiler yaratmaktadır (Yaldız ve ark. 2001, Lahsasni ve ark. 2004a, Sacilik ve ark. 2006). Doğada kuruma güneş ısıyla gerçekleşmekte olduğundan, kurumanın her yerde ve her zaman bu yolla sağlanması olanaksızdır (Cemeroğlu ve ark. 2003). Bu şekilde her ürünün güneşte kurutulma olanağı olmadığı gibi, her yöre, güneşte kurutmaya uygun iklim koşullarına da sahip değildir.

Kurutma yöntemleri arasında en ekonomik yöntem olmasına rağmen bahsedilen olumsuz yönleri sebebiyle güneşte kurutmanın yanında, birçok ürünün diğer yöntemlerle kurutulma yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler içinde, meyve ve sebzelerin kurutulmalarında en çok kullanılan yöntemlerden biri sıcak havalı kurutmadır. Bu yöntem ile

kurutmada, besin bileşenlerinde ve aromatik bileşenlerde meydana gelen kayıpların yanı sıra, fiziksel olarak da sertleşme, büzüşme, renk değişimi gibi değişimler meydana gelebilmektedir. Sıcak havalı kurutmada meyve ve sebzelerin kurutulmaları sırasında hava akımının en yaygın olarak uygulandığı kurutucular tünel ve kabin tipi kurutuculardır. Yapımlarının kolaylığı ve maliyetlerinin azlığı nedeniyle bu tip kurutucular tercih nedeni olmaktadır. Bu tip kurutucularda uygulanan yüksek sıcaklıklı kurutma yönteminde havanın ısıtılması, indirekt ısıtıcı ünitelerle sağlanır. Kurutma sırasında, sıcak hava kurutulacak ürünle direkt olarak temas halindedir. Kurutulma işlemi sonunda ürünün üzerine doğal koşullardaki serin hava verilerek, ürün depolanmadan önce soğutulur. Bu soğutma işleminin bir zaman süreci içerisinde yapılması gerekir. Aksi halde hızlı bir soğutma, özellikle taneli bitkilerde tane çatlamasına neden olabilir (Ülger 1986).

Yaygın olarak uygulanan temel kurutma yöntemleri aşağıda belirtilen şekilde özetlenebilmektedir (Yağcıoğlu 1999);

*Kontakt kurutma:* Kurutma için gerekli ısı enerjisi, kurutulacak materyale, ısıtılmış yüzeylerden kondüksiyon yoluyla iletilir. Kurutulan ürüne iletilen ısı, sıcak yüzeye değen yaş materyalin ısıl kondüktivitesine ve sıcak yüzeyin ısı iletim katsayısına bağlıdır.

*Konvektif kurutma:* Isı, kurutucu ortamdan yaş materyale konveksiyon yoluyla iletilir. Sıcak hava, kurutulan ürün tabakasının ya üzerinden ya da içinden geçirilir. Bu yöntemin ısıl etkinliği kontakt kurutmaya göre daha düşüktür. Konveksiyonla kurutma işleminde, kurumayı etkileyen faktörlerden birisi kurutma havasının hızıdır. Buharlaştan nem, ürün etrafında suya doymuş ince bir sınır tabaka oluşturur. Söz konusu doymuş tabakanın kısmi buhar basınç değeri yüksek olduğundan, bu durum kurumayı engelleyici bir etki yaratır. Havanın hızı, üründen buharlaştan nemin ortamdaki uzaklaşma hızını belirlediğinden önemlidir. Hava hızının kuruma üzerine etkisi, belli bir hava hızı değerine kadar görülmektedir. Bu değerden sonra kuruma üzerine ek bir etki yapmamaktadır. Ayrıca hava hızı sabit hızla kuruma evresinde, başka bir söyleyişle kurutmanın ilk aşamalarında daha etkilidir. Azalan hızla kuruma evresinde kuruma hızı, nemin materyalin içinden yüzeye difüzyonla taşınma hızıyla sınırlandırıldığından, bu aşamalarda hava hızının etkisi, sıcaklığa göre daha düşüktür (Yağcıoğlu 1999).

*Işınım ile kurutma:* Kurutma için gerekli ısı enerjisi yaş materyale, elektromanyetik tayfın kırmızı ötesi bölgesinde yer alan ışınlarla iletilir. Bu ışınlar, içinden geçtikleri ortamı ısıtmaz, kendilerini absorbe eden cisimleri ısıtırlar.



*Dielektrik kurutma:* Kurutma için gerekli ısı enerjisi, yüksek frekanslı elektromanyetik alanda, radyo dalgaları bölgesinde ve mikrodalga ortamda olmak üzere yaş materyalin içinde oluşturulur.

*Vakumlu kurutma:* Vakumlu kurutma yapan kurutucular yüksek sıcaklık şartlarından olumsuz olarak etkilenecek yapısı bozulan ürünlerin, daha düşük sıcaklıklarda hızla kurumasını sağlamak amacıyla geliştirilmişlerdir. Katı ürünlerin kurutulmasında da kullanılmakla birlikte, özellikle sıvı veya püre formundaki ürünlerin kurutulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kurutucularda kurutma vakum ortamında gerçekleşir. Vakum hücresinin içindeki hava bir vakum pompası veya buhar enjektörü yardımıyla emilerek  $2.5 \times 10^{-3} - 7 \times 10^{-3}$  bar basınca sahip bir vakum ortamı yaratılır. Ortam sıcaklığı 35-60 °C kadardır. Ürün konveksiyon, kondüksiyon veya radyasyon yollarından biri veya birkaçı yardımıyla ısıtılarak nemin buharlaşması sağlanır. Buharlaşan nem, vakum pompalı tiplerde bir yoğuşturucuda sıvı hale dönüştürüldükten sonra vakum hücresi dışına çıkarılır. Buhar enjektörlü vakum kurutucularda ise yoğuşturucuya gerek yoktur. Vakum hücresinin içinde çok az miktarda hava bulunması, kolayca okside olabilen ürünlerin kurutulmaları sırasında ortaya çıkan oksidasyon tehlikesini de ortadan kaldırmaktadır. Bu tip kurutucular, ayrıca yüksek sıcaklıkta hızlı kuruma nedeniyle yüzeyi çabuk kuruyarak sertleşen ve bu nedenle iç katmanlardan yüzeye nem difüzyonu engellendiği için ortası nemli kalan ürünlerin kurutulmasına da uygundur. Vakum ortamında uygulanan sıcaklık düşük olacağından, yüzeyde sert bir kabuk oluşmayacak ve nem difüzyonu, ürünün tüm bünyesi kuruyana kadar engellenmeden devam edecektir.

*Donmalı kurutma:* Bu yöntemde donmuş suyun süblimasyonundan yararlanılır. Kurutulacak yaş materyal önce hızla -25, -30 °C değerlerine kadar soğutulmuş dondurulur. Daha sonra, üründeki donmuş suyun serbest buhar basıncına göre biraz daha düşük değerlerdeki vakum ortamında, gerekli süblimasyon ısı vererek, donmuş suyun, sıvı fazı atlayarak doğrudan buhar fazına geçmesi sağlanır. Yüksek kaliteli kurutulmuş ürün elde edilebilen modern bir kurutma yöntemidir. Dondurarak kurutma, gıdaların ve ısıya duyarlı biyomateryallerin kurutulmasında kullanılan en iyi yöntemlerden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu yöntem üründeki tüm suyun süblimasyon (katıdan buharlaşma) yoluyla uzaklaştırılması sırasındaki düşük sıcaklıklı kurutma ilkesine dayanmaktadır. Dondurarak kurutulmuş ürünler genellikle daha fazla gözenekli, daha iyi rehidrasyon özelliği olan, hava ve vakumlu kurutma ile elde edilen ürünlerle karşılaştırıldığında tat ve renk değişimi ile biyolojik aktivitenin minimum düzeyde olduğu ürünlerdir (Sablani ve ark. 2007). Dondurarak kurutmada kurutma kalitesi diğer yöntemlerle ulaşılan düzeylere göre daha iyidir.

Ürünün ilk şekli bozulmaz, yeniden su alması istendiğinde kolayca nemlenir. Fakat diğer kurutma yöntemlerine göre daha fazla yatırım ve işletme masrafı gerektirir, kurumuş ürün çok kırılgan ve hassastır.

*Osmotik kurutma:* Yarı geçirgen zarla kaplı olan bitki hücresi duvarının iç kısmı ile dış çevre arasında, osmotik basınç farkı yaratılarak materyalin nemi azaltılmaya çalışılır. Kurutulacak materyal osmotik basıncı yüksek bir eriyiğin içine bandırılarak nemin azalması sağlanır. Ürünün içine bandırılacağı osmoaktif ortam, çeşitli sıcaklık ve konsantrasyonlarda olmak üzere genellikle, meyveler için şeker, sebzeler için tuz (NaCl) eriyiklerinden hazırlanır.

Kurutma yoluyla ürünlerin dayanıklılığının arttırılmasının amacı, mikrobiyolojik ya da enzimik aktivitenin durdurulması ya da sınırlandırılmasıdır. Diğer bir deyimle, ürünün bozulma olgusunu önlemekle beraber, onun renk, aroma ve fiziksel yapısına ait duyu niteliklerin korunması amaçlanmaktadır (Güzel ve ark. 1996). Tarım ürünlerinin belirgin özelliği yılın belirli dönemlerinde ürün vermeleridir. Bu dönemlerde yoğun olarak elde edilen ürünlerin genelde çok az bir bölümü kısa bir süre içinde taze olarak tüketilebilir. Bu nedenle ürünlerin önemli bir bölümünü tüketilinceye kadar geçecek süre içinde depolamak gerekmektedir. Tarım ürünleri, hasattan sonra da canlılıklarını devam ettirdiklerinden, gerek bu sırada gereksinim duydukları enerjiyi kendi besin maddelerini tüketerek sağladıkları için ve gerekse doğadan üzerlerine bulaşmış bulunan asalak canlıların faaliyetleri sonucunda yararlanılabilir niteliklerini kaybederek bozulurlar. Bu nedenle depolama sırasında ürünlerde meydana gelebilecek nitelik kayıplarını en aza indirecek yöntemlerin geliştirilmesi insanların en önemli uğraşlarından biri olmuş ve bu amaçla birçok yöntem geliştirilmiştir.

Ürünlerin dayanma sürelerini arttırmak için bünyelerindeki nemin azaltılması, depolama süresini uzatmak amacıyla uygulanan bilinen en eski yöntemlerden birisidir. Tarım ürünlerinin çeşitliliği ve her birinin kendine özgü özelliklerinin olması, hepsi için geçerli bir kurutma tekniğinin geliştirilmesini olanaksız kılmaktadır. Ürünün sahip olduğu niteliklerden en az kayıpla saklanmasını sağlayacak başarılı bir kurutma uygulamasının yapılabilmesi için ürüne bağlı özelliklerin yanı sıra kurutma ile ilgili teorik ve pratik bilgilerin de iyi bilinmesi gerekmektedir (Demir ve Günhan 2002).

Tarımsal ürünlerin hasadından sonra basit yöntemler ile mümkün olabildiğince hızlı bir şekilde ürünlerden nemin uzaklaştırılması ve güvenilir depolama için gerek duyulan son nem içeriğine kadar kurutulması gerekmektedir. Tahıl ürünlerinin hasattaki yaklaşık %30' luk ilk nem içeriğinden %12' lik son nem içeriğine kadar kurutulmaları gerekirken, sebze ve meyvelerin ise %60-80' lik son nem içeriğinden %10-25' lik son nem içeriğine kadar kurutulmaları gerekmektedir. Ürünlerin kurutulması için gerekli olan hava sıcaklığı, o ürünün

çeşitli özelliklerine bağlı olarak çok farklı değerler almaktadır. Bu değerlerin, belirlenen değerlerden fazla olması ürüne zarar verirken, düşük olması kurutma işleminin süresini arttırmaktadır (Ertekin 2002).

## **1.2. Kurutmada Meydana Gelen Başlıca Değişimler**

Kurutmanın, kuru maddede artış, kullanıma hazır halde bulunma, dayanma süresinde artış, kitle yoğunluğunda olumlu değişiklik gibi avantajlarının yanında, kurutma koşulları ve sistemlerinin yanlış seçilmesi ve uygulanması durumunda bazı olumsuz yönleri de ortaya çıkabilmektedir (Cemeroğlu ve ark. 2003). Bu olumsuz yönler; ürünlerdeki fiziksel değişimler, kimyasal değişimler ve diğer değişimler olarak gruplandırılabilir.

### **1.2.1. Fiziksel değişimler**

*Yöresel kuru madde birikimi:* Bu değişim doğrudan doğruya kuru madde hareketine bağlıdır. Suyun dokudaki gözenekler içindeki hareketi, doğrudan bir sıvı hareketi şeklinde, su buharı şeklinde veya bireysel serbest su molekülleri şeklinde olmak üzere farklı tiplerde olabilmektedir. Eğer suyun hareketi kurumanın başlangıç aşamalarında olduğu gibi bir sıvı hareketi şeklindeyse, su içerisinde çözünmüş maddeler de beraberinde taşınır. Böylece alt tabakalardaki kuru madde su ile yüzeye kadar taşınır ve su uzaklaşıp gidince, yüzeyde bir kuru madde yığılımı görülür. Ancak bu yolla yüzeyde kuru madde konsantrasyonu artınca, iç kısımlarda düşmüş konsantrasyonu dengelemek amacıyla bu defa yüzeyden içeriye doğru bir kuru madde akımı belirir. Bu da, suyun yüzeye sıvı hareketi şeklinde ulaştığı dönemde gerçekleşebilir. Kurutmada uygulanan koşullara göre, kuru maddenin tanımlanan bu hareketlerinden biri egemen olabilir ve bunun sonucu olarak yüzeyde veya merkezde aşırı bir kuru madde birikimi belirebilir (Cemeroğlu ve ark. 2003).

*Kabuk bağlama:* Kurumanın ilk aşamasında yüksek sıcaklık uygulamasından kaynaklanır. Böylece yüzeyde hızla oluşan kuru tabaka büzüşme sonucu alt tabakalara baskı yapar. Ancak alt tabakalar henüz o kadar ıslaktır ki, üstten yapılan basınca direnç gösterir. Bu durumda ise, kuruma sonucu büzüşme olanağı bulamayan üst tabaka gerilip sert bir kabuk haline dönüşür. Oluşan sert kabuk, kurumanın ileri aşamalarında, alt tabakalar kuruyup buruşsa dahi bir daha göçmez fakat alt tabakalardan ayrılarak sert bir tabaka olarak yapısını korur. Kabuk bağlama ile birlikte kuruma hızı birden bire düşer (Cemeroğlu ve ark. 2003).

*Kitle yoğunluğunda değişimler:* Gıda maddeleri genelde elastik özellik gösteren materyallerdir. Kusursuz elastik nitelikte bir maddeden su uzaklaşınca, büzüşme miktarı ile kaybedilen su arasında doğrusal bir ilişki vardır. Ancak gıdalar her ne kadar elastik

özellikle de kusursuz bir elastikiyet taşımadıklarından kurutulmuş gıdalarda büzüşme ile su kaybı arasında doğrusal bir ilişki görülemez. Her ürün, kurutmada uygulanan koşullara bağlı olarak kendine özgü bir buruşma niteliği gösterir. Buna göre kurutulmuş materyalin hacmi az veya çok azalarak kurutulmuş ürünün kitle yoğunluğu değişir (Cemeroğlu ve ark. 2003).

*Kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon yeteneği:* Fiziksel bir olay olmasına rağmen, bunun kurutma sırasında azalması, materyaldeki kimyasal, fiziko-kimyasal ve fiziksel değişimlerle ilgilidir. Kurutma koşullarına bağlı olarak buruşma ve parçalanma sonucu, hücreler ve dokunun kapilar yapısının bozulması, rehidrasyonu olumsuz yönde etkileyen fiziksel faktörlerdir (Cemeroğlu ve ark. 2003).

### **1.2.2. Kimyasal ve diğer değişimler**

Bu değişiklikler kendisini, kurutulmuş ürünün veya rehidre edilmiş ürünün renginde, lezzetinde, tekstüründe, viskozitesinde, besleme değeri ve depolama stabilitesinde gösterir. Her kurutulmuş üründe daima ortaya çıkan en önemli olumsuzluk rengin esmerleşmesidir. Renk esmerleşmesi kurutmadan önce, kurutma sırasında veya depolama süresince oluşmaktadır. Bu olumsuzluk, enzimatik veya enzimatik olmayan reaksiyonlar sonucu oluşabilmektedir. Sıcaklık dereceleri arttıkça ve tepkimeye giren öğelerin ortamdaki konsantrasyonları yükseldikçe esmerleşme tepkimeleri hızlanmaktadır. %2 nemin altında esmerleşme tepkimesi olmaz. Buna karşın %15-20 nem arasında Maillard tepkimesi adı verilen renk esmerleşmesi en hızlı şekilde oluşur (Cemeroğlu ve ark. 2003). Depolamada her 10 °C sıcaklık artışının, esmerleşme tepkime hızının (ürünün su oranına bağlı olarak) 6-8 misli artışına bağlı olduğu saptanmıştır (Saldamlı ve Saldamlı 2004).

Diğer taraftan kurutma işleminde ürünün mikroflorası da değişmektedir. Güneşte kurutma sırasında koşullar doğaya bağlı olduğundan ve hijyenik kurallara tam olarak uyulmadığından mikroorganizmaların sayısı kurutma boyunca artarak kurutma süresince faaliyet göstermeye devam ederler. Bu sorunları önlemenin kesin yolu, mikrobiyolojik açıdan sağlıklı hammadde kullanılması, hammaddenin hazırlanma ve kurutulmasında hijyenik koşullara uyulmasıdır.

Kurutma işlemlerinde, karbonhidratların dehidrasyonu ve ısı yolla degradasyonu sonucunda birçok yeni bileşikler ortaya çıkmaktadır. Bu oluşumlar asit veya baz eşliğinde hızlanmaktadır. Bu yolla ana ürün olarak pentozlardan “2-furaldehit”, heksozlardan ise “5-hidroksimetil-2-furaldehit”, yani yaygın ismiyle “hidroksimetilfurfural (HMF)” oluşmaktadır. Yüksek sıcaklık, bu oluşumları hızlandırmaktadır. Bu açıklamalara göre, karbonhidrat içeren gıdalara uygulanan her türlü ısıtma sonunda veya depolamada, sıcaklık ve süreye bağlı olarak

daima az veya çok miktarda HMF oluşmaktadır. Örneğin meyve suyu, reçel ve süzme bal gibi ürünlerde doğal haldeyken HMF bulunmamasına karşın, bunların üretimlerinde uygulanan sıcaklık ve süreye bağlı olarak farklı düzeylerde HMF ile karşılaşmaktadır.

HMF, enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarında da ortaya çıkan bir bileşiktir. Şekerce zengin gıdaların, örneğin; meyve suyu, reçel-marmelat ve bal benzeri ürünlerin depolanması sırasında sıcaklık ve süreye bağlı olarak HMF oluşmaktadır (Cemeroğlu 2007).

Gıdaların dayanıklılığı üzerinde en etkili faktörlerden birisi gıdadaki su miktarıdır. Ürünün, yapısındaki su alındığı oranda dayanıklılığı artmaktadır. Ancak, dehidrasyon sonucu yapıda kalan su her gıdada farklı orandadır ve dayanıklılık süreleri de farklıdır. Bu olay yapıdaki “su aktivitesi” ile açıklanabilmektedir (Saldamlı ve Saldamlı 2004). Su aktivite değeri, kurutma sonucunda gıdalardaki önemli değişimlerden birisidir. Kurutma ile birlikte su aktivite değerlerinin düşmesiyle gıdaların dayanım süreleri artmaktadır. Gıdaların su aktivitesi, gıdanın içerdiği suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranı olarak tanımlanır, gıdanın içinde bulunduğu ortamın denge halinde ölçülen bağıl neminden hesaplanır (Durmuş ve Evranuz 2005).

Su aktivitesi değeri, denge bağıl neminin 100’ e oranıdır şeklinde tanımlanabilir;

$$A_w = \frac{DBN}{100}$$

$A_w$ =Su aktivitesi

DBN=Havanın denge bağıl nemi

Gıdalarda önemli bozulmalara neden olan bakteriler, aktivite değeri 0.90’ ın altında olan ürünlerde çoğalamazlar. Bazı halofilik bakterilerde ise, su aktivite değeri 0.75’ e kadar olan ürünlerde faaliyet gösterebilmektedirler. Osmofilik mayalar, su aktivite değeri 0.60’ a düşene kadar çoğalabilirlerse de bazı ürünlerde bozulma nedeni olabilirler. Genellikle küfler bakterilere kıyasla kuru ortama daha dayanıklıdırlar. Küf üremesi, su aktivite değeri 0.65’ in altına düştüğünde tamamen durmaktadır. Su aktivite değerinin düşmesi enzimatik değişimleri de kısıtlamakta ya da durdurmaktadır. Nitekim, gıdalarda önemli değişikliklere neden olan yaygın enzimlerden amilazlar, peroksidazlar ve fenoloksidazlar 0.85’ ten aşağı değerlerde inaktif hale gelmektedirler. Buna karşın lipaz enzimleri 0.25-0.30’ a kadar aktif kalmaktadırlar.

Su aktivitesinin kimyasal tepkimelerle de ilişkisi vardır. Nitekim gıdada kalite üzerinde en etkili tepkimelerin başında gelen “Maillard” tepkimeleri ortamın su aktivitesine bağlıdır. Maillard tepkimeleri su aktivitesi 0.60-0.70 dolayında en üst düzeyde oluşmaktadır.

Su aktivitesi, dehidrasyonun fiziksel nitelikleri ile de ilgilidir. Dehidrasyon hızı, ürünün yüzeyindeki su buharı basıncı ile havadaki su buharı basıncı arasındaki farka bağlı olduğuna göre su aktivitesi ile dehidrasyon hızı arasında ilişki vardır. Su aktivitesi düştükçe suyun buharlaşma gizli ısısı yükselir.

Ürün kurutma sırasında ortaya çıkan tüm bu değişimlere bakıldığında, gerek çeşitli tahıllar, gerekse sebze ve meyve konusunda ülkemizde son derece önem kazanmış olan ve yıldan yıla hızla artış gösteren kurutma konusunun, kaliteli kuru ürün elde etmek açısından önemle üzerinde durulması gerekmektedir.

### **1.3. Domates ve Beslenmemizdeki Yeri**

Domates diğer önemli sebze ve meyve türleri ile karşılaştırıldığında askorbik asit, provitamin A ve mineraller (özellikle potasyum) açısından oldukça zengin bir üründür (Akanbi ve Oludemi 2004), iyi bir lif ve protein kaynağıdır (Shi 2000). İnsan sağlığı açısından büyük yararları olan likopenin ana kaynağıdır. Likopen doğada bulunun 600 karotenoidden biridir ve domates, kırmızı biber, karpuz ve kırmızı greyfurtta bulunan, bu ürünlere karakteristik kırmızı rengi veren pigmenttir (Goula ve Adamopoulos 2005). Karotenoidler sebze ve meyvelerin kırmızı, turuncu ve sarı renk pigmentlerinin oluşmasını sağlayan kimyasal maddelerdir (Bruno ve Wildman 2000, Gökpınar ve ark. 2006). Son yıllarda yapılan araştırmalar domates ve ürünlerinin tüketiminin bazı kanser türlerinin riskini azalttığını ve domateste bulunan likopenin insan sağlığına pozitif etkilerinin bulunduğunu ortaya koymaktadır (Takeoka ve ark. 2001, George ve ark. 2004, Brandt ve ark. 2006). Likopen, olgun domatese ve domates ürünlerine karakteristik kırmızı rengi veren temel bir pigmenttir, domateste en bol bulunan karotenoidtir ve toplam pigment varlığının yaklaşık olarak %83' ünü oluşturmaktadır. Domates ve domates ürünleri likopenin en önemli kaynağıdır ve insan beslenmesindeki karotenoidlerde büyük önemi vardır (Shi ve ark. 1999, Shi 2000, Camara ve ark. 2003, Das ve ark. 2005, Karakaya ve Yılmaz 2007, Yıldız ve Baysal 2007).

Likopen, serbest radikallere ve bunların sebep olduğu oksidatif zarara karşı koruyucu yeteneğe sahip önemli bir karotenoidtir. Yüksek miktarda likopen içeren domates ve domates ürünlerinin pankreas kanseri riskini azaltmaya yardımcı olduğu (Nkondjock ve ark. 2005), domates tüketiminin artması durumunda prostat kanserinin oluşum ya da gelişim riskinin önüne geçildiği (Gann ve ark. 1999) görülmüştür. Likopen açısından zengin olan besinler ayrıca kronik kalp hastalıkları riskini de azaltmaktadır (Rao ve Agarwal 1999). Domates ayrıca askorbik asit ve flavonoid içeriği ile önemli bir antioksidan aktivite düzeyine sahiptir (Giovanelli ve ark. 2002).

Askorbik asit antioksidan özellikleri bilinen bir vitamindir ve domates bu vitaminin önemli kaynaklarından biridir. Folik asit, vitamin B<sub>6</sub> ve B<sub>12</sub> ile birlikte kardiyovasküler hastalıklarda önemli rol alır. Domates de folik asitin iyi bir kaynağıdır. Flavonoidler de domateste, özellikle de kabuğunda bulunan maddelerdir ve antioksidan özelliklere sahiptirler. E vitamini biyolojik ortamda temel bir antioksidan olarak bilinir. Domates ürünleri E vitamininin önerilen günlük alımının önemli bir bölümünü sağlayabilir. Karotenden zengin besinlerin tüketimi ile kronik hastalıkların riski arasında negatif korelasyon gösteren çalışmalar vardır ve domates likopen dışındaki karotenoidlerden de zengin bir sebzedir (Devrim 2003).

Domatesin kuru maddesinin yaklaşık olarak %8' ini mineral maddeler oluşturmaktadır. Potasyum, bu minerallerin başında gelmektedir. Mineraller pH ve titre edilebilir asitlik üzerinde etkilidirler ve bu sebeple de domateste tat üzerinde etkilidirler (Yılmaz 2001). Potasyum, sağlıklı sinir sistemi ve düzenli kalp ritmi için önemli bir mineraldir. Sodyumla birlikte vücudun sıvı dengesini kontrol etmektedir. Vücuttaki hücre içi kimyasal reaksiyonlarda, hücreler arası besin iletiminin düzenlenmesinde önemlidir. Potasyum, hormon salınımı için gerekli bir mineraldir, stres hormonlarının salınımı potasyum-sodyum oranında azalmaya neden olduğundan, stres vücudun potasyum gereksinimini artırır (Müftüoğlu 2003).

Şekerler, organik asitler, serbest organik asitler ve tuzlar domatesin tadına katkıda bulunan ana bileşenlerdir. Domatese karakteristik tatlı-ekşi tadı veren, yapısında bulunan organik asitler ve şekerlerdir. Kuru maddenin yaklaşık olarak %50' si şekerlerin, özellikle de indirgenmiş şekerlerin, glukozun ve fruktozun birleşiminden oluşmaktadır (Yılmaz 2001).

#### **1.4. Dünyada ve Türkiye' de Domates Üretimi**

Dünyada ve ülkemizde sebze üretimi her yıl artış göstermektedir. Domates üretimini yoğunluklu olarak yapan ülkelerin üretim miktarları Çizelge 1.1' de verilmiştir (FAO 2010). Buna göre, 2001 ve 2007 yılları arasında üretim miktarı açısından ilk dört sırada Çin, ABD, Türkiye ve Hindistan yer almaktadır. Çizelgelerde de görüldüğü gibi, ülkemiz domates üretimi yapan ülkeler arasında oldukça önemli bir yere sahiptir. Öyle ki, 2005 yılında domates üretimi 10 milyon tonun üzerine çıkmış, sonraki yıllarda üretim bu seviyelerde devam etmiş, 2008 yılında ise toplam üretim 11 milyon tona yaklaşmıştır.

**Çizelge 1.1.** Domates üretimi yapan başlıca ülkelerde yıllara göre üretim miktarı (ton)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Çin	24116211	27153121	28842743	30143929	31618462	32519315	33596881
ABD	10001720	12383200	10522000	12854480	10982790	12257172	14185180
Türkiye	8425000	9450000	9820000	9440000	10050000	9854877	9945043
Hindistan	7240000	7462300	7616700	8125600	8825400	9820400	10054600
Mısır	6328720	6777875	7140198	7640818	7600000	8576070	8639024
İtalya	6387889	5750041	6651505	7683071	7187014	6351202	6530162
İran	3009454	4109000	4429426	4022878	4781018	5064571	5000000
Brezilya	3103290	3652920	3708600	3515567	3452973	3362655	3431230
İspanya	3971691	3979718	3947327	4383202	4810301	3800552	3664100
Meksika	2737640	2573372	2897377	3037265	2800115	2899153	3150353
Rusya	1950600	1979530	2021070	2017860	2295900	2414860	2305900
Yunanistan	2048000	1752000	1830000	1962575	1707376	1568258	1460640
Özbekistan	1022000	1079770	1410300	1245470	1317160	1583571	1680000
Ukrayna	1155600	1311700	1265200	1145700	1471800	1751000	1269600

2001 ve 2007 yılları arasında domates bu üretim miktarlarıyla, inek sütü ve buğdaydan sonra ülkemizde en çok üretimi yapılan ürün durumundadır (FAO 2010). Türkiye’ de 2007 yılı için taze soğan, domates, kuru soğan ve biber en fazla oranda ihraç edilen ürünler olarak dikkati çekerken, toplam sebze ihracatının %46.8’ i AB ülkelerine yapılmıştır. Toplam sebze üretiminde en büyük paya sahip domatesin işlenmiş ürünleri dahil, yeterlilik derecesi %115.5, kişi başı tüketimi 109.8 kg olarak gerçekleşmiştir (TÜİK 2007). 2008 yılında sebze ürünleri üretim miktarı bir önceki yıla göre %6 oranında artarak yaklaşık 27.2 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Buna bağlı olarak sebzeler grubunun önemli ürünlerinden domatesin üretimi de %10.5 oranında artış göstermiştir (TÜİK 2008). TÜİK (2009) tarafından yayınlanan 2009 yılı bitkisel üretim ikinci tahmininde ise domates üretiminin %1.8 oranında arttığı belirtilmektedir. Ülkemizde 2005-2008 yılları arasında üretilen domates miktarı sofralık, salçalık ve toplam olarak Çizelge 1.2’ de verilmiştir (TÜİK 2010). Buna göre, toplam üretimin %70’ i salçalık domates olarak yapılmaktadır.

**Çizelge 1.2.** Türkiye’ de yıllara göre domates üretim miktarları

Yıllar	Üretim (ton)		
	Toplam	Sofralık	Salçalık
2005	10050000	7067000	2983000
2006	9854877	6912745	2942132
2007	9945043	6971650	2973393
2008	10985355	7419814	3565541

(Veriler TÜİK tarafından 2005 yılından itibaren derlenmeye başlamıştır)



### **1.5. Kurutulmuş Domates ve Türkiye' nin İhracatı**

Kurutulmuş sebze sektörü geleneksel güneşte kurutma yönteminin yanı sıra kullandığı modern kurutma yöntemleri ile birlikte gıda sanayisinin önemli alt sektörlerinden birisi haline gelmiştir. Türkiye' de üretilen kurutulmuş sebzelerin pek çok çeşidi Avrupa Birliği, ABD başta olmak üzere pek çok ülkede gıda sanayi firmalarınca kullanım alanı bulmaktadır. Kurutulmuş sebzeler; hazır çorbalar, soslar, hazır yemekler, bebek mamaları, çeşitli et, balık ve süt ürünleri gibi çok farklı ürünlerde kullanım alanı bulmaktadır.

Türkiye' nin tamamında yaş sebze üretimi gerçekleştirilmekle birlikte, kurutulmuş sebze üretiminin Ege Bölgesinde yoğunlaştığı görülmektedir. Üretimi gerçekleştirilen kuru sebzelerin başında domates, mantar, pırasa, havuç, patates, sarımsak, karnabahar, kabak ve banya gelmektedir.

Türkiye kurutulmuş sebze konusunda net bir ihracatçı ülke pozisyonundadır. İhracatın tamamına yakını gelişmiş ülkelere gerçekleştirilmektedir. Toplam kurutulmuş sebze ihracatı 2006 yılında bir önceki yıla göre %22.5 artış göstererek 53.8 milyon dolara yükselmiştir (Karabayır 2007).

Ülkemizde özellikle Ege, Akdeniz ve Güney Marmara Bölgelerinde kurutulmuş domates üretimi, uygulanan teknolojinin sadeliği, toplam yatırım maliyetinin düşük olması, bu üretim yörelerinin kurutmaya uygun ekolojik özellikleri, kurutulan ürünlerin muhafaza koşullarında nispeten kolaylık, uzun periyot içerisinde pazara arz imkanı ve Avrupa ülkeleri yanında Amerika, Avustralya gibi deniz aşırı ülkelerin de bu tarz işlenmiş domates taleplerinde gelişme sebebiyle yoğun bir ilgi kazanmıştır.

Kurutulmuş domates ihracatı ülkemizde 1990' larda başlamış, ihracat değerleri 2000 yılında 4275 tona kadar ulaşmıştır. Domates, kurutulmuş sebze ihracatının yaklaşık olarak %68' inden fazlasını oluşturmaktadır. Günümüzde 27 ülkeye ihraç edilmekle birlikte, ilk sıraları ABD, İtalya ve İngiltere almaktadır (Akdeniz ve Bağdatlıoğlu 2007).

Türk malı kurutulmuş domates, kalitesiyle tüm dünyada iyi bir imaja sahip bulunmaktadır. Toplam kurutulmuş domates ihracatı 2006 yılında 16.8 bin ton düzeyine yükselmiştir. İhracatın toplam tutarı ise 48.1 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. En önemli ihracatçı ülke olan ABD' ye 2006 yılında 5541 ton kurutulmuş domates ihraç edilmiştir. Bu ülkeyi 4895 tonla İtalya, 1522 tonla Avustralya ve 1063 tonla Almanya izlemiştir. Toplam kurutulmuş sebze ihracatının tutar olarak %90' ını kurutulmuş domates ihracatı oluşturmuştur. Yıllara göre kuru sebze ihracatına yönelik veriler Çizelge 1.3' te gösterilmektedir (Karabayır 2007).

**Çizelge 1.3.** Yıllara göre kurutulmuş sebze ihracatı

	2004		2005		2006	
	M	D	M	D	M	D
Domates	10399	28004	14487	39624	16839	48102
Mantar	19	1071	27	1243	34	2389
Kabak	69	371	116	588	103	629
Patlıcan	70	444	66	406	80	611
Pırasa	191	833	189	856	84	583
Bamya	7	76	11	150	9	119
Soğan	68	205	45	117	21	98
Diğer	503	1341	266	926	277	1273
TOPLAM	11326	32345	15208	43910	17445	53803

(M=Miktar:Ton, D:Değer:1.000 Dolar)

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Sebze ve Meyvelerde Uygulanan Kurutma Yöntemleri

Kurutma işlemi, gıda kalitesinde bazı yan etkilere yol açmasının yanında, birçok gıda endüstrisinde, ürün raf ömrünün artması, ambalajlama maliyetlerinin azalması gibi avantajlardan ötürü vazgeçilmez bir gıda işleme yöntemidir (Lewicki 2006). Bu yöntem, domatestede de, ürünün korunması ve raf ömrünün uzatılması amacıyla yaygın olarak uygulanan bir işlemdir. Buna rağmen kurutulmuş ürünün kalitesi, işlem sonrasında genellikle zayıf kalmaktadır. Bu aşamada en sık rastlanan problemler ürün yapısının, dokusunun ve renginin bozulmasına yöneliktir (Akanbi ve Oludemi 2004, Heredia ve ark. 2007, Pani ve ark. 2008). Özellikle sıcak havalı kurutma sırasında uygulanan yüksek sıcaklıklar ve uzun süreli kurutma işlemleri son ürünün besin kalitesinde olumsuz etkiler meydana getirmektedir (Marfil ve ark. 2008). Bunların en yaygın olanları, özellikle domatese kırmızı rengi de veren likopen gibi karotenoidlerin zarar görmesi, kahverengileşme ve askorbik asit oksidasyonudur (Barreiro ve ark. 1997). Bu sebeplerle, hem sebze ve meyvelerin hem de diğer tarım ürünlerinin kurutulmalarında uygulanan yöntemler ve kurutma sistemleri büyük bir öneme sahiptir.

Yaldız ve ark. (2000), güneş enerjili kurutucular kullanarak çekirdeksiz üzüm kurutmuşlardır. Kurutma sistemi, güneş enerjili hava ısıtıcı ve dolap tipi kurutma odasından meydana gelmektedir. Isıtıcı, geçirgen üst örtü, yutucu yüzey ve hava akış kanalından oluşmaktadır. Kurutma aspiratörler yardımıyla kurutucunun üst kısmındaki bacadan havanın çekilmesi yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Isıtıcıya giren ve çıkan havanın, kurutucuya giren havanın sıcaklık ve bağıl nemi, güneş ışınım şiddeti değerleri ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Denemeler 0.5, 1, 1.5 m/s kurutma havası hızlarında gerçekleştirilmiştir. Birim hacimdeki ürün yoğunluğunun kurumaya olan etkisini incelemek için raf aralıkları 15 ve 20 cm olmak üzere iki farklı düzeyde seçilmiştir. Isıtıcıda geçirgen üst örtü olarak plastik ve cam malzeme kullanılmıştır. Kuruma süresinin kısaltılması amacıyla üzümler potasa çözeltisine bandırılmışlardır. %6'lık olarak hazırlanan 30 litrelik potasa çözeltisine 150 g zeytinyağı katılmıştır. Güneş enerjili hava ısıtıcılar içinden geçen havanın ve geçirgen örtü malzemesinin havanın ısınma miktarı ve bağıl nemin değişimine etkisi ile kurutucudan geçen hava hızının ve üst örtü malzemesinin kuruma süresine etkisini incelemek için F testi yapılmıştır. Raf aralığının 15 cm olduğu denemelerde geçirgen üst örtünün ve kurutma havası hızının, havanın ısıtıcı içinde nem azalmasına etkisi %1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Raf aralığının 30 cm olduğu denemelerde de aynı sonuçlar alınmıştır. Plastik üst örtü kullanılan ısıtıcıda

kurutucuya giren havanın nem oranı daha yüksektir. Cam örtü kullanılan ısıtıcılarda ısınma miktarı daha fazla olduğundan dış ortam havasında daha büyük miktarda nem azalması sağlanmıştır. Raf aralığının 15 cm olduğu denemelerde geçirgen üst örtünün ve ortam havasının ısıtıcı içinde ısınma miktarına etkisi %5, hava hızının etkisi %1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Raf aralığı 30 cm iken, üst örtünün ve hava hızının ısınma miktarına etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. her iki raf aralığında da kuruma süresi açısından önemli bir fark görülmemiştir. Potasa çözeltilisine daldırılmadan kurutulan üzümlerde ürün neminin %14' e düşmesi için geçen süre 175 saat olmuştur. Çözeltiye daldırılarak kurutulan üzümlerde ise kuruma süresi ortalama 59.5-76.6 saat arasında değişmiştir.

Yaldız ve Ertekin (2000), bazı sebzelerin güneş enerjili kurutucular ile kurutulma olanakları üzerine yaptıkları çalışmalarında kurutma materyali olarak kabak, patlıcan, sivri biber, soğan ve taze fasulyeyi kullanmışlar, kurutma havası hızı olarak 0.5-1-1.5 m/s hava hızı uygulaması yapmışlardır. Araştırmacılar, kurutmada kullandıkları güneş enerjili kurutucuların iki kısımdan oluştuğunu belirtmişlerdir. Bunlar güneş enerjili hava ısıtıcı ve kurutma odasıdır. Ürünler 180x90x30 cm boyutlarında kurutma odaları içerisinde 30 cm aralıklarla yerleştirilen raflar üzerinde ince tabaka halinde kurutulmuştur. Araştırmacılar, kabak, soğan ve patlıcanı ¼ inç kalınlığında halkalar şeklinde kesmişler, sivri biberin baş kısmını keserek çekirdeklerini çıkarmışlar ve uzun eksen yönünde ikiye ayırmışlar, dolma biberlerin sap ve çekirdeklerini çıkararak bütün olarak kurutmuşlardır. Taze fasulyenin uç kısımlarını keserek 1 inç uzunluğunda parçalara ayırmışlardır. Çevre havası sıcaklığını, bağıl nemi ve güneş ışınım şiddetini Data-Logger ve uygun algılayıcılar ile ölçerek kaydetmişler, güneş enerjili hava ısıtıcıdan çıkarak kurutma ortamına giren havanın sıcaklığını yine Data-Logger ile saptayarak, bağıl nemi el psikometresi ile ölçmüşlerdir. Kabak kurutulmasında en kısa kurutma süresi 0.5 m/s kurutma havası hızında 31.17 saat ile sağlanmıştır. Sivri biber kurutulmasında 0.5 ile 1 m/s hava hızları arasında önemli bir fark olmamıştır. Patlıcanda 1.5 m/s hava hızında yapılan denemelerde 26.57 saat ile en kısa süreli kurutmayı gerçekleştirmişlerdir. Dolma biberde en kısa kuruma süresi 73.30 saat ve taze fasulyede 69.81 saat ile 0.5 m/s kurutma havası hızında gerçekleşirken, soğanda en kısa kuruma süresi 1.5 m/s hava hızı uygulamasıyla 80.19 saatte gerçekleşmiştir.

Yılmaz (2000), domates kurutma için, zorlanmış taşınımlı kabin tipi bir güneşli kurutucu imal etmiştir. Sistem; 25 kg kapasiteli bir kurutma kabini, hava kanalları, havalı güneş toplayıcısı ve fotovoltaik sistem olmak üzere dört bölümden oluşmaktadır. Kabin, 8 adet raftan oluşmuştur. Hava geçişini kolaylaştırmak için elek telinden imal edilen sökülüp takılabilen raflar kullanılmıştır. Kabin alt kısımdan hava kanalları, üst kısımdan ise ürünün

kurutulması için gerekli sıcak havanın üretildiği 3x1x0.9 m boyutlarındaki toplayıcı ile bağlantılıdır. Araştırmacı, sistemdeki toplayıcıda absorber malzemesi olarak siyaha boyanmış ve iç içe geçirilmiş kalın dokulu ve ince dokulu bulaşık telleri, örtü malzemesi olarak da cam kullanmıştır. Hava kanalları toplayıcıdan aldığı ısınmış havayı kabine iletmektedir. Sistemde hava kanalları ile toplayıcı arasında havanın geçişini hızlandıran fanlar kullanılmıştır. Sisteme elektrik enerjisi sağlayan fotovoltaik sistem ise, güneş pili ve aküden oluşmaktadır. 45 W gücündeki güneş pili ışınım yeterli olduğu zaman fanların hareketi için elektrik üretmekte ve aynı zamanda aküyü şarj etmektedir. Fotovoltaik sistemin diğer elemanı olan akü ise gündüz güneş pili yardımıyla depoladığı elektrik enerjisini ışınımın yetersiz olduğu zamanda ve gece sistemde havalandırma sağlamak amacıyla kullanılan fanlara vermektedir. Araştırmacı, denemeler sırasında sistem koşulları olarak ışınım şiddeti, hava kanallarındaki hava hızı, kabine hava giriş ve çıkış sıcaklıkları, kabin içi hava bağıl nemi, fotovoltaik sistem akım ve gerilimi, dış ortam koşulları olarak hava bağıl nemi, hava sıcaklığı, rüzgar hızı, materyal değerlerini tespit etmiştir. Sonuç olarak, düzeneğin izolasyonunun oldukça iyi olduğu tespit edilmiş, deneyler süresince kurutma havası sıcaklığı ile ilgili hiçbir sorunla karşılaşmamıştır. Sistemin verimliliğinin de oldukça yeterli olduğu, ancak kapasitenin geliştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Unadi ve ark. (2002), domateslerin tünel tipi kurutucuda kurutulmasındaki en iyi yöntemi belirleyebilmek amacıyla bir çalışma yapmışlar ve değişkenlerini birincil ve ikincil değişkenler olarak tanımlamışlardır. Birincil değişkenler olarak kurutma havası sıcaklığı, hava hızı ve kurutma havasından yeniden yararlanma oranını seçmişler, bu parametrelerin ürün kalitesini, özgül enerji tüketimini ve kurutucu kapasitesini doğrudan etkilediğini belirtmişlerdir. İkincil değişkenleri ise domates dilim kalınlığı, araba yükleme miktarı ve tünel uzunluğu olarak seçerek, bunların birincil değişkenlere oranla daha az etkiye sahip olduklarını belirtmişlerdir. Bu amaçlarla uyguladıkları kurutma havası sıcaklıkları 45, 50, 55, 60, 65 ve 70 °C, hava hızları ise 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5 ve 5 m/s olmuştur. Kurutma havasından yeniden yararlanma oranını %10' luk adımlarla arttırarak %0-80 aralıklarında seçmişlerdir. İkincil değişkenlerden, dilim kalınlığını 5-35 mm değerleri arasında, araba yükleme miktarını 550-750 kg aralıklarında, tünel uzunluğunu ise 3-6 araba arasında saptamışlardır. Kuru ürün kalitesinin çeşitli faktörleri kapsadığına değinerek, çalışmalarında bu kriterlerden sadece ürün nemi ünifomluğu ve kuru ürün rengini saptamayı seçmişlerdir. Paralel akışlı, zıt akışlı ve kesikli kurutma yöntemlerini incelemişler, yöntemlerin karşılaştırmasını yapmak için de kapasite, özgül enerji tüketimi ve ürün kalitesi

değerlendirmelerini yapmışlardır. Domatesler bütün denemelerde 14 kg/kg (kb) nem içeriğinden 0.15 kg/kg (kb) nem içeriğine kadar kurutulmuşlardır.

Zıt akışlı kurutma yöntemi, diğer yöntemlere göre en düşük enerji tüketimini ve en yüksek kapasite değerlerini vermiştir. Zıt akışlı ve paralel akışlı kurutma yönteminde, kesikli akışlı yöntemde göre daha üniform nem içeriği değerleri elde edilmiştir. Paralel akışlı yöntemde en yüksek renk kroması değerleri elde edilirken, zıt akışlı yöntemde oldukça iyi sonuçlar vermiştir. Kesikli ve zıt akışlı sistemlerde sıcaklık arttıkça kroma değişimi artmış, paralel akışlı kurutmada önemli bir değişim olmamıştır. Zıt akışlı kurutmada hava hızının da artışıyla kapasite artmış, özgül enerji tüketimi azalmıştır. Bu sonuçlar üzerine zıt akışlı ve kesikli kurutma uygulamaları yaparak maliyet analizlerini incelemişlerdir. 55 ve 60 °C sıcaklık, 2.2 m/s hava hızı, %70 kurutma havasının yeniden kullanımı, 6 araba, 176 ve 650 kg yükleme kapasitesinin uygulandığı ticari bir kurutucu kullanmışlardır. Sonuçlar, tüm parametreler açısından zıt akışlı yöntemin kesikli kurutmaya göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Zıt akışlı yöntemde kuruma süresi daha kısa, kroma değerleri ve kapasite daha yüksek, gaz tüketimi ve işgücü ihtiyacı daha az, elde edilen net gelir daha yüksek olarak saptanmıştır.

Krokida ve ark. (2003), bazı sebzelerin kuruma kinetiklerini incelemişler, tarımsal materyal olarak havuç, mısır, yeşil fasulye, biber, pırasa, mantar, soğan, patates, kabak ve domatesi seçmişlerdir. Kurutma işlemini; ısı kontrol, hava akımı kontrol ve nem kontrol ünitesi ile kurutma bölmesinden oluşan sıcak havalı bir kurutucuda gerçekleştirmişlerdir. Kurutma havası sıcaklığını 65-75-85 °C, hava bağıl nemini %20-30-40 ve hava hızını 1.5-2-2.6 m/s olarak belirlemişlerdir. Karakteristik örnek ölçülerini ise 5, 10 ve 15 mm olarak seçmişlerdir. Kurutma işlemleri sırasında örneklerin nem içeriklerini vakumlu fırın metodu ile saptamışlardır. Çalışmanın sonucunda, denemeye alınan örneklerin kuruma oranlarına etki eden en önemli faktörün sıcaklık olduğunu, hava hızı ve hava neminin sıcaklıktan daha az etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Parakash ve ark. (2004), güneşli kabin kurutucu, akışkan yataklı kurutucu ve mikrodalga fırın kurutucu kullanarak havucun kuruma karakteristiklerini saptamışlar, kurutulmuş havuçları 120 gün süresince depolayarak kalite kriterlerini incelemişlerdir. Araştırmacılar havuçları elle soyarak 3 mm kalınlığında dairesel olarak dilimlemişler, peroksidazları inaktive etmek için de dilimlenen havuçları 6 dakika süre ile kaynamış suya daldırmışlardır. 2 kg örneği güneşli kabin kurutucuya almışlar, kurutucudaki en yüksek iç hava sıcaklığını 55 °C, ortam havası sıcaklığını 32 °C, bağıl nemi %42 olarak saptamışlardır. Güneşli kabin kurutucudaki hava akım oranı 0.0082 m<sup>3</sup>/s olarak kaydetmişlerdir. Araştırmacılar

ürün nem içeriklerini saptayabilmek amacıyla 5 g' lık havuç örneğini her 3 saatte bir kurutucudan almışlardır. Ürünlerin %6 (kuru baza göre) nem içeriğine ulaşması için gereken süre 16 saat olmuştur. Akışkan yataklı kurutucuda 50, 60, 70 °C kurutma havası sıcaklığı, 0.049 m<sup>3</sup>/s hava akım hızı uygulanmıştır. Haşlanmış havuçlar kurutucunun tepsisine ince tabaka halinde (3 cm) yerleştirilmiştir. Havuçların ağırlık kayıpları her 5 dakikada bir saptanmıştır. Havuçların mikrodalga ile kurutulmasında ise evlerde kullanılan standart bir mikrodalga fırın kullanılmıştır (650 W). Haşlanmış havuçlar mikrodalga fırının tepsisine yayılarak yerleştirilmişlerdir. Kurutma için 2,3 ve 4 olmak üzere üç güç seviyesi seçilmiştir (fırın en yüksek 9 seviyesine kadar ayarlanabilmektedir). Ön denemelerde 4' ün üzerindeki güç seviyelerinin havuçlarda yanık bir tada sebep olduğu saptanmıştır. Bu kurutucuda da her 5 dakikada bir havuçların ağırlık kayıpları ölçülmüştür.

Kurutulan havuçlar düşük yoğunluklu polietilen paketlere koyularak oda sıcaklığında 120 gün süresince depolanmıştır. Nem kazanımları, beta karoten içerikleri, rehidrasyon özellikleri ve duyuşsal özelliklerin saptanması amacıyla paketler 30' ar gün ara ile açılmıştır. Paketler, örnek alımları yapılmasının ardından, bir sonraki örnek alımı için tekrar paketlenmiştir. Havuçların kurutulmasında, hem akışkan yataklı kurutucu ile kurutmada hem de mikrodalga kurutmada genel olarak azalan hızla kuruma gerçekleşmiştir. Bazı deneysel hatalardan dolayı mikrodalga fırının 2. güç seviyesinde kurutmada anormal kuruma davranışları meydana gelmiştir. Azalan hızla kuruma, hem akışkan yataklı, hem de mikrodalga kurutmanın başlangıcında, ürün nem içeriklerinin ani bir şekilde azalmasıyla meydana gelmiştir. Kuruma evresinin sonraki bölümü çok yavaş gerçekleşmiştir, bu da sıcaklığın bir kontrol faktörü olmadığını ve havuçların kurumasının, ürünün içinden suyun difüzyonu yoluyla meydana geldiğini göstermektedir. Bu sebeple sıcaklığın, kurutulmuş ürünlerde kalitenin saptanmasında önemli rolü bulunmaktadır ve en iyi kalitedeki ürün düşük kuruma oranı ile sağlanmaktadır. Havuçların kuruması güneşli kabin kurutucuda 16 saatte gerçekleşirken, akışkan yataklı ve mikrodalga kurutucuda 1-1,75 saat aralıklarında gerçekleşmiştir. Güneşli kabin kurutucuda kuruma süresinin fazla olması ve ürünün ışığa maruz kalması sebebiyle yüksek beta karoten kayıpları meydana gelmiştir. Kurutma sonrasında en fazla beta karoten içeriği ise akışkan yataklı kurucuda 50 °C sıcaklık uygulamasıyla kurutulmuş örneklerde saptanmıştır.

Gürlek (2005), Domates kurutma sistemlerinde birim alan başına kurutma kapasitesini arttırmak, kurutma süresini kısaltmak, kalite ve hijyenik koşulları iyileştirmek amacıyla, tünel tipi kurutucuda domates kurutma koşullarını araştırmış, bu amaçla tünel tipi güneş enerjili ürün kurutucu tasarlamıştır. Kurutucu, sera tipi tünel ve güneş enerjili hava ısıtıcısından

oluşmaktadır. Seranın üzeri UV katkılı polietilen malzemeyle örtülmüştür. İç zemin yutucu siyah örtü malzemeyle kaplıdır. Sera içinde, ürünlerin serildiği 0.6x5 m boyutlarında, ağ şeklinde dokunmuş hava geçişine izin veren polimerik gölgeleme örtüsünün kullanıldığı iki adet raf vardır. Serada dış ortamdaki bir fan yardımıyla çekilen hava, ısıtıcı içerisine gönderilmekte ve ısınan hava bir kanal ile sera içine verilmektedir. Kurutma ürünü olarak Rio Grande cinsi domates kullanmıştır. Denemelerinde kurutucuda değişik bölgelerde sıcaklık, nem, hava hızı, yatay yüzeye gelen güneş ışınımı ve ürün kütle kayıplarını ölçmüştür. Kütle kesri ile kuruma süresi arasındaki ilişkileri incelemiş, toplayıcı ve kurutma sisteminin verimlilik analizlerini yapmıştır. Toplayıcı verimliliğini %50-60 arasında, kurutucu verimliliğini ise %10 değerinde tespit etmiştir.

Sacilik ve ark. (2006), organik domatesi ince tabaka halinde güneş altında ve güneşli tünel kurutucuda kurutmuşlardır. Bu amaçla olgun, iyi renkte ve sağlam domateslerin elle hasadını yapmışlar ve denemelere başlayana kadar örnekleri buzdolabında 4 °C' de depolamışlardır. Daha sonra oda sıcaklığında 2 saat beklettikleri homojen örnekleri yıkamışlar, bıçakla ikiye bölerek 10 dakika süre ile %10 organik tuz solüsyonuna daldırmışlardır. İlk nem içeriklerini belirleyebilmek amacıyla örnekleri 70 °C' de, 24 saat vakumlu fırında tutmuşlardır. Bu deneyleri 3 kez tekrar etmişler, ortalama nem içeriğini yaş baza göre %93.35 olarak bulmuşlardır. Güneşli tünel kurutucu 1.8x2.5x8 m ölçülerindedir ve gelen güneş radyasyonunun daha etkili olması için batı-doğu yönünde konumlandırılmıştır. Tünel, 150 µm kalınlığında yarı geçirgen polietilen plastik film ile kaplanmıştır. Böceklerin ve kuşların kurutucuya girmelerini önlemek için kurutucunun iç ve dış kenarları tel şeklinde ağ ile kaplanmıştır. Denemeler sonucunda, güneş altında yapılan kurutmada nem içeriği %93.35' ten %11.50' ye beş gün içinde düşerken, güneşli tünel kurutucuda aynı nem değerine dört gün içinde ulaşılmıştır. Hava şartlarına bağlı olarak, güneş altında yapılan kurutma ile karşılaştırıldığında, güneşli tünel kurutucunun kuruma süresini %26.9 oranında kısalttığı, burada kurutulan örneklerin daha kırmızı renkte ve daha parlak oldukları saptanmıştır. Güneşli tünel kurutucuda kurutulan domatesler böceklerden, yağmurdan ve tozdan tamamıyla korunmuşlar, hijyen ve renk açısından da yüksek kaliteye sahip olmuşlardır. Araştırmacılar bu sistemin çeşitli tarımsal ürünlerin kurutulması amacıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Orikasa ve ark. (2008), çalışmalarında kivi'nin sıcak hava ile kurutulmasında kuruma karakteristiklerini incelemişlerdir. Dilimleyerek kuruttukları kivilerin nem içeriği ve askorbik asit değişimlerini tespit etmişlerdir. Ayrıca örnek yüzeylerinin sertliği ve kuruma oranları arasındaki ilişkiyi saptamışlardır. İlk nem içeriğinden, kurutmanın son adımına kadar, difüzyon eşitliği için exponential model ve infinite plane sheet model birlikte analiz



edilmiştir. Kurutma için kullanacakları kivileri denemeler öncesinde buzdolabında 15 °C sıcaklıkta depolamışlardır. İlk nem içeriklerini kuru baza göre %5.33 olarak saptadıkları örnekleri 10 mm kalınlığında dilimlemişlerdir. Sıcak havalı kurutucu; nem alma ünitesi, fan, elektrikli ısıtıcı, sıcaklık kontrol ünitesi ve örneklerin yerleştirildiği kurutma odasından meydana gelmektedir. Kurutma uygulamaları 40, 50, 60 ve 70 °C sıcaklıklarda ve 1.1 m/s hava hızında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bağıl nem değerleri %2-20 arasında değişmiştir. Örneklerin nem içerikleri 0.5 saat aralıklarla dijital terazi ile tartım yapılarak tespit edilmiştir ve kuru baza göre %0.5 düzeyine kadar kurutma yapılmıştır. Her örneğin ölçümleri her bir sıcaklık için 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Kuruma sabiti kullanılarak, difüzyon eşitliği için infinite plane sheet model hesaplanmış, difüzyon katsayısı ve aktivasyon enerjisi saptanmaya çalışılmıştır. Kuruma oranları ve yüzey sertlikleri açısından D ve W olarak adlandırılan örnekler arasındaki farklar incelenmiştir. D örneği, sıcak hava ile kurutulmuş, W örneği nemli tülbent kullanılarak 0.5 saat aralıklarla nemlendirilmiş, sıcak hava ile 60 °C sıcaklıkta kurutulmuştur. Daha sonra örneklerin kütle değişimleri ve yüzey sertlikleri ölçülmüştür. Nemli olan örneklerin kütleleri, yüzey nemlenmesi yapılmadan önce tespit edilmiş, her uygulamada 0.01-0.05 g aralığında kütle artışı gerçekleşmiştir. Yüzey sertliklerinin ölçümünde sertlik test cihazı kullanılmıştır. Sonuç olarak, nem içeriği kuruma süresince kademeli şekilde azalmıştır. Kuruma eğrilerinde yavaş ve kademeli şekilde azalma görülmüştür. Kuruma oranı ilk nem içeriğinden, yaklaşık %1.2 (kuru baz) nem içeriğine kadar doğrusal olarak azalmıştır.

Huang ve ark. (2009), elma dilimlerinin dondurarak kurutulmaları sırasındaki enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik yaptıkları çalışmalarında, dondurularak kurutulan ürünlerin diğer yöntemlerle kurutulan ürünlere göre şekil, renk, tat ve rehidrasyon kapasitesi gibi özellikler bakımından çok daha üstün olduklarını belirtmişlerdir. Fakat, dondurarak kurutma esnasında enerji tüketiminin çok daha yüksek olması sebebiyle, dondurarak kurutmadan önce veya sonra uygulanacak olan mikrodalga-vakum kurutma metodu ile enerji tüketiminin azaltılmasını amaçlamışlardır. Elma dilimlerini ilk olarak 8.28 saatte dondurarak kurutmuşlar, ardından bu dilimleri mikrodalga-vakum kurutma yöntemiyle kurutarak enerji tüketiminden %39.2 oranında tasarruf elde etmişlerdir. Elma dilimlerinin 6 saat süresince dondurarak kurutulması ve ardından mikrodalga-vakum yöntemiyle kurutulması sonucunda da enerji tüketiminden %54.02 oranında tasarruf sağlamışlardır.

Aghbashlo ve ark. (2009), kurutma havası sıcaklığının, hava hızının ve doğrusal zincir hızının patates dilimlerinin kuruma kinetikleri üzerine etkisini saptamak, kuruma için optimal ince tabaka kurutma modelini belirlemek, patates dilimlerinin sürekli akışlı kuruma

işlemlerinde aktivasyon enerjisini ve etkili nem difüzyonunu hesaplamak amacıyla patates dilimlerinin ince tabaka kuruma davranışlarını yarı endüstriyel sürekli akışlı bant kurutucu kullanarak incelemiştir. Patatesler denemeler süresince buzdolabında 5 °C sıcaklıkta tutulmuşlardır. İlk nem içeriğinin saptanması amacıyla, 100 g patates 105±2 °C' de 6 saat süre ile fırında kurutulmuştur. Santrifüj fan, basınçlı sıcak hava kanalı, ısıtıcı, gaz akış oranı kontrol ünitesi, gaz hattı, kontrol paneli, sıcak havanın üniform şekilde dağılımının sağlanması için bir hava kanalı, kurutma odası, delikli bant, zincir dişlileri, zincir, iki adet inverter, sıcaklık ve nem sensörleri, elektrik motoru, kaldırılabilen üst parça ve şafttan oluşturulan kurutucu 2 metre uzunluktadır. Sıcak hava, ürünler üzerinde dikey olarak dolaşmaktadır ve hava çıkışı, kurutucunun üst kısmından gerçekleşmektedir. Kurutucuda ±1 °C doğrulukta otomatik sıcaklık kontrol ünitesi bulunmaktadır. Kurutma havasının hızı ±0.5 m/s doğrulukta anemometre ile ölçülmüştür. Hava hızı, fan motorunu direkt olarak yönlendiren bir inverter kullanımıyla sabitlenmiştir. Sıcaklık sensörleri kurutucunun çerçevesine, hava kanalına ve bandın altına olmak üzere farklı konumlara yerleştirilmiştir. Denemeler süresince iç ve dış ortamın hava sıcaklığı ve bağıl nemi kaydedilmiştir. Kurutucu, her denemeden önce sabit çalışma koşullarına ulaşması için 1 saat önceden çalıştırılmaya başlamıştır. Ardından kurutucunun her bir bandı 250 g 5 mm dilimlenmiş patatesle düzenli şekilde doldurulmuştur. Denemeler 50, 60, 70 °C kurutma havası sıcaklığı, 0.5, 1, 1.5 m/s hava hızı,  $1.85 \times 10^{-4}$ ,  $2.22 \times 10^{-4}$ ,  $2.78 \times 10^{-4}$  m/s doğrusal zincir hızı uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Örnek ağırlıkları 0.01 g hassasiyetindeki elektronik terazi ile saptanmıştır. İlk bant, kurutucunun sonuna ulaştığında kurutucunun üst kısmı boşaltılmış ve kuruyan patatesler kurutucunun dışına alınmıştır. Her bir banttan yaklaşık 40 g kuru patates alınmış ve bu patatesler nem içeriklerinin belirlenmesi amacıyla kurutma fırınına aktarılmışlardır. Nemin örneklerden hızlı şekilde uzaklaşması kurutma işleminin ilk evrelerinde hızlı olmuştur. Bu durum, ince tabaka kurutmada yüksek ısı ve kütle transferinden dolayı, nemin yüzeyden çok hızlı şekilde buharlaşması ile açıklanabilmektedir. Kurutma havası sıcaklığı, patateslerin nem oranları üzerinde daha fazla etkili olmuştur. Bu da, daha yüksek hava sıcaklığında daha fazla değerde ısı ve kütle transferinin ortaya çıkması ile bağlantılıdır. Denemeler sonucunda daha yüksek  $R^2$  değeri ile daha düşük RMSE ve  $\chi^2$  değerlerini vermesinden dolayı Page Modeli kurumayı en iyi tanımlayan model olarak saptanmıştır.

## 2.2. Sebze ve Meyvelerin Kurutulmasında Uygulanan Önlemler

Sebze ve meyvelere uygulanan tüm kurutma işlemlerinde kurutma etkinliğinin artırılması amacıyla, kurutma öncesinde ürünlere bazı önlemler uygulanmaktadır. Sebzelerde de ayıklama, yıkama, kabuk soyma, doğrama, haşlama, soğutma gibi genel işlemler uygulanmaktadır (Cemeroğlu 2004). Sebze ve meyveler için uygulanan bir diğer önlemler metodu kimyasal solüsyonlar yoluyla yapılanıdır. Bu şekilde yapılan önlemlerde amaç kurutma etkinliğinin artırılmasının yanında, kaliteli kuru ürün elde edilmesidir. Kuru ürünün dış görünümü, besin içeriği, depolanma süresi kurutma konusu için önemli etkenlerdir. Bu sebeplerle kurutulacak ürünler, kurutma öncesi bazı kimyasal önlemlere tabi tutulmaktadır.

Domates kurutmada karşılaşılan olumsuz noktaların giderilmesinde  $\text{CaCl}_2$  uygulaması (Lewicki ve Michaluk 2004, Lewicki ve ark. 2002), tuz, şeker ve kalsiyum uygulaması (Heredia ve ark. 2007), glukoz, oligofruktoz, maltodekstrin, trehaloz uygulaması (Dermesonlouoglou ve ark. 2007a), sodyum metabisülfid uygulaması (Akanbi ve ark. 2006) gibi yöntemlerin denendiği çalışmalar bulunmaktadır.

Baloch ve ark. (1997), domates dilimlerini farklı kimyasallara daldırarak kurutulmuş domates tozu elde etmişlerdir. Daldırma amacıyla kalsiyum klorid (%1), potasyum metabisülfid (%2) ve sodyum klorid (%2) kullanmışlar, daha sonra domateslere fırın kurutma metodunu uygulamışlardır. Kurutulmuş domates tozunu elde ettikten sonra 40 °C’ de 90 gün süre ile depolama yaparak karotenoid kayıplarını ve üründe enzimatik olmayan kahverengileşmeyi incelemişler. Sonuç olarak kalsiyum kloridli örneklerde 30. günden sonra karotenoid kayıpları artarken, metabisülfidli örneklerde depolama süresince kayıplar azalmıştır. Sodyum kloridin ise karotenoid kayıplarına etkisi olmamıştır. Bunun tersi olarak, kalsiyum klorid kahverengileşmeyi tamamen yok etmiştir. Metabisülfidin ve sodyum kloridin ise kahverengileşme oranına etkisi hemen hemen olmazken, kurutma sırasındaki ilk kahverengileşmeyi azaltmışlardır.

Lewicki ve ark. (2002), domateslerin sıcak hava ile kurutulmalarında önlemler uygulamalarının etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, iki çeşit domates (Revermun ve Lima) kullanmışlardır. Yıkadıkları domatesleri 10 saniye süre ile kaynayan suda bekletmişler, kabuğunu soyarak dörde bölmüşlerdir. Revermun çeşidi domatesin çekirdek ve plasentasını çıkarmışlar, Lima çeşidini ise çekirdekleriyle beraber kurutmuşlardır. Uygulanan önlemleri şu şekilde özetlemişlerdir;

A işlemi: Revermun çeşidi domatesler 20 °C sıcaklıktaki %2’ lik kalsiyum klorür solüsyonunda 24 saat süresince bekletilmişlerdir.

B işlemleri: Birinci işleme tabi olan domatesler 30 °C sıcaklıktaki %61.5' lik sükroz (sakaroz) solüsyonunda 180 dakika bekletilmişlerdir. Materyal ve solüsyon oranı ¼ olarak belirlenmiştir. Daha sonra örneklere durulama suyu püskürtülmesiyle osmotik materyal uzaklaştırılmış ve örnekler kurulanmıştır.

C işlemleri: Bu adımda her iki çeşit domates de %2' lik kalsiyum klorür içeren sükroz solüsyonunda osmotik dehidrasyona tabi tutulmuşlardır.

Kurutma ortamı olarak laboratuvar tipi sıcak havalı kurutucu kullanmışlar, 60 °C kurutma havası sıcaklığı ve 2 m/s hava hızı uygulamışlardır. Kurutma işlemleri uygulanan önişlemlere bağlı olarak 7-10 saat sürmüştür. Denemeler sonucunda Lima çeşidinin Revermun çeşidine oranla daha hızlı kuruduğu, bu farkın, kurutma öncesi yapılan farklı ön uygulamalardan kaynaklandığı belirtilmiştir. Kalsiyum klorür ile yapılan önişlem kuruma kinetiklerini fazlasıyla etkilemiş, kuruma sırasında önişlemsiz uygulamalara göre suyun daha hızlı uzaklaşmasını sağlamıştır. Kuruma zamanları arasındaki farkın yaklaşık %20 olduğu belirtilmiştir. Kalsiyum iyonları dokudaki su ve şeker hareketini etkilemiştir. Kalsiyum klorür ile önişlem görmüş ve sonra osmotik dehidrasyona tabi tutulmuş domateslerin çok yavaş su kaybettikleri saptanmıştır. Osmatik dehidrasyona tabi tutulmuş domateslerin %21 (yaş baz) nem içeriğine ulaşmaları için 600 dakikaya ihtiyaç duydukları, sadece kalsiyum klorür ile önişlem gören domateslerin aynı nem seviyesine ulaşmak için 485 dakikaya ihtiyaç duydukları belirtilmiştir. Sıcak hava ile kurutma, osmotik dehidrasyona göre nemi daha hızlı uzaklaştırmıştır.

Lapati ve Barrett (2003), tuz ve sodyum metabisülfite solüsyonlarına daldırarak önişlem uygulaması yaptıkları domatesleri güneşte kurutmuşlardır. Tuz konsantrasyonu olarak %0-10-15 ve 20 oranlarını, sodyum metabisülfite konsantrasyonu olarak da %0-4-6 ve 8 oranlarını uygulamışlar, daldırma sürelerini 0-2.5-5 ve 7.5 dakika olarak seçmişlerdir. Kurutulmuş domatesleri nem içeriği, rehidrasyon oranı, sülfür dioksit içeriği ve tuz içeriği açısından değerlendirmişlerdir. Önişlem olarak tuz uygulamasında en etkili şartların %10-15 konsantrasyonda 5 dakika süre ile daldırma olduğunu saptamışlardır. Domateslerde en iyi kırmızı rengin 5 dakika süre ile %6-8 konsantrasyonda sodyum metabisülfite daldırma uygulamasında meydana geldiğini saptamışlardır.

Parin (2004), yüksek lisans çalışmasında üç değişik tarihte aldığı soyulmuş ve temizlenmiş enginar göbeklerini değişmeyen koşullarda 50, 60 ve 70 °C sıcaklıkta ve giriş hızı 8.1 m/s olan hava akımında kurutmuştur. Kurumaya bırakılmadan önce 30 dakika süre ile kurutma sıcaklığındaki ya damıtık suda ya da %1' lik askorbik asit veya sodyum bisülfite çözeltisinde bekletilmişlerdir. Ayrıca, karşılaştırma amacı ile sitrik asit çözeltisi kullanımı,

bekletme süresinin kısaltılması, soyma derecesi ve göbeği ikiye bölmenin etkileri incelenmiştir. Damıtık suda bekletilen göbeklerin kuruma hızı kurutma sıcaklığıyla artmıştır. Buna karşın sodyum bisülfid çözeltisinde bekletilen göbeklerde yüksek sıcaklıkta hızda bir azalma gözlenmiş ve bunun yüzeyde hızlı kuruma sonucu gözeneklerin çökelen maddece tıkanmasına bağlı olduğu düşünülmüştür. Benzer biçimde kurutulmuş göbeklerin su çekme sığası ve rengi damıtık suda bekletilen ürünlerde sıcaklıkla iyileşirken, çözeltide bekletilenlerde tersine davranış gözlenmiştir.

Ön işlemden sitrik asit kullanımı sonuçları askorbik asit kullanımının hemen hemen aynı olduğu olmuştur. Askorbik asit derişiminin %2' ye çıkarılması rengi olumlu etkilemiş, fakat daldırma süresinin kısaltılması renkte bozulmayı arttırmıştır. Hasat sonrası bekleme ve saklama süresi ile göbeğin soyulması derecesinin kuruma hızını etkilediği saptanmıştır.

Akanbi ve ark. (2006), domates dilimlerinin sorpsiyon izotermi ve kuruma kinetiklerini incelemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Taze ve olgun domatesleri ayırıp sınıflandırdıktan sonra yıkamışlardır. Ardından bütün haldeki domatesleri %1 sodyum metabisülfid çözeltisine 180 saniye süresince daldırarak, paslanmaz çelik bir bıçakla 15 mm kalınlığında dilimlemişlerdir. Dilimledikleri domatesleri 60 saniye süre ile 57.8 kN/m<sup>2</sup> buhar basıncında haşlamışlardır, ardından 30 saniye süre ile %1 sodyum metabisülfid çözeltisine daldırmışlardır. Haşlanan ve süflitlenen domates dilimleri 45-60-75 °C kurutma sıcaklığı ve 0.13 m/s hava hızı uygulamasıyla kabin tipi fırın kurutucuda kurutulmuşlardır. 10 domates diliminin ağırlık değışimleri, kurumanın 1. saatinde 5 dakika ara ile, 2. saatinde 15 dakika ara ile, daha sonra denge nemine ulaşınca kadar 30 dakika ara ile tespit edilmiştir. Kurutulmuş dilimler sorpsiyon izotermi ile saptanması amacıyla fosfor pentaoksit (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) içeren cam desikatör içine 3 gün süresince alınmışlardır. 45 °C' de kurutulan domates dilimlerinin denge izotermi 25-30-40 °C sıcaklıklarda, gravimetrik yöntemle saptanmıştır. Örnekler, su aktivite değeri 0.08 ile 0.85 arasında değışen ve sızdırmaz, bölünmüş cam kaplara konan doymuş tuz çözeltilerinin (lityum klorid, potasyum asetat, magnezyum klorid, potasyum karbonat, magnezyum nitrat, sodyum nitrit, sodyum klorid, potasyum klorid) üzerinde yer alan kaplara konmuştur ve sabit ağırlığa ulaşınca kadar 15-25 gün aralığında bekletilmiştir. Daha sonra kuru madde içerikleri vakumlu fırında 70 °C sıcaklıkta saptanmıştır. Sonuçlara bakıldığında, 45 °C' de kurutulan örneklerde pürüzsüz bir doku gözlenmiş ve büzüşme olmamıştır. 60 ve 75 °C sıcaklıkta kurutulan örneklerde ise, özellikle kurumanın son aşamalarına doğru sertleşme meydana gelmiştir. Sodyum metabisülfid çözeltisine daldırma işlemi tüm örneklerde rengin korunması konusunda olumlu etki yaratmıştır.

Davoodi ve ark. (2007), farklı kurutma metotlarının ve önışlemlerin, domates tozunun depolanması ve kalite karakteristikleri üzerine etkisini incelemişler, önışlem uygulaması olarak kalsiyum klorid, potasyum metabisülfıt, kalsiyum klorid+potasyum metabisülfıt ve sodyum klorid kullanmışlardır. Kurutma ortamı olarak güneşli kurutucu ve tünel tipi kurutucu kullanmışlardır. Tünel tipi kurutucuda 65 °C hava sıcaklığı ve 1 m/s hava hızı uygulamışlardır. Ayrıca kurutma işlemlerinden sonra, farklı tiplerde paketleme materyalleri kullanarak 6 aylık bir depolama yapmışlardır. Kurutma uygulamalarının, nem içeriği, şeker, titrasyon asitliği, likopen içeriği, rehidrasyon oranı, dehidrasyon oranı ve enzimatik olmayan kahverengileşme gibi kalite karakteristiklerini nasıl etkilediğini saptamışlardır. Sonuç olarak, kuru ürün kalitesi üzerine en koruyucu etkiyi kalsiyum klorid+potasyum metabisülfıt kombinasyonunun sağladığını, tünel tipi kurutucuda kurutulan örneklerin; likopen içeriği, kahverengileşme indeksi, rehidrasyon oranı ve dehidrasyon oranı açısından daha yüksek kalitede olduğunu saptamışlardır. 6 aylık depolama sonucunda en fazla likopen kaybı ve en fazla kahverengileşme, önışlemsiz örneklerde görölmüştür.

Doymaz (2007), üzüm, erik, kayısı, biber ve domates gibi bazı meyve ve sebzeler ince bir mum tabakası ile kaplı olduğunu, bu dış tabakanın meyve veya sebzenin dış çevresel faktörlere karşı korunması gibi yararlar sağladığını belirtmiştir. Bunun yanında mum tabakası çok önemli olan kurutma işleminde ürünün içinden yüzeyine doğru olan nem akışını da etkilemektedir. Kurutma işleminde önce meyve ve sebzelerdeki mum tabakasını uzaklaştırmak için sodyum hidroksit, sodyum klorid, potasyum karbonat ve kalsiyum klorid solüsyonları içerisinde metil ya da etil ester emülsiyonları veya alkalın önışlemleri uygulanır. Mumsu tabakalı ürünlerin birkaç saniye süre ile etil oleat ya da diğer uygun bileşiklere daldırılması kuruma süresini önemli ölçüde kısaltmaktadır. Araştırıcı, domateste sıcak havalı kurutmanın etkilerini incelediği çalışmasında, domatesleri 1 dakika süre ile alkalın etil oleat (%2 etil oleat + %4 potasyum karbonat) solüsyonuna daldırarak önışlemin ve hava sıcaklığının kurutma yöntemine ve kuruma oranına olan etkilerini saptamıştır. Çalışmanın sonucunda, önışlem uygulanan domateslerin önışlemsiz örneklere göre daha hızlı kuruma gösterdiği saptanmıştır.

Tarhan (2007), eriğin orta ve düşük sıcaklıkta kurutulmasında kimyasal ve ısısız önışlem kombinasyonunun sečilmesi konulu çalışmasında, eriğin yüzeyindeki mumsu tabakanın uzaklaştırılması için dört farklı önışlem solüsyonu kullanmıştır. Bunlar: %4 etil oleat, %1 KOH, %1 NaOH ve sudur. Bu solüsyonların her biri için 23 ve 60 °C daldırma sıcaklığı ve 1 dakika süre ile daldırma uygulanmıştır. Önışlemlerin tamamlanmasından sonra erikler düşük ya da orta sıcaklıklarda kurumaya alınmışlardır (<55 °C). Laboratuvar tipi sıcak

havalı kurutucu, sera tipi güneşli kurutucu ve güneşte kurutma olmak üzere 3 farklı kurutma metodu uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda önerilen önışlem 60 °C daldırma sıcaklığı ile %1 KOH ve 60 °C daldırma sıcaklığı ile %1 NaOH' tır. Kurutma denemelerinde önışlem kombinasyonlarının renk değerlerinde önemli değişimlere neden olmadığı saptanmıştır.

### 2.3. Kurutma Sonunda Elde Edilen Ürünlerde Kalite Kriterleri

Modern tarım ve gıda endüstrisinin temel amacı, işçiliği azaltmak, gıda ürünlerinin kalitesini arttırmak, etkin gıda işleme ve üretimini sağlamaktır (Cihan ve Ulger 1995). Domates ürünlerinin besinsel ve duyusal kalitesi, öncelikli olarak ürünün yetişme şartlarından ve işleme parametrelerinden etkilenmektedir (Yıldız ve Baysal 2007).

Domatesteki en önemli kalite parametrelerinden biri kırmızı renktir. Çeşitli meyvelerin sahip olduğu kırmızı renk, o meyvelerde likopenin ve diğer karotenoidlerin bulunmasına bağlıdır. Likopen özellikle bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından sentezlenen doğal bir pigmenttir. Likopenin ve bağlı bulunduğu karotenoidlerin görevlerinden biri fotosentez sırasında ışığı absorbe etmektir. Likopen en yaygın ve en önemli doğal pigmentler arasındadır (Shi 2000). Roldan-Gutierrez ve Luque de Castro (2007), bazı gıdalardaki likopen içeriklerini yaş ağırlık esasına göre belirtmişlerdir (Çizelge 2.1).

**Çizelge 2.1.** Bazı gıdalarda yaklaşık likopen içerikleri (mg/100 g yaş ağırlık)

Gıda	Likopen içeriği (mg/100 g)
Taze domates	0.88-4.20
Pişirilmiş domates	3.70
Domates sosu	6.20
Domates salçası	5.40-150
Domates çorbası	7.99
Sprey kurutucuda kurutulmuş domates tozu	112.63-126.49
Domates suyu	5.00-11.60
Güneşte kurutulmuş domates	46.50
Ketçap	9.90-13.44
Pizza sosu (konserve)	12.71
Kayısı	<0.01
Kayısı (konserve)	0.06
Kurutulmuş kayısı	0.86
Pembe greyfurt	3.36
Taze guava	5.40
Guava suyu	3.34
Taze kavun	2.30-7.20
Taze papaya	2.00-5.30

Babalık (1996), Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) uygulayarak güneşte kuruttuğu domateslerin kalitesi üzerine depolama öncesi ön işlemlerin ve depolama koşullarının etkisini araştırmıştır. Rio Grande çeşidi domatesler, son üründe 1000, 4000 ve 8000 ppm olacak şekilde kükürtletilmiş ve güneşte kurutulmuştur. Kurutma işlemi toprak üzerine serilmiş sergiler üzerinde yapılmıştır. Kurutulan domatesler 5 °C ve 30 °C olmak üzere iki farklı sıcaklık, %58 ve %85 olmak üzere iki farklı bağıl nemde yüksek yoğunluklu polietilen ile ambalajlanıp 135 gün süresince depolanmıştır. Depolama işleminden önce örnekler -20 °C’ de dondurulmuştur. Depolama süresinin sonunda örnekler analizlere kadar yine -20 °C ‘ de saklanmıştır. Farklı oranlarda SO<sub>2</sub> uygulaması ve depolama koşullarının kurutulmuş domates örneklerinin kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Nem, pH, titre edilebilir asitlik, kükürtdioksit oranı, esmerleşme, CIE L\*a\*b\* renk değerleri ile duyu özellikler incelenmiştir.

Depolama boyunca örneklerin nem içeriklerinde artış gözlenmiş, bu artışın düşük sıcaklıklarda çok fazla olmadığı, sıcaklığın artmasıyla nem içeriğinin daha çok arttığı belirlenmiştir. Örneklerin kükürt miktarı arttıkça pH değerleri de yükselmiştir. Depo sıcaklığının artmasıyla örneklerin SO<sub>2</sub> oranında hızlı bir azalma olmuştur. Kükürdün rengi koruyucu etkisinden dolayı, depolama boyunca rengin en iyi korunduğu örneklerin yüksek kükürt içeren örnekler olduğu, esmerleşmenin kükürt kullanımıyla azaldığı ve düşük depolama sıcaklığının etkisiyle örneklerin depolama süresinin arttığı belirtilmiştir. Domateslerin uzun süre bozulmadan saklanabilmesi için düşük sıcaklıklarda depolanması gerektiği, bazı kimyasal değişimlerin minimize edilmesi için SO<sub>2</sub> kullanımının kaçınılmaz olduğu görülmüştür.

Shi ve ark. (1999), kurutulmuş domatesteki likopen kayıplarını incelemişler, kabuk soyma işlemi uyguladıkları domatesleri sıcak hava ile 95 °C’ de 6-10 saat kurutmuşlar, vakumlu kurutucuda 55 °C’ de 4-8 saat kurutmuşlar ve 25 °C’ de 65 brix sukroz solüsyonunda 4 saat osmotik işlem uyguladıktan sonra vakumlu kurutucuda 55 °C’ de 4-8 saat kurutmuşlar, osmotik işlemlerin likopen kayıplarını azalttığını tespit etmişler, en fazla likopen kaybının sıcak havalı kurutmada oluştuğunu görmüşlerdir. Osmotik işlem uygulayarak vakum altında kurutulan domateslerdeki likopen kaybının daha az olmasının nedeni olarak; osmotik işlem sırasında domatesin bünyesine giren şekerin, likopenin hava ile temas ederek bozulmasını engellemiş olabileceğini bildirmişlerdir.

Chang ve ark. (2006), taze domates, dondurularak kurutulmuş domates ve sıcak hava ile kurutulmuş domatesin antioksidan özelliklerinin karşılaştırılması üzerine araştırma yapmışlardır. Çalışmalarında iki çeşit domates kullanmışlar, ürünü önce yıkamışlar ve



10x10x10 mm<sup>3</sup> büyüklüğünde küp şeklinde kesmişlerdir. Yöntemler için 5 kg ürün kullanmışlardır. Dondurarak kurutmayı -50 °C' de, 24 saat süre ile donmalı kurutucuda, sıcak havalı kurutmayı da fırın ortamında 80 °C' de 2 saat, daha sonra 60 °C' de 6 saat süre ile gerçekleştirmişlerdir. Kurutma işlemlerinden sonra ürünleri toz haline getirmişler, paketlenmişler ve kullanıma kadar -40 °C' de depolamışlardır. Yapılan analizler sonucunda sıcak hava ile kurutulan örneklerde, kurutulmamış domates ve dondurarak kurutulmuş domatese göre likopen, flavonoid ve fenolik içeriğinin en yüksek seviyede olduğu görülmüştür. Sonuçlar kurutma işlemlerinin domatesin besin değerini arttırabileceğini göstermiştir.

Akdeniz ve Bağdatlıoğlu (2007), güneşte kurutulmuş domatesler üzerinde depolama koşullarının etkisini incelemişler, deneme materyali olarak Rio Grande çeşidi domates kullanmışlardır. Kurutulmuş domatesleri üç farklı ortamda (normal, vakum ve azot) ambalajlayarak iki farklı sıcaklıkta (4 °C ve 20 °C) 9 ay depolamışlardır. Ambalajlama malzemesi olarak polistren köpük malzeme ısı ve basınç uygulamasıyla tabak haline getirilmiş, bu tabak lamine film ile kapatılmıştır. Her bir ambalaja 100' er g domates tartılmış, örnekler normal, vakumlu ve azotlu olmak üzere üç farklı şekilde ambalajlanmıştır. Depolama süresince örnekleri nem, su aktivitesi, kükürt dioksit içeriği, pH, toplam tuz içeriği ve titre edilebilir asitlik değerleri açısından incelemişlerdir. 9 aylık depolama sonucunda, her iki sıcaklıkta da örneklerin nem özelliklerinin değişiminde önemli bir fark gözlenmemiştir. Su aktivitesi değerlerinde ilk aylarda kısmi bir düşüş ve sonra dalgalanmalar gözlenmiştir. Toplam kükürt dioksit niceliğinde en fazla azalma normal ambalajlı ve oda sıcaklığında depolanan örneklerde görülmüştür. Soğukta depolanmış örneklerde pH düşüşü, diğer yöntemlerle muhafaza edilenlere göre daha az olmuştur. Sonuç olarak depolama boyunca modifiye atmosfer ve soğuk depo ortamı koşullarının, kimyasal bozulma gibi olumsuz etkileri önlediği, bu uygulamanın kurutulmuş domateslerin kalitesinin korunmasında önemli işlem olduğu görülmüştür. Nem ve oksijen geçirgenliği düşük ambalajların ürün kalitesini uzun süre koruduğu ve oda sıcaklığında (20 °C) vakum uygulanan veya azot gazı altında muhafaza edilen örneklerin 4 °C' de muhafaza edilen örneklerden önemli fark göstermediği gözlenmiştir.

Singh ve Gupta (2007), havuç küplerinin osmotik önışlem uygulamasıyla konvektif sıcak havalı kurutulmasını incelemişler, hem önışlemli hem de önışlemsiz uygulamalar yapmışlardır. Kurutma öncesinde havuçları yıkamışlar ve elle soymuşlar, ardından 1x1x1 cm boyutlarında kübik olarak doğramışlardır. İlk nem içeriklerini %90.9-91.15 olarak belirledikleri havuç küplerini, enzimlerin inaktive olması için sıcak suda 3 dakika süresince

haşlamışlar, ardından soğuk suyla durulamışlardır. Haşlamanın ardından havuç küpleri, rengin ve vitaminlerin korunmasının sağlanması amacıyla %0.3' lük sodyum metabisülfid solüsyonuna 3 dakika süresince daldırılmışlardır. Daha sonra, 90 dakika süre ile 35 °C' deki %10' luk NaCl solüsyonuna, 180 dakika süre ile 45 °C' deki 55 °B sukroz şurubuna ve 180 dakika süre ile 45 °C' deki 55 °B sukroz şurubu + %10' luk NaCl karışımına daldırılmak suretiyle osmotik önileme uygulaması yapmışlardır. Solüsyon ve örnek oranını 1:5 olarak belirlemişlerdir. Osmotik önilemeler ortalama nem içeriklerini sırasıyla, %2, %13 ve %18 oranlarında azaltmışlardır. Önilemeli ve önilemsiz havuçları ince tabaka halinde, 55, 65 ve 75 °C kurutma sıcaklıklarında ve 1.6 m/s hava hızında konvektif olarak kurutmuşlardır. Önileme uygulanmayan havuç küplerinin kurutulmasına örnekler yüksek nem içeriğindeyken başlanmış, bunun yanında NaCl tuzu uygulanmış örneklerin kurutulmasına %82 nem içeriğindeyken, sukroz şurubu uygulanmış örneklerin kurutulmasına %78 nem içeriğindeyken, sukroz-NaCl karışımı uygulanmış örneklerin kurutulmasına da %71 nem içeriğindeyken başlanmıştır. Örnekler %4-5 nem içeriğine ulaşmaya kadar kurutma işlemlerine devam edilmiştir. Osmotik önileme uygulanmamış örnekler, osmotik önileme uygulananlara oranla daha kısa sürede kurumuşlardır. Her üç kurutma sıcaklığında da osmotik önileme uygulanmış örnekler içinde, NaCl tuzu uygulananların kuruma süreleri, diğer iki önileme uygulamasıyla kurutulan örneklerin kuruma sürelerine kıyasla daha kısa olmuştur.

Khazaei ve ark. (2008), hava sıcaklığının ve dilim kalınlığının domateste kalite ve kuruma kinetikleri üzerine etkisini araştırmışlar, bu amaçla 60, 80, 100 ve 120 °C kurutma sıcaklığı ile 3, 5, 7, 9 ve 11 mm dilim kalınlığı uygulamışlardır. Denemeleri kabin tipi sıcak havalı kurutucuda gerçekleştirmişlerdir. Domatesleri %94.4 ilk nem içeriğinden %15 içeriğine kadar kurutmuşlardır. Kuruma süresi 2.6-18.7 saat arasında değişmiştir. Hem hava sıcaklığının hem de dilim kalınlığının, domatesin kuruma periyodu üzerindeki etkisinin önemli olduğunu, askorbik asit kayıplarının dilim kalınlığından etkilendiğini saptamışlardır.

Marfil ve ark. (2008), farklı kurutma koşullarında domateste askorbik asit parçalanma kinetiklerini araştırmışlardır. Genel olarak askorbik asitin iyi korunması durumunda ürünlerdeki diğer bileşenlerin de iyi korunduğunu, bu sebeple de askorbik asitin gıdalardaki besin kalitesinin bir göstergesi olduğunu belirtmişlerdir. Satın aldıkları armut şekilli domatesleri renk, boyut ve fiziksel kusur bakımından görsel olarak sınıflandırmışlar, ardından taze su ile yıkamışlardır. Bütün haldeki domatesler kabuk aşınmasının sağlanması için 30 °C sıcaklıktaki NaOH çözeltisine (6 g NaOH/100 g çözelti) 30 dakika süresince daldırılmışlardır. Yarım domatesler soyulmamış, fakat parankima ve çekirdekleri elle ayrılmıştır. Sukroz ve NaCl damıtık suda çözündürülmüş ve osmotik madde olarak kullanılmıştır. Bütün haldeki soyulmuş

domatesler 30 °C sıcaklıktaki NaCl/Sukroz çözeltisine (10 g NaCl/100 g Çözelti ve 35 g sukroz/100 g çözelti) 60 dakika süre ile daldırılmışlardır. Çözelti, işlem görmüş örneklerden 1 dakikada boşaltılmış, örnekler üzerlerinde kalan çözeltinin uzaklaşması için taze su ile yıkanmış ve emici bir kağıtla hafifçe kurulanmıştır. Kurutma denemeleri 50, 60 ve 70 °C kurutma sıcaklığında ve 1 m/s hava hızında gerçekleştirilmiştir. Kurutucu, paralel hava akışlı bir sistem olup, hava akımı kontrol ünitesi, kurutma havasının ısıtıldığı bölüm ve kurutma odasından oluşmuştur. Örneklerin ilk nem içerikleri vakumlu fırında 60 °C sıcaklıkta 48 saat süresince kurutma ile belirlenmiş, kuruma kinetiklerinin saptanması için de örnek ağırlıkları düzenli aralıklarla kaydedilmiştir.

Taze ve bütün haldeki domateste ortalama C vitamini içeriği  $4.00 \pm 0.30$  mg askorbik asit/g kuru madde olarak tespit edilmiştir. Kabuk aşınması uygulandıktan sonra bu içerik  $3.36 \pm 0.56$  mg askorbik asit/g kuru madde olarak saptanmış, bu da besin içeriğinde %16 oranında bir düşüş meydana geldiğini göstermiştir. Diğer yandan, NaCl/Sukroz çözeltisiyle yapılan osmotik işlem, askorbik asit parçalanmasında bir artışa sebep olmuş, bu işleme tabi olan domateslerin C vitamini içeriği  $2.19 \pm 0.24$  askorbik asit/g kuru madde olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar, osmotik dehidrasyon sırasında meydana gelen askorbik asit düşüşünün, C vitamininin osmotik çözelti tarafından çekilmesi ile bağlantılı olabileceğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak kabuk aşınma uygulaması, ilk askorbik asit içeriğini %16 oranında azaltırken, osmotik önileme uygulaması bu içeriği %45 oranında azaltmıştır. Kurutma sırasındaki askorbik asit parçalanması, kurutmadan önce uygulanan önilemelere bağlı olduğu kadar, kurutma sıcaklıklarına da bağlıdır. Yüksek kurutma sıcaklıkları C vitamini parçalanma oranlarını arttırmaktadır.

#### **2.4. Domates Kurutma İşleminin Modellenmesi**

Tahılların ve diğer gıdaların kuruma mekanizmalarını tanımlayan matematiksel modeller, kuruma için gerekli sıcaklık ve nem bilgilerini vermektedirler (Tabatabaee ve ark. 2004).

Queiroz ve ark. (2004), gıda ürünlerinden suyun uzaklaştırılması konusunda, geniş oranda enerji gereksiniminin söz konusu olduğunu belirtmişlerdir. Gıdalar gibi ısıya duyarlı olan materyaller için, renk, besin içeriği, tat ve doku ile bağlantılı olan kalite kayıpları, enerjinin korunumu ile beraber değerlendirilecek önemli bir faktördür. Araştırmacılar, domatesin kuruma kinetiklerini ısı pompalı kurutucu ve elektrikli rezistansların kullanıldığı paralel ve çapraz akışlı kurutucu kullanarak incelemişlerdir. Domates çeşidi olarak Santa Cruz ve armut tipi domatesleri seçmişler, renk ve boyut olarak sınıflandırdıkları olgun ve taze

domatesleri yıkayarak dörde bölmüşler, parankima ve çekirdek kısımlarını ayırmışlardır. Kurutucularda, kurutma sıcaklığı olarak 40, 45 ve 50 °C, hava hızı olarak da 1.5 ve 2 m/s uygulaması yapmışlardır. Her iki sistemin performansı değerlendirilmiş ve karşılaştırılmış, sıcaklığın, hava hızının ve domates çeşidinin kuruma kinetikleri üzerine etkileri analiz edilmiştir. Isı pompalı kurutucu, elektrikli rezistansların kullanıldığı kurutma sistemi ile karşılaştırıldığında, %40 oranında enerji tasarrufu sağlamıştır. Isı pompalı kurutma, kurutma odasındaki düşük bağıl nemden dolayı en yüksek kuruma oranlarını vermiştir. Kurutma şartları değerlendirildiğinde, ısı pompalı kurutucuda domateslerin kuruması için gerekli süre 341 dakika iken, bu süre elektrikli rezistanslı paralel akışlı kurutucuda 386 dakika olmuştur. Buradan da, ısı pompalı kurutucu kullanımının, kuruma süresini yaklaşık olarak %12 oranında azalttığı anlaşılmaktadır. İstatistiksel analizler her iki kurutucuda da, kurutma sıcaklığının kuruma oranını etkileyen temel faktör olduğunu göstermiştir. Page modelinin domatesin kuruma süresini tahmin etmek amacıyla kullanılabileceği belirtilmiş, bu model en uygun deneysel verilerin elde edildiği model olmuştur. Ayrıca model parametrelerinin kurutma sıcaklığından etkilendiği saptanmıştır. Sonuçlar R<sup>2</sup> değerinin 0.99' un üzerinde olduğunu göstermektedir. Page modeli;

$$M = \frac{X - X_E}{X_o - X_E} = \exp(-k_p t^n)$$

olarak tanımlanmaktadır. Eşitlikteki X herhangi bir andaki nem içeriği, X<sub>o</sub> ilk nem içeriği, X<sub>E</sub> denge nem içeriği, k<sub>p</sub> ve n Page kuruma katsayısı değerleridir. Page eşitliği için kuruma oranı;

$$\frac{dX}{dt} = (-k_p n t^{n-1})(X - X_E)$$

Geliştirilmiş kuruma katsayısı ise; k\* = k<sub>p</sub> n t<sup>n-1</sup> olarak verilmektedir. Burada n<1 olması durumunda k\* değerinin kuruma esnasında azaldığı belirtilmiştir.

Günhan (2005), doktora çalışmasında Rio Grande çeşidi domateslerin değişik hava sıcaklığı, hava hızı ve önışlem koşullarında göstereceği kuruma karakteristiklerini belirlemeye çalışmıştır. Bu amaçla denemelerinde 50-60-70 ve 80 °C hava sıcaklıkları ile 0.6-0.9 ve 1.2 m/s hava hızları kullanarak kükürlenmiş ve tuzlanmış domatesleri kurutmuştur. Elde ettiği sonuçlardan domateslerin kurutulması sırasında sahip oldukları nem miktarını belirlemede kullanılabilecek eşitlikler geliştirmiştir. Ayrıca kurutulan domatesleri kükürt kalıntısı, renk ve su geri kazanım gibi kalite kriterlerini göz önüne alarak değerlendirmiştir. Günhan, incelediği modeller arasında 50 °C ≤ T ≤ 80 °C ve 0.6 m/s ≤ V ≤ 1.2 m/s sınırları içerisinde kükürtleterek ve tuzlayarak kuruttuğu domateslerin kurumasını en iyi tanımlayan modellerin Midilli ve Küçük ile Logaritmik model olduğunu belirtmiş, daha yalın ve kullanışlı olması

sebebiyle Lewis modelinin de aynı amaç için kullanılmasını önermiştir. Kükürtleyerek kuruttuğu domateslerin su geri kazanım oranlarını tuzlayarak kuruttuklarına göre daha yüksek bulmuştur. 50 ve 60 °C sıcaklıklarda kuruttuğu domateslerin su geri kazanım oranlarını 70 ve 80 °C’ de kurutulanlara göre daha yüksek bulmuştur. Güneşte kurutulan örneklere en yakın renk değerlerini 50 ve 60 °C sıcaklıklarda kurutulan domateslerde elde etmiştir.

Mogavharnejad ve Nikzad (2007), yapay sinir ağı modeli kullanarak domatesin kuruma modellemesi üzerine yaptıkları çalışmada, elektrikli ısıtıcı elemanlardan, kuruma odasından ve aksiyal akışlı fandan oluşan bir kurutucu kullanmışlardır. Hava akışı, dijital anemometre kullanılarak tünelin son noktasından ölçülmüştür. Isıtıcıların gücü 3 kW’ a kadar, hava hızı ise 1.9 m/s değerine kadar ayarlanabilmektedir. Kurutma işleminden önce bütün haldeki domatesler %1’ lik sodyum klorid çözeltisine 180 saniye süresince daldırılmışlar, ardından 15 mm kalınlığında dilimlenerek yine %1’ lik sodyum klorid çözeltisine 30 saniye süresince daldırılmışlardır. Örneklerin ağırlık kayıpları kurumunun birinci saatinde 5 dakika aralıklarla, ikinci saatinde 10 dakika aralıklarla ve sonraki aşamalarda 15 dakika aralıklarla saptanmıştır. Deneysel verilerin matematiksel modellemesi için farklı modeller kullanılmıştır. Kurumayı en iyi tanımlayan eşitliğin seçimi için tahminin standart hatası (MSE), ortalama bağıl yüzde hata (P) ve korelasyon katsayısı ( $r^2$ ) saptanmıştır. En iyi modelin saptanması için, en düşük MSE ya da P değeri ile en yüksek  $r^2$  değeri ele alınmıştır. Yapılan istatistik analizler sonucunda, domatesin kuruma davranışını en iyi açıklayan modelin Page modeli olduğu bildirilmiştir. Bu modelde ortalama hata  $P=5.32$  iken, bunu izleyen Wang ve Singh modelinde ortalama hata  $P=6.53$ , Logaritmik modelde ise  $P=7.85$  olmuştur. Uygulanan diğer modellerde ise bu değer %10’ un üzerinde tespit edilmiştir. Yapay sinir ağı modeli uygulaması ise tüm modeller içerisinde  $P=1.18$  hata değeri ile en iyi sonucu veren model olmuştur.

Al-Harashsheh ve ark. (2009), domates posasının mikrodalga ile kurutulmasında osmotik dehidrasyonun etkisini incelemişler, domates salçası üretiminde büyük miktarlardaki domates posasının atık ürün olarak meydana geldiğini belirtmişlerdir. Domates salçası üretimi %7-7.5 oranında katı atık meydana getirmektedir ve bu atığın %71-72’ si posadır. Bu denli yüksek miktardaki posa atığı ciddi bir çevresel problem olmaktadır. Araştırmacılar, sodyum klorid kullanarak osmotik dehidrasyona tabi tuttıkları domates posalarını mikrodalga kurutucu ile kurutmuşlar, kuruttukları ürünlerin gübre ya da hayvan yiyeceği olarak kullanılabilceğini belirtmişlerdir.

Kurutma için, 2450 Mhz frekansta max gücü 1600 W olan programlanabilir bir deneysel mikrodalga fırın kullanmışlardır. Her bir denemede  $50\pm 5$  g ağırlığında posa örneğini cam

tabağa koymuşlardır. Mikrodalga fırının çıkış gücünü 160, 320, 480, 640 ve 800 W olarak belirlemişlerdir. Nem içeriği verilerini hesaplamada aşağıdaki eşitliği kullanmışlardır.

$$MR = \frac{X - X_e}{X_o - X_e}$$

$$Kuruma oranı = \frac{X_{t+\Delta t} - M_t}{\Delta t}$$

Eşitlikte MR; nem oranı, X; herhangi bir t anındaki nem içeriği, X<sub>o</sub>; ilk nem içeriği, X<sub>e</sub>; denge nem içeriğidir. Osmotik solüsyon olarak NaCl kullanımının ve mikrodalga dozajının artırılmasının, kuruma hızını arttırdığını, dolayısıyla kuruma süresini azalttığını saptamışlardır. Mikrodalga kuruma verilerinin modellenmesi sonucunda ise;  $MR = aexp(-kt^n) + bt$  olarak tanımlanan Midilli modelinin kuruma eğrilerine en uyumlu model olduğu saptanmıştır. Modelde t kuruma süresini, a, k, n ve b ise model parametrelerini belirtmektedir.

Al-Muhtaseb ve ark. (2010), protein bakımından zengin domates posasının osmotik önişlemli ve önişlemsiz kurutulmasında kuruma karakteristiklerini ve kalite değişimlerini incelemişlerdir. Posa örnekleri sıcak havalı kabin tipi kurutucuda 40, 50, 60, 70, 80 °C sıcaklıklarda kurutulmuşlardır. Ürün ağırlık kayıpları kurumunun başlangıcında her 5 dakikada bir kaydedilmiş, sonraki aşamalarda 10, 15, 30 dakika ve 1 saat sürelerle tartım aralıkları artırılmıştır. Kurutma öncesi örnekler 4 saat süresince %10 NaCl çözeltisi içinde bekletilmişlerdir.  $M = \frac{X - X_E}{X_o - X_E}$  formülü ile, deneysel olarak nem içeriklerini saptamışlardır.

İnce tabaka kurutma modelleri olarak Lewis, Henderson ve Pabis, Logaritmik, Midilli, Two term ve Page modelleri seçilmiştir. Örneklerin NaCl çözeltisine daldırılması, örneklerin içindeki nem hareketliliğini ve örneklerden osmotik çözeltiye olan su transferini arttırmıştır. Bu da örneklerdeki su kaybının önemli derecede artmasını sağlamıştır. Her bir kuruma modeli için istatistiksel parametrelerin ortalama değerlerine dayanarak deneysel verileri en iyi temsil eden ve kuruma davranışını en iyi tanımlayan modelin Midilli modeli olduğu, bunu Page modelinin takip ettiği saptanmıştır.  $\chi^2$ , RMSE ve RSS ortalama değerleri, diğer ince tabaka modellerle kıyaslandığında Midilli modelinde en düşük olarak saptanmıştır. Diğer yandan, en az uygunluk gösteren Lewis modelinde en yüksek ortalama değerler saptanmıştır.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

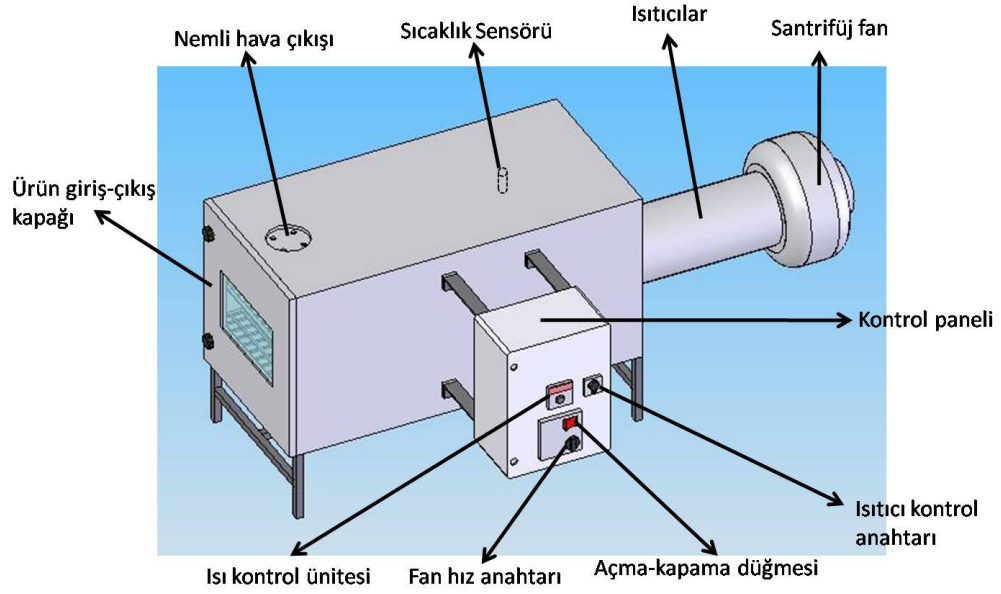
##### **3.1.1. Denemelerde kullanılan domates**

Domatesin farklı yöntem ve önışlemlerle kurutulmasına yönelik bu araştırmada domates çeşidi olarak Trakya Bölgesinde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan 8354 çeşidi kullanılmıştır. Domatesler, Trakya Bölgesinde yaygın olarak domates üretiminin yapıldığı Silivri ilçesine bağlı Değirmenköy beldesinde, 2007-2008 yılları hasat sezonunda tam olgun durumda iken elle hasat edilmiştir. Kurutma amacıyla domateslerden alınan örnekler yıkanarak kurulandıktan sonra kurutma işleminde hazır hale getirilmişlerdir.

##### **3.1.2. Sıcak havalı kabin tipi kurutucu**

Bu kurutucuda kabin malzemesi olarak 2 mm kalınlığında galvaniz sac, sıcak havanın elde edilebilmesi için 2 adet serpantinli ısıtıcı kullanılmıştır. Isıtıcılar 2 kademeli bir kontrol anahtarı vasıtasıyla birbirinden ayrı şekilde devreye sokulabilmektedir. Anahtar sıfır kademesinde olduğu konumda bir ısıtıcı çalışırken, 1 kademesine getirildiğinde her iki ısıtıcı da devreye girebilmektedir (Şekil 3.1).

Kurutucu içine gönderilecek kurutma havasına hız kazandırabilmek için yuvarlak kanal tipi, metal gövdeli santrifüj bir fan (Vortice - CA 150D model) kullanılmıştır. Bu fan 65-82 Watt güç, 300-530 m<sup>3</sup>/h hava debisi, 1440-2460 rpm çalışma koşullarına sahiptir. Fanın farklı hızlarda çalışmasını sağlamak için bu fana uyumlu 5 kademeli hız anahtarından (SCNR5 model) yararlanılmıştır. Isıtıcıların belli sıcaklıklarda çalışmasını sağlamak amacıyla da 0-400 °C sıcaklıklar arasında çalışma özelliğine sahip bir ısı kontrol ünitesi (ARM 396 model dijital göstergeli analog termostat) kullanılmıştır. Kurutucuda ısı kayıplarını önleyebilmek amacıyla izolasyon malzemesi olarak 30 mm kalınlığında cam yünü ve alüminyum folyo kullanılmıştır. Yeterli havalanmanın sağlanabilmesi amacıyla domatesler ızgaralı tepsilere yerleştirilmiştir. Kurutucuyla birlikte parçalarının resmi Şekil 3.2' de görülmektedir.



Şekil 3.1. Sıcak havalı kurutucunun şematik şekli

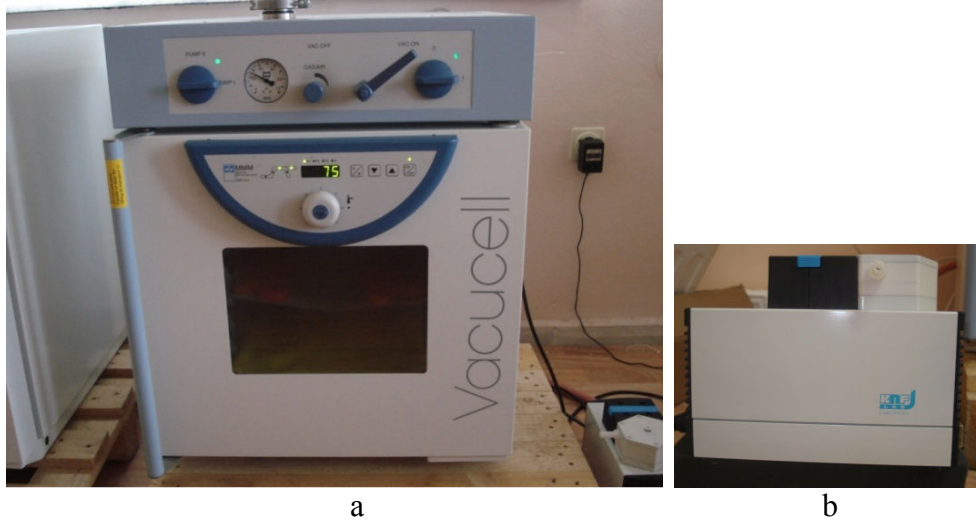


Şekil 3.2. Sıcak havalı kurutucu ve parçaları

### 3.1.3. Vakumlu kurutucu

Vakumlu kurutma denemeleri için 22 litre kapasiteli, ortam sıcaklığı 5 °C' den 200 °C' ye kadar çıkabilen, iç haznesi paslanmaz çelik malzemeye sahip vakumlu kurutucu (MMM Medcenter Vacucell 22 Blue Line) kullanılmıştır. Bu kurutucuda vakum, bir vakum pompası vasıtasıyla sağlanmaktadır (KNF Laboport N810 FTP Diyafram Vakum Pompası) ve bu pompa ile 10 kPa değerinde nihai vakuma ulaşılabilmektedir (Şekil 3.3).





**Şekil 3.3.** Vakumlu kurutucu (a) ve vakum pompası (b)

#### **3.1.4. Dondurarak kurutmada kullanılan cihazlar**

Dondurarak kurutmada Namık Kemal Üniversitesi Teknik Bilimler Yüksek Okulu Gıda Proses Laboratuvarı bünyesinde bulunan dondurucu (Şekil 3.4) ve kurutucu (Şekil 3.5) kullanılmıştır. Domatesler önce 10 m/s hızla hava üfleyen akışkan yataklı dondurucuya (Armfield-Blast and Fluid Bed Freezer) alınmış, ardından -40 °C’ de çalışan dondurucunun raflarına yerleştirilmiştir. Daha sonra kurutmanın yapılacağı sistemde (Vacuum Freeze Dryer-Armfield FT 33 Model) kurutma işlemi 30 °C’ de yürütülmüştür. Yani dondurarak kurutma (liyofilizasyon) iki önemli aşamadan oluşmuştur. Birinci aşamada ürün dondurulmuş, ikinci aşamada ise oluşan buz doğrudan süblime edilmiş ve ürün basınç düşürülerek kurutulmuştur.



**Şekil 3.4.** Akışkan yataklı dondurucu



**Şekil 3.5.** Dondurarak kurutucu

### **3.1.5. Güneşte kurutma denemelerinde kullanılan düzenekler**

Güneşte kurutma denemelerinde kurutma zemini olarak, sıcak havalı kurutucuda kullanılan ızgaralı teller kullanılmıştır. Bu teller tahta çerçeveye monte edilerek 80x100 cm boyutlarında kurutma masaları elde edilmiş, yine tahta ayaklar vasıtasıyla masaların yerden 80 cm kadar yükseklikte olması sağlanmış, böylece kurutma materyalinin yerden gelecek toz, toprak, böcek, kemirgen gibi zararlılardan zarar görmemesi veya minimum seviyede zarar görmesi amaçlanmıştır (Şekil 3.6).



**Şekil 3.6.** Güneşte kurutma denemelerinde kullanılan masalar

Güneşte kurutma uygulamaları sırasındaki en düşük ve en yüksek hava sıcaklığı, nem ve rüzgar hızı değerleri sırasıyla 28-34.8 °C, %32.20-40.50 ve 0.4-2.9 m/s olarak saptanmıştır.

### 3.1.6. Denemelerde kullanılan ölçüm aletleri

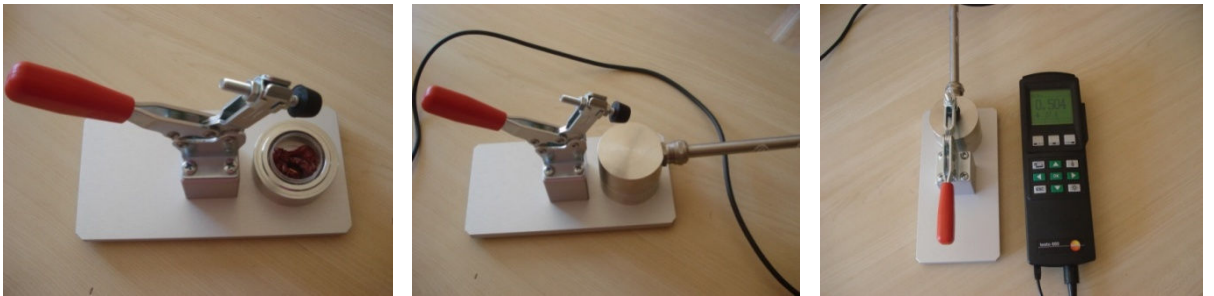
Tüm kurutma çalışmalarında ürün ağırlık değişimlerinin saptanması amacıyla 0.01 g hassasiyetinde AND GX 4000 model elektronik terazi, sıcak havalı kurutucuda ve güneşte kurutmada havanın hızını ölçebilmek amacıyla 0.4-30 m/s aralığında ölçüm yapabilen Lutron AM 4202 Model anemometre kullanılmıştır (Şekil 3.7). Kurutma ortamlarında sıcaklık ve nem tespitleri için Testo 608-H2 model sıcaklık ve nem ölçerden, ürün nem tayinleri için AND marka MX-50 model nem tayin cihazından yararlanılmıştır (Şekil 3.8). Su aktivitelerinin ölçümünde ise Testo 650 model su aktivitesi ölçüm seti kullanılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.7. Denemelerde kullanılan terazi (a) ve anemometre (b)



Şekil 3.8. Denemelerde kullanılan sıcaklık-nem ölçer (a) ve nem tayin cihazı (b)



Şekil 3.9. Su aktivitesi ölçüm seti ve ölçüm aşamaları

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Ön denemelerin yapılması

Öncelikle tüm kurutma sistemlerinin kullanımlarının pekişmesi amacıyla ön denemeler yapılmıştır. Ön denemelerde hedeflenen amaç, domateste kuruma sonunda ulaşılabilecek son nem içeriği seviyesine ulaşmak için saptanacak kriterleri tespit etmektir. Bunu saptayabilmek amacıyla AND MX-50 Model nem tayin cihazından yararlanılmış, bu şekilde ön denemeler sırasında nem seviyeleri hızlı bir şekilde tespit edilmiş, esas kurutma denemelerinde ulaşılan son nem içeriği olarak saptanan bu değerler baz alınmıştır. Buna göre, aşağıda belirtilen eşitliğin sağlanması anında, yani kurutulmuş ürün ağırlığının, kurutmadan önceki ilk ürün ağırlığına bölünmesi sonucunun %5-6 olması anında, çalışmada hedeflenen kuru ürün nemine ulaşılmaktadır ki, hedeflenen bu nem değeri %10 (yb) seviyelerindedir.

$$\frac{\text{Kuru ürün ağırlığı}}{\text{Ürünün ilk ağırlığı}} \times 100 = \%5 - 6 \quad (3.1)$$

### 3.2.2. Kurutma denemelerinden önce gerçekleştirilen ön işlemler

Bu çalışmada, domatesin farklı yöntemlerle kurutulmasında, ön işlemsiz uygulamaların yanında bazı ön işleme uygulamaları denenmiştir. Bunlar arasında sitrik asit ve askorbik asit karışımının, domates kurutma için daha önce denenmemiş bir ön işleme uygulaması olduğu görülmektedir. Buna göre yapılan tüm uygulamalar ve bu uygulamalar için bu çalışma kapsamında yapılan kodlamalar sırasıyla aşağıda belirtilmiştir:

1. Ön işlemsiz uygulama (Kontrol),
2. Bütün domateste 1 dakika süre ile %2 etil oleat + %4 potasyum karbonat uygulamasından sonra dilimlere 2 dakika süre ile %1 askorbik asit ve %1 sitrik asit uygulaması (EPSA),
3. Bütün domateste 1 dakika süre ile %2 etil oleat + %4 potasyum karbonat uygulamasından sonra dilimlere 2 dakika süre ile %2 sodyum metabisülfite uygulaması (EPSM).

Domatesin etil oleat potasyum karbonat karışımına bütün haldeyken daldırılmasının amacı ürünün yüzeyinde bulunan mumsu tabakanın uzaklaştırılmasıdır. Dilimlere askorbik asit+sitrik asit ve sodyum metabisülfite uygulamalarının yapılma amacı ise, domateslerde kuruma esnasında meydana gelecek renk değişimini önlemek, enzimatik ve enzimatik olmayan reaksiyonları engellemektir.

Şekil 3.10' da bütün ve dilimlenmiş domates örneklerine ilişkin önışlem uygulamaları görölmektedir.



**Şekil 3.10.** Domateslere bütün haldeyken ve dilimlenmiş haldeyken uygulanan önışlemler

Tüm kurutma ortamları hazırlandıktan sonra domateslerden alınan örnekler uygulamalar başlayana kadar Armfield-Williams Model, hem dondurucu hem de buzdolabı görevi yapabilen cihazda saklanmışlardır (Şekil 3.11).



**Şekil 3.11.** Domateslerin muhafaza edildiği buzdolabı

Domatesin ilk nem içeriği, vakumlu kurutma dolabında 70 °C sıcaklıkta 10 kPa basınç düzeyinde kurutulmasıyla saptanmıştır (Cemeroğlu 2007). Kurutma işlemi sabit tartım sağlanıncaya kadar sürdürülmüş, sonuç olarak domatesteki ilk nem içeriği %94.73 olarak saptanmıştır. İlk nem içeriği AND MX-50 model nem tayin cihazı ile de tespit edilmiş, saptanan değer kurutma dolabında kurutma sonucu elde edilen değerler ile paralellik göstermiştir.

Seçilen domates çeşidi renk homojenliğini sağlamak amacıyla yapılan elle ayırma ve yıkama işlemlerinden sonra dilim kalınlıklarının ayarlanabilme olanağını olan bir dilimleyici ile 15 mm kalınlığında dilimlenmiştir.

Domatesler dilimlendikten sonra sıcak havalı kabin tipi kurutucuda 65, 75 ve 85 °C hava sıcaklıklarında, 1.5 ve 2.5 m/s hava hızları uygulanarak kurutma denemelerine başlanmıştır. Bu kurutucuda domatesler iki sıra halinde kurutma raflarına yerleştirilmiştir. Kurumaya başlama anından itibaren tartım için kullanılan tepsi her saat kurutucudan çıkarılarak tartılmıştır ve veriler kaydedilmiştir.

Vakumlu kurutma yöntemi ile domateslerin kurutulmasında 65 ve 75 °C sıcaklık ve 10 kPa vakum uygulaması yapılmıştır.

Dondurarak kurutmada domatesler yine bahsedildiği şekilde hazırlanmışlar ve önce 10 m/s hızla hava üfleyen -40 °C' de çalışan bir akışkan yataklı bir dondurucunun (Armfield-Blast and Fluid Bed Freezer) raflarına yerleştirilmiş (Şekil 3.12), ardından dondurulmuş ürünün kurutulacağı vakumlu dondurarak kurutucuya (Armfield-FT 33) alınmıştır. Burada kurutma işlemi 30 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.12. Domates dilimlerinin -40°C' de dondurulması

Güneşte kurutma uygulamalarında ise yine önışlemsiz ve önışleme tabi tutulmuş olan domates örnekleri, hazırlanan kurutma masalarına dizilmiş, kurutma işlemleri 2-4 Temmuz 2008 günleri süresince, sabah 09:30' dan akşam 18:30' a kadar sürdürülmüştür. Denemeler

süresince kapalı veya yağışlı havayla karşılaşılmamıştır. Örneklerin ağırlık değişimlerinin tespiti her saat tartım yapılarak sağlanmıştır. 18:30' dan sonra örnekler açık havanın neminden etkilenmemeleri için kurutma masalarıyla birlikte toplanarak ve üstü örtülerek kapalı bir ortama alınmışlardır.

### 3.2.3. Renk özelliklerinin saptanması

Renk ölçümleri özellikle homojen olmayan materyallerin renklerinin ölçümüne uygun, oldukça büyük bir ölçüm alanına sahip olan Hunter Lab D25LT Renk Ölçüm cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.13). Ölçümlerde cihazın renk skalası menüsünde CIE L\*a\*b\* olarak tanımlanmış olan ve kurutulmuş tarımsal ürünlerin renk ölçümlerinde yaygın olarak kullanılan renk skalası seçilerek bu skalaya ilişkin L\*, a\* ve b\* değerleri tespit edilmiştir (Eren ve ark. 2005, Soysal ve ark. 2005, Dermesonlouglou ve ark. 2007a, 2007b, Heredia ve ark. 2007, Muratore ve ark. 2008, Aktaş ve ark. 2008). CIE L\*a\*b\* renk koordinat sisteminde L\* değeri renk parlaklığını göstermekte olup değeri 0 ile 100 arasında değişmektedir. Renk koordinatları olan a\* ve b\* değerleri ise belirli bir ölçüm aralığına sahip olmayıp, a\* değeri pozitif olduğunda kırmızı, negatif olduğunda yeşil rengi ifade ederken, b\* değeri pozitif olduğunda sarı, negatif olduğunda ise mavi rengi göstermektedir (Anonim 1996a, 1996b).

Renk ölçümlerine yönelik saptamalar sonucunda elde edilen değerlerden metrik renk kroması (C\*), metrik renk tonu açısı (H), toplam renk sapması ( $\Delta E^*$ ), renk parlaklığı sapması ( $\Delta L^*$ ), kırmızı renk sapması ( $\Delta a^*$ ), sarı renk sapması ( $\Delta b^*$ ), kroma sapması ( $\Delta C^*$ ) ve metrik renk tonu açısı sapması ( $\Delta H^*$ ) gibi renk kriterleri hesaplanmıştır (Anonim 1996a).

$$\Delta L^* = L^*_{\text{örnek}} - L^*_{\text{standart}} \quad (3.2)$$

$$\Delta a^* = a^*_{\text{örnek}} - a^*_{\text{standart}} \quad (3.3)$$

$$\Delta b^* = b^*_{\text{örnek}} - b^*_{\text{standart}} \quad (3.4)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (3.5)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (3.6)$$

$$\Delta C^* = C^*_{\text{örnek}} - C^*_{\text{standart}} \quad (3.7)$$

$$\Delta H^* = \sqrt{\Delta E^{*2} + \Delta L^{*2} + \Delta C^{*2}} \quad (3.8)$$

$$H = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (3.9)$$



**Şekil 3.13.** Renk ölçümlerinde kullanılan cihaz ve ölçüm işlemi

#### **3.2.4. Toplam kuru madde içeriklerinin saptanması**

Bu çalışmada kuru madde miktarları, örneklerin vakumlu kurutma dolabında 70 °C sıcaklıkta 10 kPa basınç uygulamasıyla, sabit tartıma ulaşıncaya kadar kurutulması yoluyla saptanmıştır (Cemeroğlu 2007).

#### **3.2.5. Suda çözünür kuru madde içeriklerinin (briks) saptanması**

Suda çözünür kuru madde tayininde Atago TYP IT Model Refraktometre kullanılmıştır. Refraktometrenin ilkesi, optik yoğunluğu birbirinden farklı ortamlarda, ışığın bir ortamdan diğerine geçerken kırılması olayına ve bununla ilgili Snellius-Descartes “kırılma yasasına” dayanır. Yani refraktometre gerçekte bir açıölçerdir. Buna göre, çözülmüş herhangi saf bir madde içeren çözeltilerde, ışığın kırılma düzeyi, çözülmüş bu maddenin karakteristik bir özelliği ve onun konsantrasyonunun bir ölçütüdür (Cemeroğlu 2007).

Suda çözünür kuru madde saptaması için refraktometrenin prizma kapağı açılmış, temiz ve kuru prizma yüzeyine normal çevre sıcaklığında bulunan 2-3 damla örnek damlatılmıştır. Örnek konduktan sonra prizma kapağı kapatılarak okuma yapılmıştır (Cemeroğlu 2007).

Refraktometre değeri kullanılarak örneklerin suda çözünür kuru madde miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.



$$SÇKM = \frac{B_x \cdot V_1}{M} \quad (3.10)$$

Eşitlikte;

$B_x$ : Seyreltilmiş örnekte saptanmış brix derecesi,

$V_1$ : Örneğin seyreltildiği hacim (ml),

$M$ : Örnek ağırlığıdır.

### 3.2.6. İndirgen şeker içeriklerinin saptanması

Blenderden geçirilen örnekten 5 g alınmıştır. Üzerine 5 ml %15' lik potasyum ferrosiyanat ve 5 ml %30' luk çinko sülfat ilave edilerek distile su ile 250 ml' ye tamamlanmıştır. Bulanıklık verilen unsurlar giderildikten sonra seyreltilerek elde edilen süzüntüden 0.5 ml alınmış ve üzerine 1.5 ml saf su, 6 ml 2.4-dinitrofenol eriyiği ilave edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan test tüpleri 6 dakika kaynar su banyosunda tutulduktan sonra akar su altında 3 dakika soğutulmuştur. Örneklerde 20 dakika içinde 600 nm' de, Hitachi 121-002 model spektrofotometre kullanılarak okuma yapılmıştır (Ross 1959).

### 3.2.7. Toplam şeker içeriklerinin saptanması

İndirgen şeker belirlenmesinde elde edilen süzüntüden 25 ml alınarak, 5 ml kesif Hidroklorik asit ilave edildikten sonra su banyosunda 67 °C' de 5 dakika bekletilmiştir. Daha sonra numune sıcaklığı 20 °C' ye gelinceye kadar soğutulmuştur. Örneklerin pH' sı 5N Sodyum Hidroksit ve 0.1N Sodyum Hidroksit kullanılarak 6' ya ayarlanmıştır. Nötralizasyondan sonra numune distile su ile 50 ml' ye tamamlanmıştır. Bundan 0,5 ml örnek alınmış, üzerine 1.5 ml saf su ve 6 ml dinitrofenol indikatörü ilave edilerek sıcak su banyosunda 5 dakika bekletilmiş, 3 dakika akan su altında soğutulmuş ve Hitachi 121-002 model spektrofotometre kullanılarak 600 nm' de absorbans değerleri belirlenmiştir (Ross 1959).

### 3.2.8. pH değerlerinin saptanması

pH değerlerinin saptanması TS 1728' e göre Hanna HI 8014 Model pH metre kullanılarak yapılmıştır. Kalibrasyonu yapılmış olan pH metrenin elektrotları örneğe daldırılmıştır. Duyarlı bir sonuç almak için, elektrotlar örneğe 1 dakika kadar daldırılmış halde bırakılmıştır (Cemeroğlu 2007).

### 3.2.9. Titrasyon asitliğinin saptanması

Asitlik değerleri 1 ml 0.1 N NaOH' a eşdeğer asit miktarı 0.006404 alınarak sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır. Hesaplama aşağıda belirtilen formül kullanılmıştır (Cemeroğlu 2007).

$$\text{Titrasyon asitliği \%} = \frac{V_n \cdot f \cdot E \cdot 100}{M} \quad (3.11)$$

Eşitlikte;

$V_n$ : Harcanan 01 N NaOH miktarı (ml)

f: Normalite,

E: 0.006404,

M: Örneğin gerçek miktarıdır (g).

### 3.2.10. Hidroksimetilfurfural (HMF) tayini

HMF tayini için spektrofotometre kullanılarak visible bölgede absorbans değerlerinin okunması yöntemi uygulanmıştır (Cemeroğlu 2007).

Barbiturik asit çözeltisi: 500 mg barbiturik asit 100 ml bir ölçü balonunda 70 ml damıtık suda, bir su banyosunda hafif ısıtılarak çözündürülmüştür. Soğuduktan sonra balon hacim işaretine kadar damıtık su ile tamamlanmıştır.

*p*-toluidin çözeltisi: 10 g *p*-toluidin tartılıp yaklaşık 50 ml isopropanol ile 100 ml bir ölçü balonuna aktarılmıştır. 10 ml glacial asetik asit eklenerek çözündürüldükten sonra balon isopropanol ile hacim işaretine kadar tamamlanmıştır.

İşlem: Bu hazırlıklardan sonra beherlere 20' şer g örnek tartılıp yeni kaynatılmış damıtık su ile, cam kapaklı 100 ml' lik ölçü balonlarına aktarılmıştır. Çalkalanarak iyice karıştırıldıktan sonra filtre edilmiştir. Bu şekilde seyreltilerek hazırlanmış örneklerden cam kapaklı 2' şer test tüpüne pipetle 2' şer ml aktarılmıştır. Her iki tüpe 5' er ml *p*-toluidin çözeltisi eklenip tüpler iyice çalkalanmıştır. Tüplerden şahit olarak kullanılacak olan 1. tüpe 1 ml damıtık su, deney tüpü olan 2. tüpe ise 1 ml barbiturik asit çözeltisi eklenerek tüpler karıştırılmıştır. 2. tüpün absorbansı, Hitachi marka, 121-002 Model Spektrofotometrede 550 nm' de şahite (1. tüp) karşı okunarak saptanmıştır. Absorbans, barbiturik asidin eklenmesinden 3-4 dakika sonra maksimum değere ulaşmış, sonrasında hızla azalmıştır. Hesaplama absorbansın saptanmış olan maksimum değeri kullanılmıştır.

### **3.2.11. Sodyum ve potasyum içeriklerinin saptanması**

Sodyum ve potasyum içeriklerinin saptanması AOAC (1990)' a göre yapılmıştır.

Kuru yakma (dry-ash) yöntemi ile örnek hazırlandıktan sonra potasyum ve sodyum içerikleri belirlenmiştir.

#### **3.2.11.1. Potasyum tayini**

Litrelik ölçü balonuna 1.3069 g kurutulmuş KCl tartılmış ve çözüldükten sonra çift distile su ile çizgisine tamamlanarak 1000 ppm' lik stok potasyum çözeltisi hazırlanmıştır. Stok potasyum çözeltisinden 250 ml' lik ölçü balonlarına 2.5-5-10-15-20-25 ml konup çizgilerine çift distile su ile tamamlanarak 10-20-40-50-80-100 ppm' lik standart potasyum çözeltileri hazırlanmıştır.

Flame Fotometreye (Jenway PFP 7 Model) 100 ppm' lik standart potasyum çözeltileri sıra ile verilerek okuma yapılmıştır. Milimetrik kağıt üzerinde yatay eksene konsantrasyon, dikey eksene de alet okumaları kaydedilerek standart eğri çizilmiştir. Daha sonra örnekler verilerek bunların alet okumaları tespit edilmiştir. Şahit çözeltinin alet okuması tespit edilerek bu değer örnek için elde edilen alet okumasında çıkarılmıştır. Elde edilen değerden standart eğri yardımıyla yaş veya kuru yakılmış örnekteki potasyum miktarı bulunmuştur. Bulunan değer seyreltme faktörü ile çarpılarak örneğin potasyum miktarı tespit edilmiştir. Sonuç kuru madde üzerinden hesaplanmıştır.

#### **3.2.11.2. Sodyum tayini**

Litrelik ölçü balonuna 2.542 g kurutulmuş NaCl tartılıp bir miktar çift distile suda çözünerek balon çizgisine tamamlanarak 1000 ppm' lik stok sodyum çözeltisi hazırlanmıştır. Stok sodyum çözeltisinden 5-10-15-20-25 ppm' lik standart çözeltiler hazırlanmıştır. Litrelik ölçü balonuna 17 g (NH<sub>4</sub>). C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. 4H<sub>2</sub>O (amonyum oksalat) tartılıp bir miktar çift distile suda çözülmüş ve balon çizgisine tamamlanmıştır.

Gerekli kimyasal maddelerin hazırlığından sonra potasyum tayininde olduğu gibi hareket edilerek sodyum tayini yapılmıştır.

### **3.2.12. Su aktivitesi değerlerinin saptanması**

Tüm örneklerin su aktivitesi değerlerinin saptanmasında Testo-650 model su aktivitesi ölçüm seti kullanılmıştır. Bu sistemde su aktivitesi ölçülecek olan ürün, sızdırmaz çelik bir hazne içine koyulmakta ve ürün ile hazne içindeki havanın nemlerinin dengeye gelmesi

beklenmektedir. Ulaşılan denge nem değeri bu hazne içine yerleştirilmiş olan bir prob yardımıyla direkt olarak ölçülmektedir (Aktaş ve ark. 2008).

### 3.2.13. Askorbik asit içeriklerinin saptanması

Blenderin haznesine 200 g %6' lık metafosforik asit konarak, üzerine aynı ağırlıkta materyal eklenmiş, blender çalıştırılarak homojen bir ezme haline getirilmiştir. Cam kapaklı 30-40 ml' lik bir tüp içine, hazırlanmış bu örnek filtratından 1-5 ml alınmıştır. Başka bir tüpe, tüp-1' e alınan filtrat miktarına eşdeğer miktarda %6' lık metafosforik asit çözeltisi konmuştur. Her iki tüpe, içindekilerin hacmine eşit miktarda asetat tampon çözeltisi (300 g susuz sodyum asetatın üzerine 700 ml su ve 1000 ml glasiyal asetik asit eklenmesiyle elde edilir) konmuştur. Her ikisine 2 ml boya çözeltisi (2.6 diklorofenolindofenol çözeltisi) eklenip hafifçe sallanarak iyice karıştırılmıştır. Her iki tüpe 10 ml ksilen eklenip tüpün ağzı kapatıldıktan sonra kuvvetli bir şekilde çalkalanıp boyanın arta kalanı ekstrakte edilmiştir. Her iki tüpün içeriği santrifüj yapılarak katmanlar ayrılmış, ksilen katmanı alınarak spektrofotometre (Hitachi 121-002 Model) küvetine aktarılmıştır. 500 nm' de okuma yapılmıştır (Cemeroğlu 2007).

### 3.2.14. Askorbik asit kayıp kinetiğinin saptanması

Kurutma denemeleri sırasında askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıp oranlarını belirlemek amacıyla aşağıda belirtilen, birinci derece reaksiyonları için uygulanan hesaplama yöntemi kullanılmıştır (Polydera ve ark. 2003, Timoumi ve ark. 2007, Dermesonlouglou 2007b).

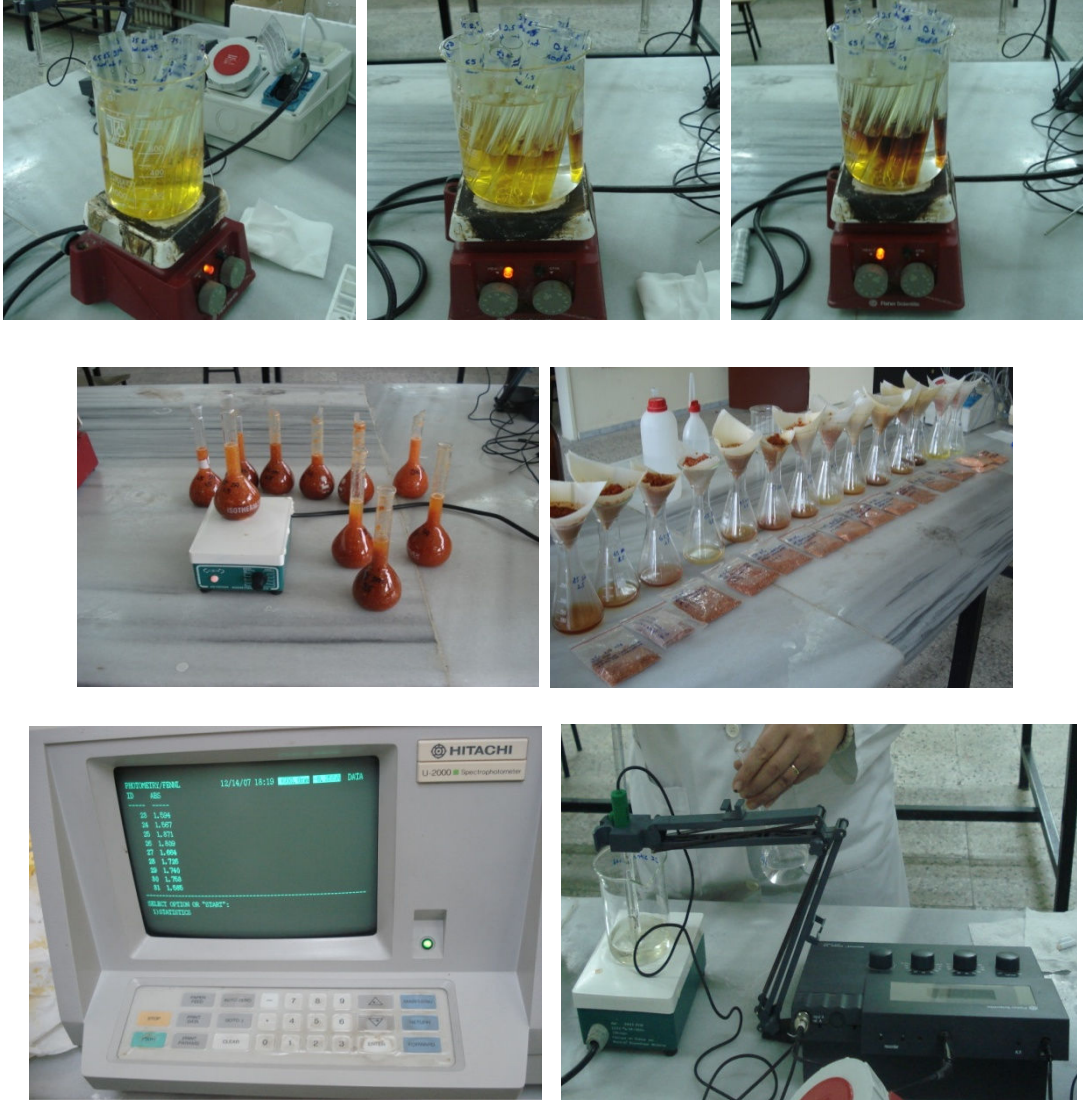
$$C = C_0 \cdot \exp(-k \cdot t) \quad (3.12)$$

$C$ : Reaktanın (askorbik asit) ( $t$ ) süre sonundaki konsantrasyonu,

$C_0$ : Reaktanın (askorbik asit) başlangıç (sıfır zamanı) konsantrasyonu

$k$ : Birinci derece reaksiyon hızı sabiti (süre)<sup>-1</sup>

Yapılan laboratuvar analizlerine ait bazı görünümeler Şekil 3.14' te görülmektedir.



**Şekil 3.14.** Laboratuvar analizlerine yönelik bazı görüntüler

### 3.2.15. Likopen analiz yöntemleri

Tüm örnekler, likopen analizlerinin yapılması amacıyla TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Gıda Enstitüsüne gönderilmiştir. Burada likopen analizleri HPLC yöntemine göre yapılmış sonuçlar rapor halinde bildirilmiştir (Zakaria ve ark. 1979).

HPLC yöntemine göre yapılan likopen analizlerinde kullanılmış olan alet, ekipman ve bu ekipmanlara ilişkin bazı özellikler aşağıda verilmiştir;

HPLC

Kolon: Vydac 201 TP 54 Silikajel paket kolon C18

Dedektör. UV-VIS Dedektör 470 nm

Mobil Faz: %85 Acetonitril, % 7 metanol %8 di klorometan 1g BHT

Akış hızı: 2 ml/dk

Enjeksiyon hacmi:20µl.

*Likopen analizinde kullanılan kimyasal maddeler ise aşağıda belirtilmiştir;*

KOH: %15' lik metanol

Aseton

Petrol eter (PE)

Metanol

Asetonitril

BHT (Butil hidroksi toluen)

Kloroform

Sodyum sülfat

Likopen analizinde işlem aşamaları:

*Likopen analizi için örneklerin hazırlanması*

Örnek homojen hale getirilmiş, 300 ml' lik behere tartılmış, üzerine 100 ml aseton ilave edilmiş, daha sonra 20 g sodyum sülfat eklenmiştir. Blendırda 1-2 dakika homojenize edilerek, homojenat 20-30 mm Whatman 40' dan süzülmüştür. Kalıntı üzerine 100 ml aseton ilave edilmiş, kalıntı ekstrasyon için geri kazanılmıştır. Bütün pigmentler tamamem alınana kadar ekstrasyona devam edilmiştir. Aseton ekstraktı bir ayırma hunisine alınmış, üzerine eşit miktarda peroksitsiz taze petrol eter ilave edilmiş, karıştırılmış ve suyla seyreltilmiştir. İki katman oluşumundan sonra aşağıdaki sulu faz bir kere daha petrol eter ile ekstrakte edilmiştir. Toplanan petrol eter çözeltileri su ile üç defa yıkanarak aseton ortamdandan uzaklaştırılmıştır.

*Sabunlaştırma:*

Ekstraktlar rotary evaporatörde kuruluğa kadar uçurularak % 15' lik KOH (metanol) ilave edilmiş, 14 saat oda sıcaklığında karanlıkta bekletilmiştir. Ayırma hunisinde önce taze distile PE, sonra su yavaşça eklenmiştir. 2 Faz oluşunca alttaki sulu faz alınmış ve 3 defa taze PE ile ekstrakte edilmiştir. Eterli çözeltiler ayırma hunisine alınmış ve su ile yıkayıp alkali uzaklaştırılmıştır. Her bir sabunlaşmış ekstrakt rotary' de uçurulmuş, diklorometana alınarak 100 ml'ye konsantre edilmiş ve erlende azot altında saklanmıştır.

*Standart Hazırlama:*

1 mg'lık likopen standartı 100ml içerisinde diklorometan ile çözündürülmüş, daha sonra buradan gerekli olan çalışma standartları hazırlanarak cihaza verilmiştir.

### *Analizin Yapılması:*

Hesaplama: Hesaplama pik alanı veya yüksekliğine göre standart pike göre örnek pik mukayesesi yapılmıştır. Alınan miktar ve seyreltme miktarları dikkate alınarak hesaplama yapılmıştır. Paralel sonuçlar arasındaki fark %15'den fazla olmamalıdır.

### **3.2.16. Domatesin sıcak hava ile kurutulmasında en uygun kuruma modelinin saptanması**

Biyolojik materyallerin sıcak hava ile kurutulması, ürün ile kurutma havası arasında meydana gelen ısı ve kütle alış verişi nedeniyle karmaşık bir işlemdir. Meyve sebzelerin sıcak hava ile kurutulmasının modellenmesi ise, ilk nem değerlerinin yüksek olması ve kuruma sırasında üründe büzülme görülmeleri nedeniyle tahıllara göre daha zordur (Günhan 2005). Tahılların ve diğer gıdaların kuruma mekanizmalarını tanımlayan matematiksel modeller, kuruma için gerekli sıcaklık ve nem bilgilerini sağlamaktadır (Tabatabaee ve ark. 2004, Doymaz 2006). Azalan hızla kuruma evresi sırasındaki kuruma olayını incelemek amacıyla teorik, yarı teorik ve deneysel yöntemlerle elde edilen çeşitli matematiksel modellerden yararlanmak mümkündür. Teorik modeller, her türlü madde ve koşul için uygulanabilirler. Ancak çözümü gereken eşitliklerin birçok parametre ve karmaşık yapı içermesi, bunların kullanılabilirliğini azaltmaktadır. Yarı teorik modeller daha az karmaşık olmakla birlikte, içerdikleri parametrelerin, yalnızca ele alınan ürünlerle ilgili olması, yaygın kullanım alanı bulmalarını engellemektedir. Deneysel yolla elde edilen verilere dayanarak kuruma hızının belirlenmesinde karmaşık eşitlikler yoktur, ancak bulunan eşitlikler sadece deneme materyali ve deneme koşulları için geçerlidir, başka koşullarda kullanılamazlar (Yağcıoğlu 1999).

Yapılan sıcak havalı kurutma denemeleri sonucunda deneme materyali olan domatesin zamana bağlı olarak nem içeriklerinde meydana gelen değişimler belirlenmiştir. Ürünün başlangıç nem miktarı ( $M_0$ ), t anındaki nem miktarı ( $M_t$ ) ve ürün denge nemi ( $M_e$ ) değerlerinden yararlanılarak, ayrılabilir nem oranı değerleri hesaplanmış ve 10 farklı model ile açıklanmaya çalışılmıştır. Ayrılabilir nem oranı (ANO), kuruma sırasında herhangi bir anda üründe kalan buharlaşabilecek nem miktarının ( $M_t - M_e$ ), üründen buharlaşabilecek tüm nem miktarına ( $M_0 - M_e$ ) oranıdır ve kurutma eşitliklerinin sol tarafında bulunan boyutsuz oransal bir büyüklüktür (Yağcıoğlu 1999).

$$ANO = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \quad (3.13)$$

Çizelge 3.1’ de azalan hızla kuruma evresi sırasındaki kuruma olayını incelemek amacıyla kullanılan bu modellere ilişkin eşitlikler gösterilmektedir. Bu modellerin çoğu, incirin (Ertekin 2001, Babalis ve ark. 2006), üzümün (Yaldız ve ark. 2001, Doymaz 2006), domatesin (Günhan 2005, Sacilik ve ark. 2006, Mogavharnejad ve Nikzad, 2007), patlıcanın (Ertekin ve Yaldız 2004), dikenli incirin (Lahsasni ve ark. 2004a), lahana yapraklarının (Mwithiga ve Olwal 2005), kayısının (Doymaz 2004a), elmanın (Mengeş ve ark. 2005, Sacilik ve Elicin 2006), mantarın (Toğrul ve ark. 2005), eriğin (Goyal ve ark. 2007), havucun (Singh ve Gupta 2007), kabağın (Sacilik 2007), aloe veranın (Vega ve ark. 2007) kuruma davranışlarının modellenmesi için yapılan pek çok çalışmada uygulanmıştır. Bu eşitliklerde t; kuruma süresini, k, n, a, c, k<sub>0</sub>, b, k<sub>1</sub>, g ve h eşitliklerde yer alan model parametrelerini ifade etmektedir.

**Çizelge 3.1.** Kuruma eğrilerine uygulanan matematiksel modeller

Model Adı	Model Eşitliği	Kaynak
Newton	$ANO = \exp(-kt)$	Ayensu 1997, Liu ve Bakker-Arkema 1997, Tiris ve ark. 1994.
Page	$ANO = \exp(-kt^n)$	Doymaz 2004b, Karathanos ve Belessiotis 1999, Park ve ark. 2002, Sun ve Woods 1994.
Geliştirilmiş Page	$ANO = \exp[-(kt)^n]$	Ertekin ve Yaldız 2001, Mengeş ve ark. 2005.
Henderson ve Papis	$ANO = a \exp(-kt)$	Chhinnan 1984, Pal ve Chakraverty 1997, Rahman ve ark. 1998.
Logaritmik	$ANO = a \exp(-kt) + c$	Doymaz 2004c, Lahsasni ve ark. 2004b, Yağcıoğlu 1999.
Two-term	$ANO = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$	Dandamrongrak ve ark. 2002 Madamba ve ark. 1996, Soponronnarit ve ark. 2001.
Wang ve Singh	$ANO = 1 + at + bt^2$	Chen ve Wu 2001, Panchariya ve ark. 2002, Wang ve Singh 1978.
Verma ve ark.	$ANO = a \exp(-kt) + (1 - a)\exp(-gt)$	Verma ve ark. 1985, Yaldız ve Ertekin 2001.
Geliştirilmiş Henderson ve Papis	$ANO = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$	Karathanos 1999, Karathanos ve Belessiotis 1999, Togrul ve Pehlivan 2003.
Midilli ve ark.	$ANO = a \exp(-kt^n) + bt$	Ertekin ve Yaldız 2004, Midilli ve ark. 2002.



Deneysel olarak bulunan ve modeller ile tahmin edilen ayrılabilir nem oranı değerleri arasındaki uyumu istatistiksel olarak açıklamak amacıyla khi-kare ( $\chi^2$ ), hata kareler ortalamasının kare kökü (RMSE=Root Mean Square Error) ve model etkinliği (EF) değerleri hesaplanmıştır (Ertekin ve Yıldız 2001, Ertekin ve Yıldız 2004, Mengeş ve ark. 2005, Aktas ve Polat 2007). RMSE; model ile elde edilen tahmini değerler ile deneysel değerler arasındaki sapmayı göstermektedir. Uyumun iyilik derecesini gösteren  $\chi^2$  değerinin azalması, uyumun arttığını göstermektedir. Bunların yanında deneysel verileri açıklayan EF değerinin bire yakın olması modelin kullanılabilmesinin bir göstergesidir (Ertekin ve Yıldız 2004, Mengeş ve ark. 2005). Yani en uygun model olarak  $\chi^2$  değerinin en düşük, RMSE değerinin sifıra en yakın ve EF değerinin de en yüksek değerde olanı (model etkinliği için en yüksek değer 1' dir) seçilmiştir. Karşılaştırma kriterleri aşağıdaki eşitliklerden yararlanılarak hesaplanmıştır (Ertekin ve Yıldız 2004).

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (ANO_{exp,i} - ANO_{pre,i})^2}{N - n} \quad (3.14)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (ANO_{pre,i} - ANO_{exp,i})^2}{N}} \quad (3.15)$$

$$EF = \frac{\sum_{i=1}^N (ANO_{exp,i} - ANO_{exp,ort})^2 - \sum_{i=1}^N (ANO_{pre,i} - ANO_{exp,i})^2}{\sum_{i=1}^N (ANO_{exp,i} - ANO_{exp,ort})^2} \quad (3.16)$$

Eşitliklerde;  $ANO_{exp,i}$  deneysel nem oranını,  $ANO_{pre,i}$  model ile tahmin edilen nem oranını,  $N$  gözlem sayısını,  $n$  kullanılan modeldeki model sabiti sayısını,  $ANO_{exp,ort}$  ise deneysel ortalama nem oranını ifade etmektedir.

### 3.2.17. İstatistik analizler

Denemeler sonucu elde edilen verilerin değerlendirilmesi amacıyla, istatistiksel analizlerin yapılmasında MSTAT paket programı kullanılmıştır. Kuruma modellerine ilişkin model sabitleri ise deneysel olarak elde edilen sonuçların doğrusal olmayan regresyon analizi tekniği ile saptanmıştır. Bu analiz yapılırken Statistica 5.5 paket programından yararlanılmıştır.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

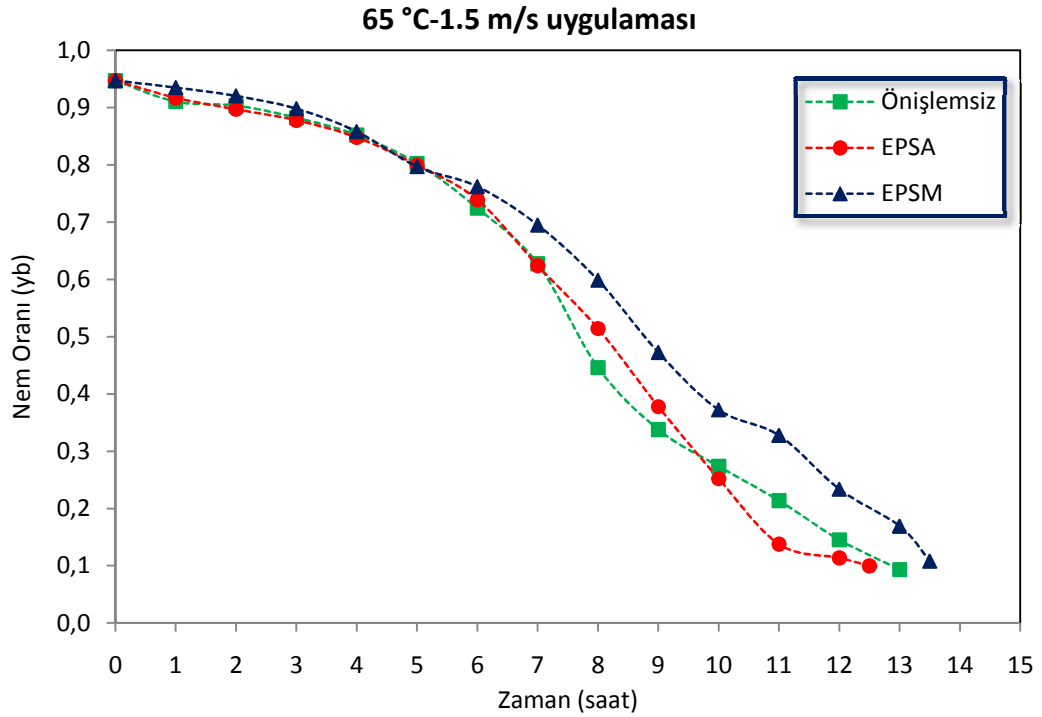
### 4.1. Farklı Kurutma Yöntemlerinin Domatesin Kuruması Üzerine Etkilerine İlişkin Sonuçlar

#### 4.1.1. Domateslerin sıcak havalı kabin tipi kurutucuda kuruma sonuçları

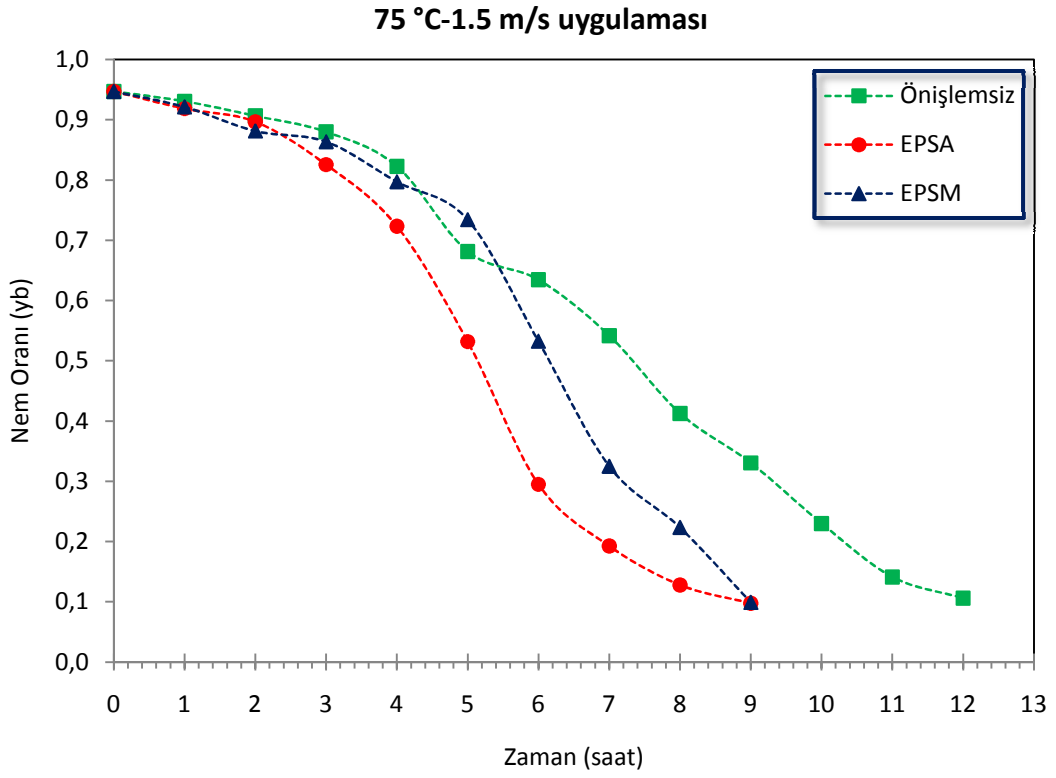
Sıcak havalı kurutucu ile yapılan denemeler sonucunda kuruma süresinin önışlemlerle genel olarak kısaldığı saptanmıştır. Bölüm 3.2.2' de de belirtildiği gibi, bu bölümden itibaren anlatım kolaylığı sağlaması açısından %2 etil oleat + %4 potasyum karbonat+dilimlere %1 askorbik asit ve %1 sitrik asit uygulaması kısaca **EPSA**, %2 etil oleat + %4 potasyum karbonat+dilimlere %2 sodyum metabisülfid uygulaması da kısaca **EPSM** olarak ifade edilecektir.

Farklı kurutma sıcaklıklarının (65, 75 ve 85 °C), kurutma havası hızlarının (1.5 ve 2.5 m/s) ve önışlemlerin domatesin kuruma eğrilerine olan etkileri Şekil 4.1-4.6 arasında görölmektedir. Bütün domatese etil oleat-potasyum karbonat uygulamasının yapılmasıyla ve yüksek kurutma havası sıcaklığı uygulanmasıyla (75 ve 85 °C) kuruma süresinde azalma olduğu görölmektedir. Şekil 4.1 ve 4.4' de görüldüğü gibi 65 °C kurutma havası sıcaklığında hem 1.5 m/s hem de 2.5 m/s hava hızı uygulamasında önışlemlerin uygulandığı örneklerde diğer örneklerinkine göre kuruma süresinin çok farklı olmadığı hatta 65 °C sıcaklık-2.5 m/s hava hızı şartlarında önışlemsiz örneklerin nem oranlarının hem EPSA hem de EPSM uygulamalarına kıyasla aynı süre sonunda daha çok düştüğü belirlenmiştir. 65 °C sıcaklık-1.5 m/s hava hızı uygulamasında önışlemsiz denemede 13 saatte %9.3 nem seviyesine ulaşılırken, EPSM denemesinde 13.5 saatte %10.78 nem seviyesine, EPSA uygulamasında ise 12.5 saatte %9.97 neme ulaşılmıştır (Şekil 4.1). Uygulanan önışlemlerden beklenen sonuç, etil oleat+potasyum karbonat çözeltisine daldırılmış olan örneklerin, önışlemsiz örneklere göre daha yüksek kuruma hızı göstermesiydi. Konuyla ilgili kuruma eğrileri incelendiğinde, 75 ve 85 °C sıcaklık uygulamalarının tümünde önışlemsiz örneklerin önışlemlili örneklere nazaran daha geç kuruduğu Şekil 4.2, 4.3, 4.5 ve 4.6' da görölmektedir. Bu sonuçlar, etil oleat+potasyum karbonat uygulamasının bu sıcaklık derecelerinde kuruma hızını arttırdığını göstermektedir. Sıcaklık 75 °C' ye yükseldiğinde özellikle 3. saatten sonra önışlemin etkisi daha da fazla görölmektedir. EPSA ve EPSM uygulamaları ile önışlemsiz uygulama arasında %10 nem seviyesine ulaşmada 3 saatlik bir fark olmuştur. EPSA ve EPSM' de bu süre 9 saat iken, önışlemsiz denemede 12 saate yükselmiştir (Şekil 4.2). 85 °C sıcaklık-1.5 m/s uygulamasında ise en hızlı kuruma 7 saat ile EPSM denemesinde görölmüştür. Bu süre önışlemsiz uygulamada 10 saat iken, EPSA denemesinde 9 saat olmuştur (Şekil 4.3). 65 °C

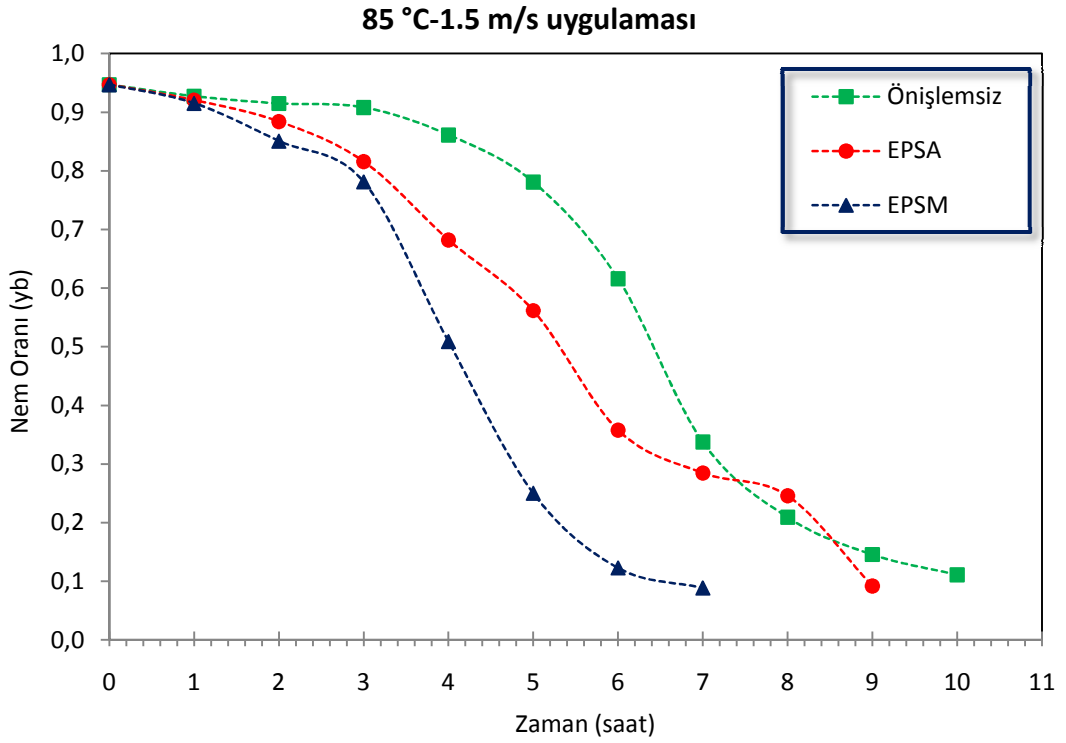
sıcaklıkta hem farklı hava hızlarının, hem de önişlemlerin kuruma süresine etkisinin çok fazla olmadığı görülmektedir. Öyle ki, hava hızının 2.5 m/s' ye yükseltilmesi, önişlemsiz ve EPSM' li uygulamalarda kuruma süresini 1 saat kısaltırken, EPSA' lı uygulamada bunun fazla etkisi olmamıştır (Şekil 4.4). Bu sonuç, sıcaklığın düşük olmasına bağlıdır. 75 °C sıcaklık ve 2.5 m/s hava hızı ile yapılan denemede kuruma süresi önişlemsiz uygulamada 11 saat iken, EPSM uygulamasında 8.5 saat ve EPSA uygulamasında 10 saat olmuştur (Şekil 4.5). 85 °C sıcaklık ve 2.5 m/s hava hızı uygulamasında ise en hızlı kuruma 7 saat süre ile EPSA denemesinde gerçekleşirken, önişlemsiz ve EPSM denemesinde bu süre 8 saat olmuştur (Şekil 4.6).



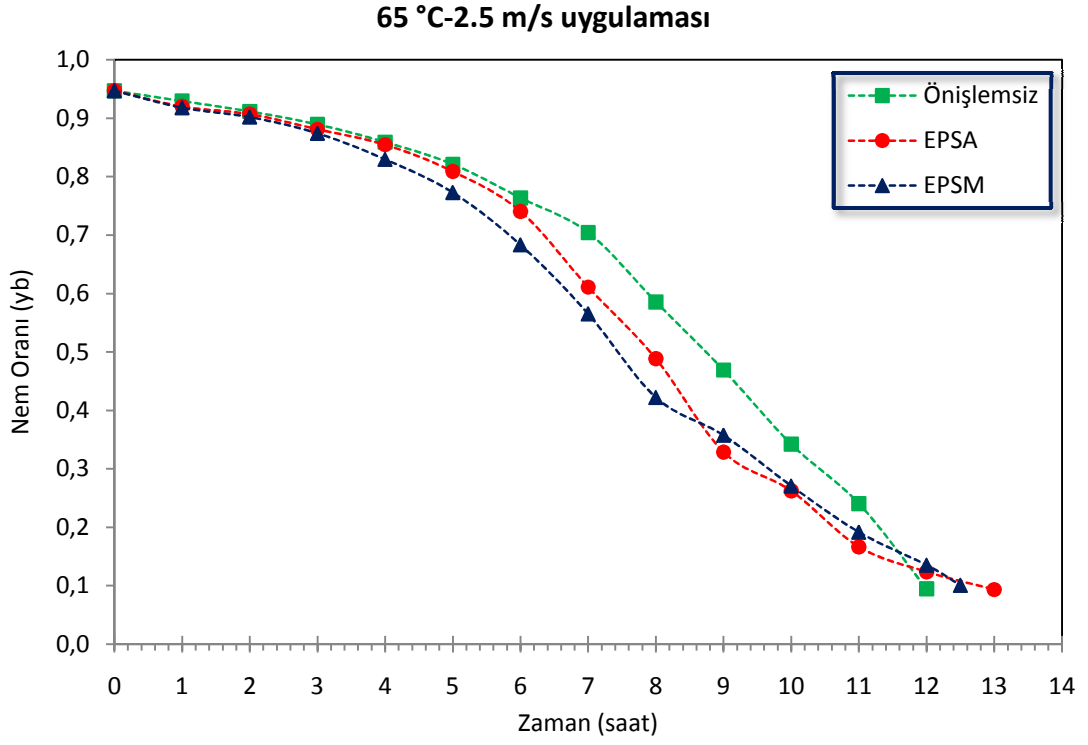
**Şekil 4.1.** Sıcak havalı kurutucuda 65 °C' de 1.5 m/s hava hızında yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi



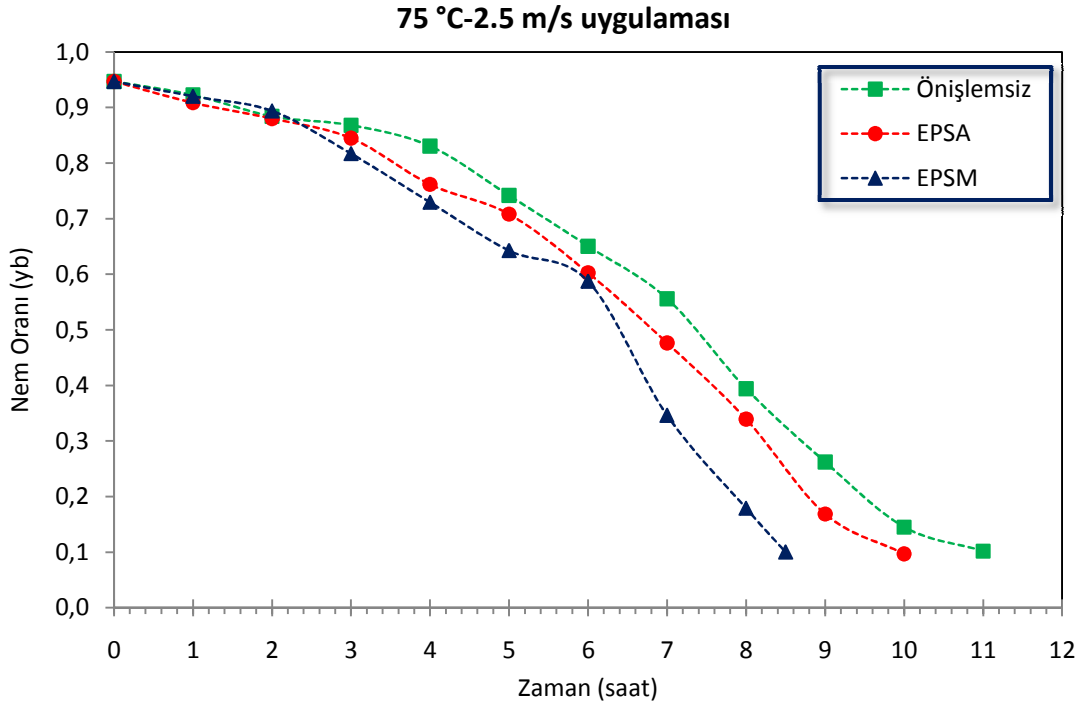
**Şekil 4.2.** Sıcak havalı kurutucuda 75 °C’ de 1.5 m/s hava hızında yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi



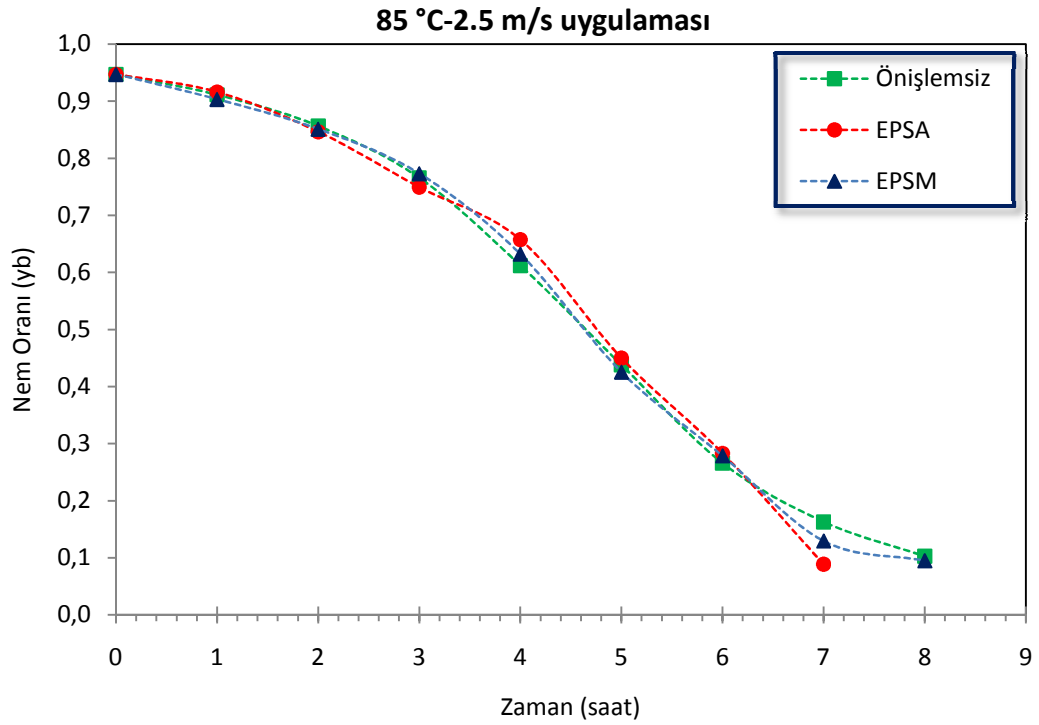
**Şekil 4.3.** Sıcak havalı kurutucuda 85 °C’ de 1.5 m/s hava hızında yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi



**Şekil 4.4.** Sıcak havalı kurutucuda 65 °C’ de 2.5 m/s hava hızında yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi



**Şekil 4.5.** Sıcak havalı kurutucuda 75 °C’ de 2.5 m/s hava hızında yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi



**Şekil 4.6.** Sıcak havalı kurutucuda 85 °C’ de 2.5 m/s hava hızında yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi

EPSA ve EPSM uygulamalarının yapılma amacı, kuruma sırasında meydana gelebilecek renk değişimi, HMF oluşumu gibi kimyasal değişimleri daha az düzeye indirmek ve ürün kalitesini korumaktır. Bu önileşim uygulamalarının kuruma hızına etkisi bakımından şekillere bakıldığında farklılık görülmekle birlikte, 75 °C sıcaklık-1.5 m/s hava hızı uygulamasında, EPSA ve EPSM uygulamaları arasında bir fark oluşmadığı görülmektedir (Şekil 4.2). 75 °C sıcaklık-2.5 m/s hava hızı uygulamasında EPSM uygulamasının daha kısa sürede sonuçlandığı görülmekle birlikte, aynı örneklerin kuru madde miktarlarına ilişkin çizelgeye bakıldığında EPSA uygulamasıyla kurutulmuş örneklerin daha yüksek kuru madde içeriğine (%90.29) sahip olduğu ve EPSM uygulamasından (%89.96) istatistiksel olarak önemli bir farklılık gösterdiği görülmektedir (Çizelge 4.13). Kurutma denemelerinde son kuru madde ve mikroorganizmaların gelişemeyeceği kritik su aktivitesi düzeyinin altına düşmeye çalışılırken, her uygulamada aynı son kuru madde değerine ulaşmak mümkün olamamıştır. Bu nedenle, örneklerin son kuru madde değerleri arasında oransal olarak çok önemli olmayan, fakat istatistiksel olarak birbirinden farklılık gösteren sonuçlar elde edilmiştir. Kuruma eğrilerine ilişkin şekiller incelenirken bu farklılıkların da göz önüne alınması gerekmektedir.

Kuruma hızındaki değişimler daha çok, etil oleat+potasyum karbonat uygulamalarından ve sıcaklık farklılıklarından önemli düzeyde etkilenmiştir. Şekil 4.5’ te, 75 °C sıcaklık-2.5 m/s hava hızı ile EPSA uygulamasında %90.29 kuru maddeye ulaşmak için 10

saatlik bir süreye gereksinim olduğu görülürken, 85 °C sıcaklık-2.5 m/s uygulamasında daha yüksek kuru maddeye (%91.14) 7 saatte ulaşıldığı görülmektedir (Şekil 4.6). Bu durum, sıcaklığın 75 °C' den 85 °C' ye yükselmesiyle, aynı hava akım hızında kuruma hızının önemli düzeyde arttığını göstermektedir. Aynı şekillerde EPSM uygulamaları incelendiğinde 75 °C sıcaklık-2.5 m/s hava hızı uygulamasında %89.96 kuru madde değerine 8.5 saatte ulaşılrken, 85 °C sıcaklık-2.5 m/s hava hızı uygulamasında daha yüksek kuru madde olan %90.51' e 8 saatte ulaşıldığı görülmektedir (Şekil 4.5 ve 4.6). Son kuru madde değerine ulaşma konusunda aradaki süre farklılığı 30 dakika ve EPSA uygulamalarına göre daha kısa görülmekle birlikte, 75 °C sıcaklık-2.5 m/s hava hızı uygulamasında, %90.51 olan kuru madde değerine ulaşabilmek için daha uzun süre gerektiği açıktır. Özellikle bağlı su miktarının arttığı ve kuruma hızının azaldığı bu aşamada daha yüksek kuru madde değerine ulaşmak için daha uzun süre gerektiği bilinmektedir. EPSA ve EPSM uygulamalarının kuruma hızına etkisinde görülen farklılıklar son kuru madde değerlerindeki farklılıklarla açıklanabilir.

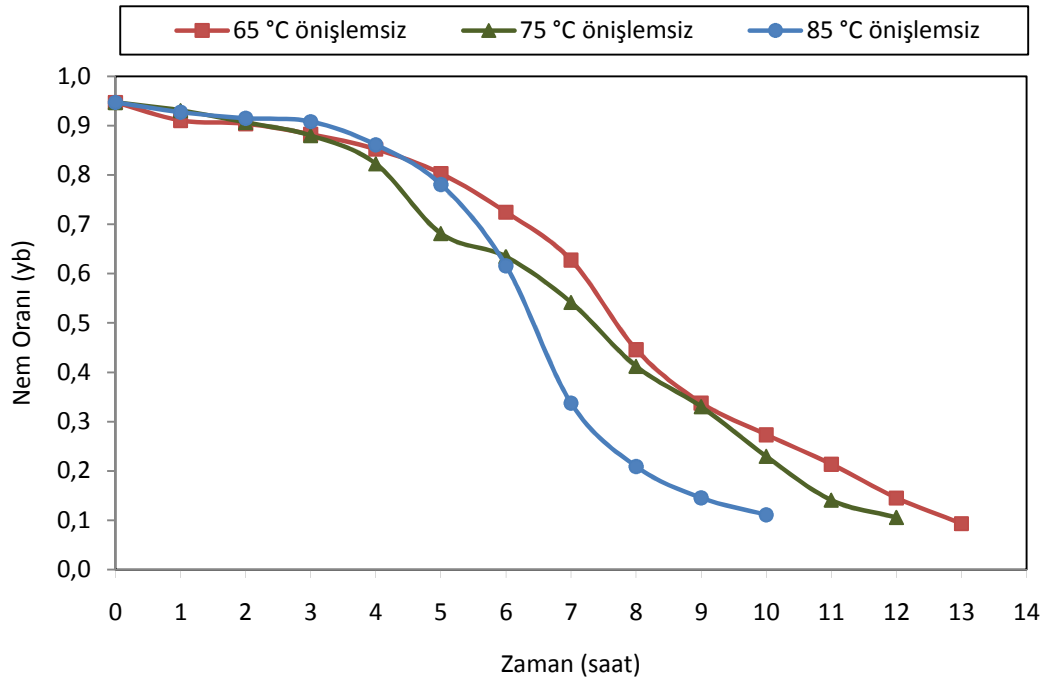
Elde edilen sonuçlar, ne EPSA uygulamasının ne de EPSM uygulamasının kuruma hızını azalttığına dair kesin bir veri ortaya koymamaktadır. Sonuçlar domateslerin kurutulmasında EPSA ve EPSM uygulamalarının kuruma hızlarını direkt olarak etkileyen unsurlar olmadığını, fakat domateslerin bütün olarak etil oeat+potasyum karbonat çözeltisine daldırılma işleminin kuruma süresini önışlemsiz örneklere göre kısalttığını ortaya koymaktadır.

Sıcak havalı kurutucu ile yapılan kurutma denemelerinde EPSA ve EPSM uygulamalarının birbirinden farklı sonuçlar vermesi, bu uygulamalardan bir tanesinin kuruma hızı üzerine etkisinin daha fazla olduğunu göstermemektedir. Sonuçlar arasındaki farklılıkların etil oeat+potasyum karbonat daldırma çözeltisinde tüm domateslerin çözeltiden eşit düzeyde etkilenmemiş olabileceğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü etil oleat kimyasal yapısı bakımından sahip olduğu yoğunluğundan dolayı çözeltinin üst kısmında toplanmaktadır. Uygulamalarda daha çok daldırma süresi baz alındığı için ve ara ara karıştırma yapıldığı halde, her domatese eşit konsantrasyonda etil oleat+potasyum karbonat uygulamasını sağlamak güçtür. Bu nedenle işletme koşullarında ürüne bütün halde daldırma çözeltisinin uygulandığı ekipmanların; uygun devirli, döner karıştırıcı sistemlere veya ürüne zarar verilmemesi açısından uygun ayarlanmış olan hidrolik karıştırma sağlayan pompalama sistemleri ya da gaz enjeksiyonuyla oluşan pnömatik karıştırma sistemlerine sahip olmaları tavsiye edilebilir.

Domates örneklerinin sıcak hava ile kurutulmasında hava hızının kurumaya etkisini belirleyebilmek amacıyla 1.5 ve 2.5 m/s hava hızı değerlerinde gerçekleştirilen denemelerden elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan grafikler Şekil 4.7-4.12 arasında görülmektedir.

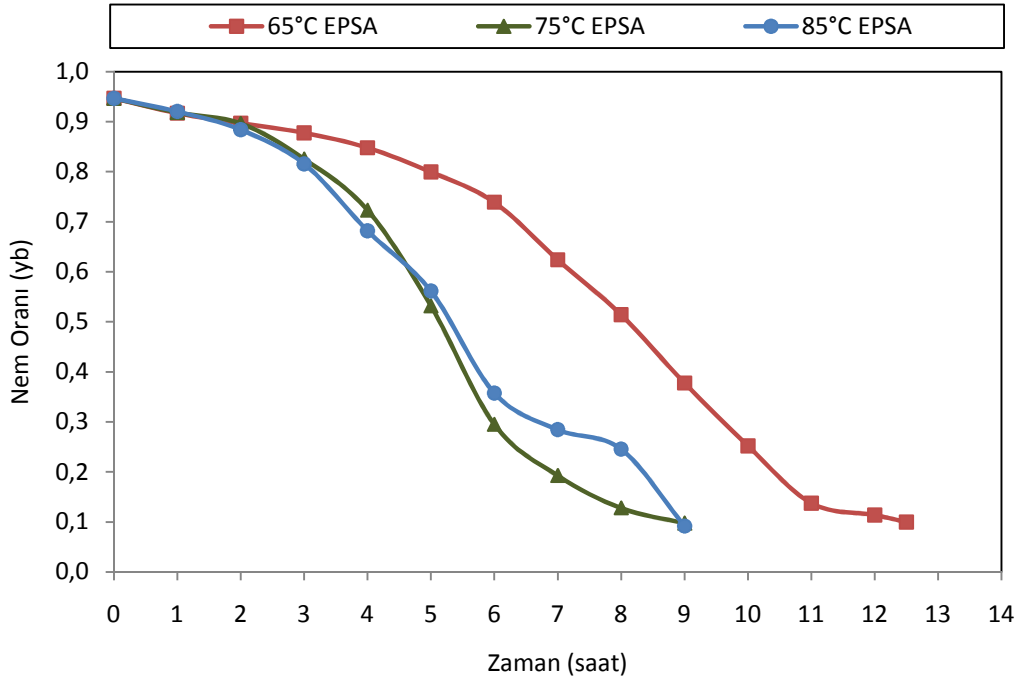
Şekil 4.9’ da görüldüğü gibi 1.5 m/s hava hızı denemesinde en yavaş kuruma 65 °C sıcaklıkta 13.5 saat süre ile EPSM uygulamasında görülürken, en hızlı kuruma ise 85 °C sıcaklıkta 7 saat kuruma süresi ile EPSM uygulamasında görülmüştür.

Şekil 4.11’ de 2.5 m/s hava hızı denemesine bakıldığında ise, en yavaş kuruma 13 saat süre ile 65 °C kurutma sıcaklığında önişlemsiz uygulamada ve EPSA uygulamasında, en hızlı kuruma ise 7 saat süre ile 85 °C sıcaklıkta EPSA uygulamasında tespit edilmiştir.

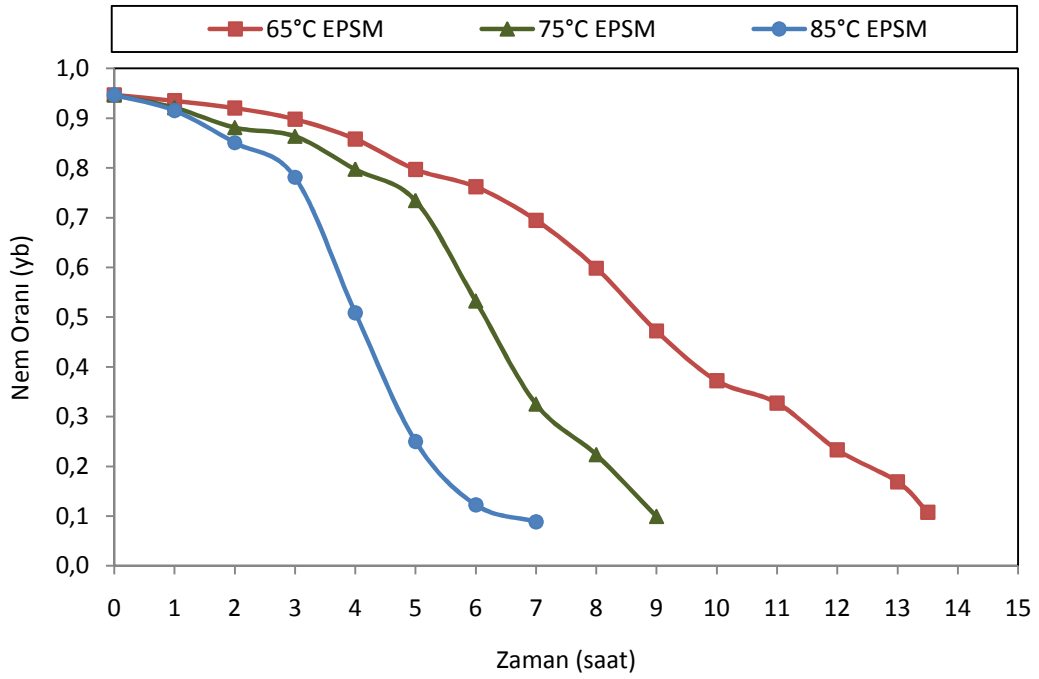


**Şekil 4.7.** 1.5 m/s hava hızında önişlemsiz olarak kurutulmuş domates örneklerinin hava sıcaklığına bağlı olarak gösterdiği nem değişimi

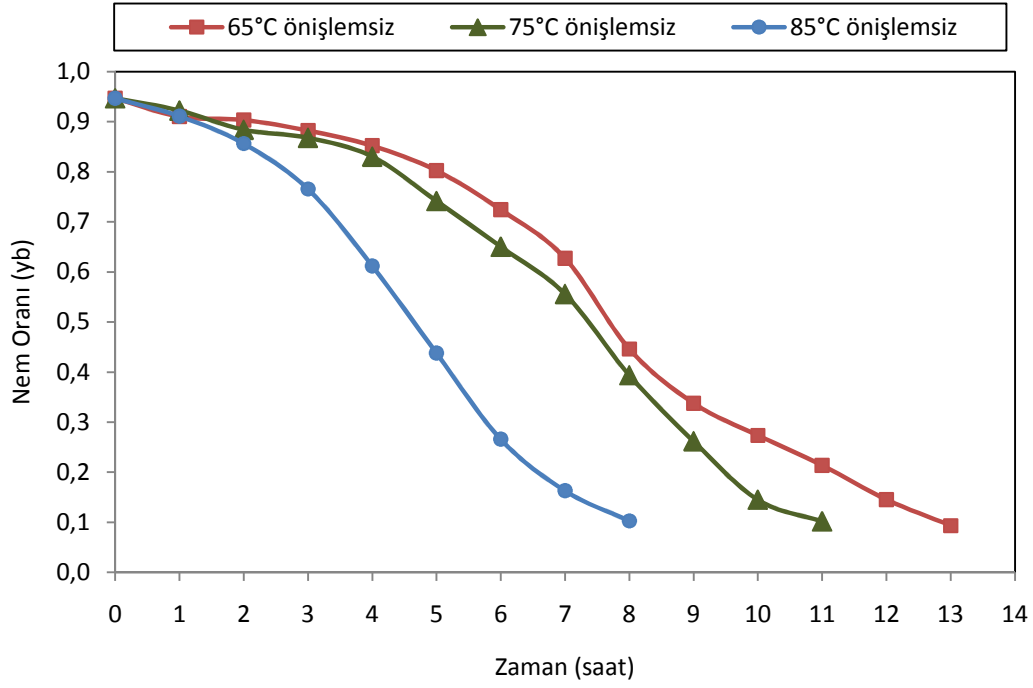




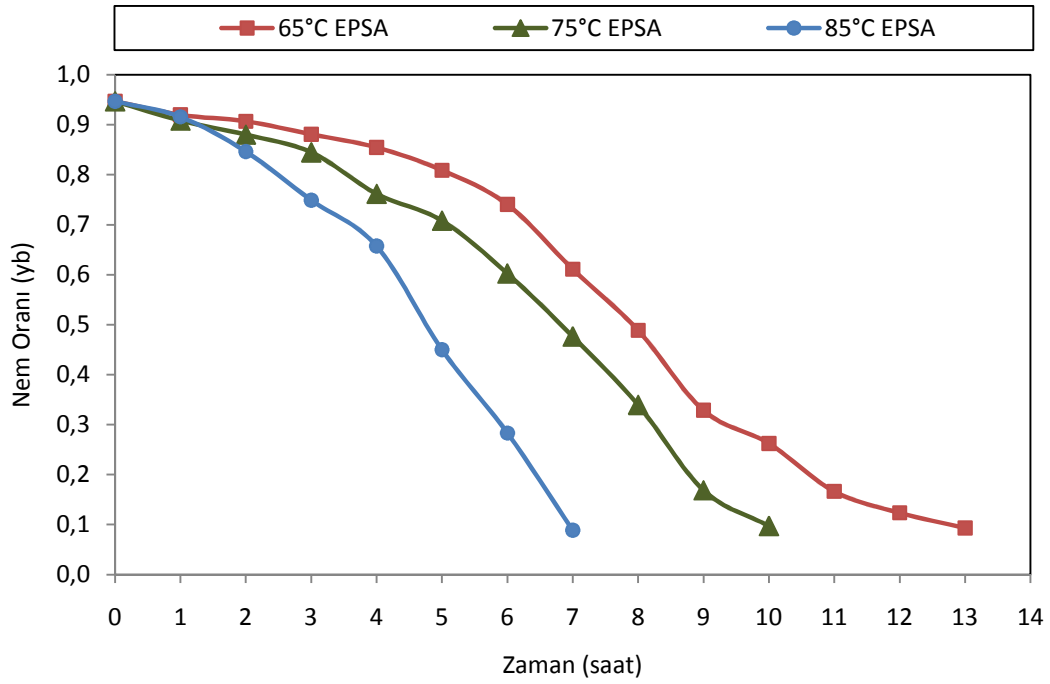
**Şekil 4.8.** 1.5 m/s hava hızında EPSA uygulamasıyla kurutulmuş domates örneklerinin hava sıcaklığına bağlı olarak gösterdiği nem değişimi



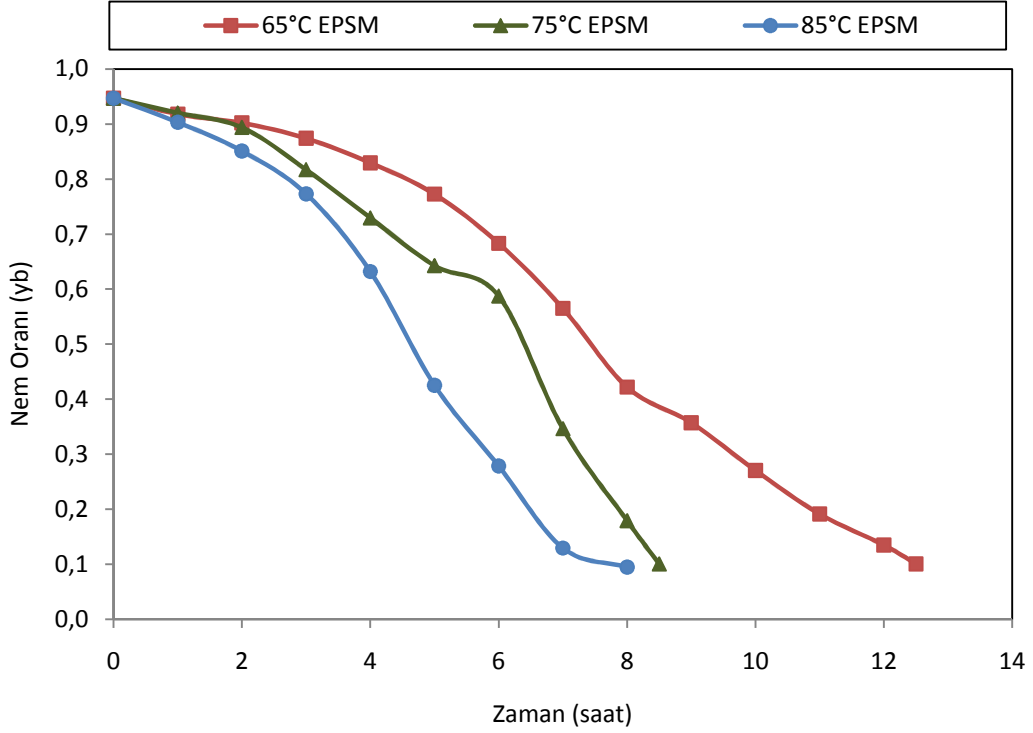
**Şekil 4.9.** 1.5 m/s hava hızında EPSM uygulamasıyla kurutulmuş domates örneklerinin hava sıcaklığına bağlı olarak gösterdiği nem değişimi



Şekil 4.10. 2.5 m/s hava hızında önişlemsiz olarak kurutulmuş domates örneklerinin hava sıcaklığına bağlı olarak gösterdiği nem değişimi



Şekil 4.11. 2.5 m/s hava hızında EPSA uygulamasıyla kurutulmuş domates örneklerinin hava sıcaklığına bağlı olarak gösterdiği nem değişimi



**Şekil 4.12.** 2.5 m/s hava hızında EPSM uygulamasıyla kurutulmuş domates örneklerinin hava sıcaklığına bağlı olarak gösterdiği nem değişimi

Hava hızlarının kuruma sürelerine olan etkisi incelendiğinde, hava hızının 1.5 m/s' den 2.5 m/s' ye yükseltilmesi genel olarak kuruma sürelerini kısaltmıştır. Fakat, 1.5 m/s hava hızında 75 ve 85 °C sıcaklıklarda yapılan EPSA uygulamasında kuruma sürelerinin aynı olması dikkat çekici bir durumdur. Burada yine örneklerin son kuru madde içeriklerinin önem kazandığı düşünülmektedir. 85 °C sıcaklıkta kurutulan örneklerin, 75 °C' de kurutulan örneklere göre biraz daha fazla kuru madde içeriğine sahip oldukları Çizelge 4.13' te görülmektedir. Kuru madde miktarları arasındaki fark oransal olarak az dahi olsa, bu durumun kuruma hızları üzerine etkisinin olduğu düşünülmektedir. Kurutma işleminin belirgin özellikleri içerisinde, son aşamalarda azalan kuruma evresi de dikkate alındığında, bu dönemde kuruma süresi uzadıkça birim zaman içerisinde buharlaşan nem miktarının azaldığı bilinmektedir (Yağcıoğlu 1999). Buradan hareketle, 1.5 m/s hava hızı ve 75 °C sıcaklık uygulamasına tabi tutulmuş örneklerin kuru madde miktarının, aynı hava hızında 85 °C sıcaklıkta kurutulan örneklerin kuru madde miktarına ulaşabilmesi için biraz daha süreye ihtiyacı olduğu açıktır.

Kurutmanın genel prensiplerine göre yüksek sıcaklık ve yüksek hava akımı altında yapılan hızlı kurutmanın, kurutulan ürünün etrafında yüzeysel sert bir kabuk tabakası oluşturup, iç kısımlardaki suyun uzaklaşmasını engellediği bilinirken, bu araştırmada yapılan

uygulamalarda hava akım hızı ve sıcaklık arttıkça kuruma hızında yani dolayısıyla üründen nem taşınımında azalma görülmemektedir. Domateslerin ince dilimler halinde olmasının kabuk bağlamayı engellediği düşünülmektedir. Araştırmamızda farklı sıcaklık ve hava akım hızlarında ürün yapısında belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Ancak domateslerin ikiye bölünmüş olarak kurutulmaları durumunda kabuk bağlamanın oluşabileceği ve iç kısımlarda daha geç kuruma görülebileceği düşünülmektedir.

#### **4.1.2. Domateslerin vakumlu kurutucuda kurumasına ilişkin sonuçlar**

Vakumlu kurutma yöntemi ile domateslerin kurutulmasında 65 ve 75 °C sıcaklık ve 10 kPa vakum uygulaması yapılmıştır.

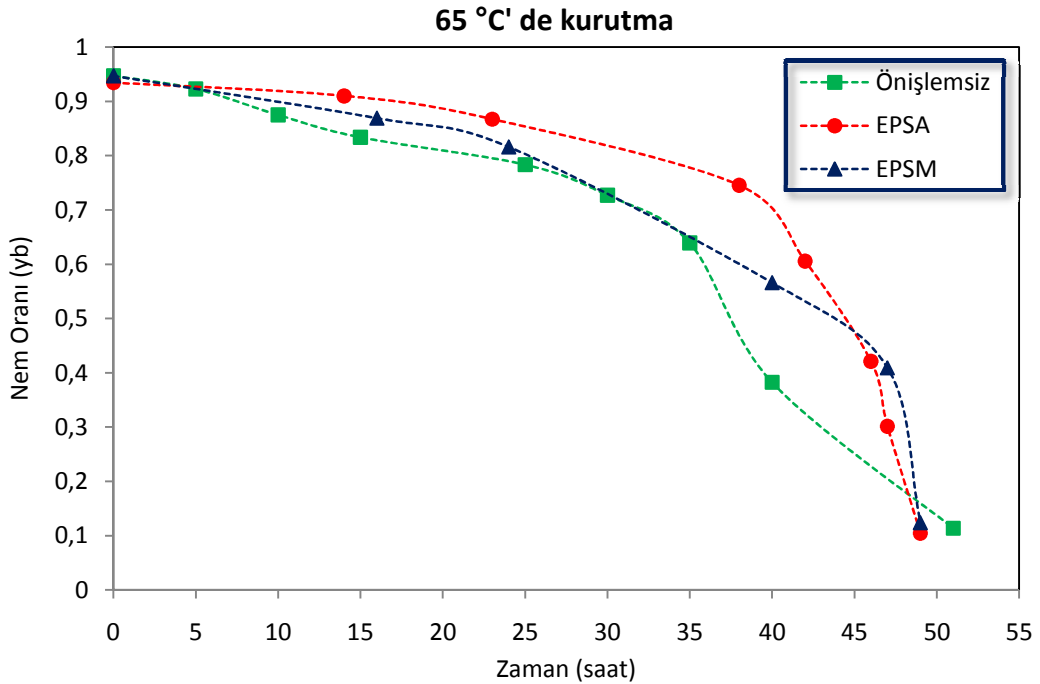
Şekil 4.13 ve 4.14 incelendiğinde vakumlu kurutma yöntemlerinin sıcak havalı kurutmaya göre oldukça uzun sürdüğü görülmektedir. Wu ve ark. (2007) da, 30, 40 ve 50 °C kurutma sıcaklığı ve 2.5, 5 ve 10 kPa vakum uygulamasıyla yaptıkları patlıcan kurutma çalışmasında, en fazla 20 saat süren kuruma ile oldukça uzun bir süre saptamasında bulunmuşlardır.

75 °C’ de yapılan kurutma işlemleri, beklendiği gibi 65 °C’ de yapılan uygulamalardan daha kısa sürmüştür. 65 °C kurutma havası sıcaklığında gerçekleştirilen deneme sonuçları incelendiğinde, sıcak havalı kurutma yönteminde elde edilen sonuçlara benzer olarak bu sıcaklıkta vakumlu kurutucuda kurutulan önişlemlenmiş örneklerin kuruma süresinin önişlemsiz örneklerinkine kıyasla toplam süre dikkate alındığında çok fazla kısalmadığı görülmektedir (Şekil 4.13 ve 4.14). 65 °C’ de yapılan kurutmada EPSM ve uygulamasına bakıldığında domatesin %12.44 nem içeriğine 49 saatte ulaştığı, EPSA uygulamasına bakıldığında ise domatesin %10.46 nem seviyesine yine 49 saatte ulaştığı görülmektedir. 65 °C’ de gerçekleşen önişlemsiz uygulamada ise süre 2 saat daha uzamış ve ürün %10.06 nem düzeyine toplam 51 saatte ulaşmıştır (Şekil 4.13). Sıcak havalı kurutma yönteminde yapılan uygulamalarda olduğu gibi, domates örneklerinin son nem içeriklerinin vakumlu kurutma uygulamalarında da kuruma süreleri konusunda önem kazandığı düşünülmektedir. Öyle ki, EPSM uygulamasıyla kurutulan örneklerin son nem içerikleri, EPSA uygulamasıyla kurutulanların nem içeriklerinden daha fazladır. Yani EPSA uygulamasına tabi olan örnekler daha fazla son kuru madde içeriğine sahiptir ve Çizelge 4.13’ te de bu değerler istatistiksel olarak farklı gruptadır. Yani değerler arasındaki farklılıkların önemli olduğu anlaşılmaktadır. 65 °C’ de EPSM uygulamasıyla yapılan kurutma işleminin, ürünün son nem içeriği %10 seviyelerine ininceye kadar devam ettirilmesi halinde, bu sonuçların 75 °C uygulamalarıyla paralellik göstereceği, bu koşullarda da vakumlu kurutmada

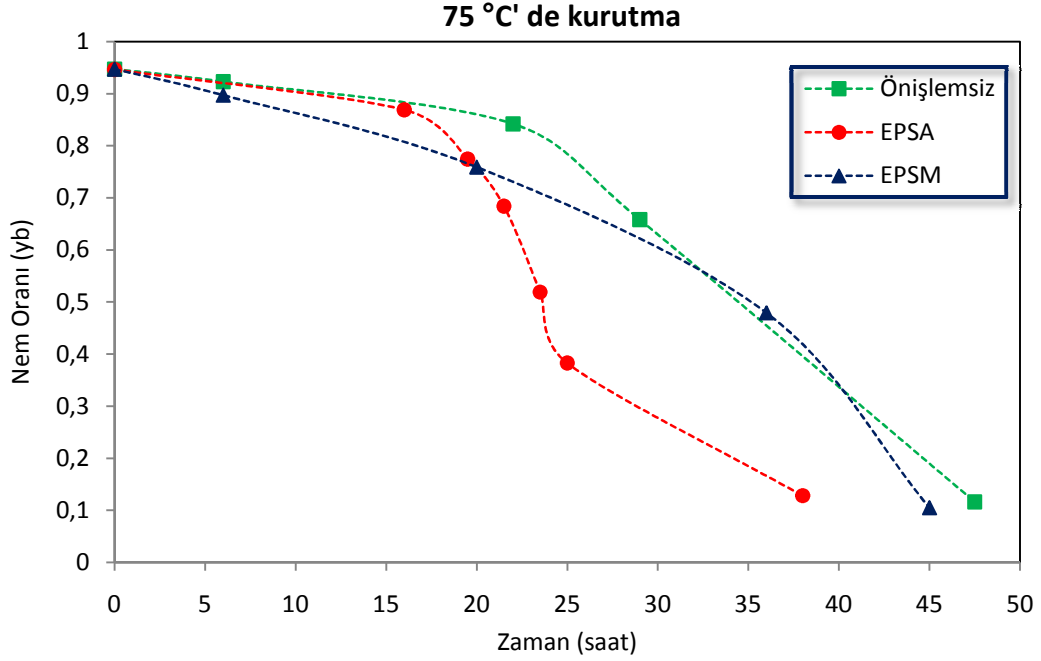
her iki sıcaklık değerinin etkisinin yapılan önişlemsiz ve önişlemlı uygulamalarda paralel olacağı düşünölmektedir.

Vakumlu kurutma yöntemi ile 75 °C’ de yapılan denemelerde ise önişlemsiz olan ürünün kuruması 47.5 saatte gerçekleşirken, EPSM uygulamasında 45 saat, EPSA uygulamasında ise 38 saatte kuruma işlemlı gerçekleşmiştir (Şekil 4.14). Burada da önişlemsiz örneklerin ve EPSM uygulamasıyla kurutulan örneklerin son nem içerikleri %10 seviyelerindeyken, EPSA uygulamasıyla kurutulan domates örneklerinin son nem içerikleri %12.82 olarak tespit edilmiştir. EPSA uygulamasıyla kurutulmuş örneklerin de son nem içeriklerinin %10 seviyelerinde olması durumunda, yani kuruma süresinin bu nem içeriğine kadar uzatılması durumunda, kurutma sıcaklığı ve önişlem uygulamalarının kendi içlerinde benzer etkileri yaratacağı düşünölmektedir.

Vakumlu kurutma uygulamalarının tümüne bakıldığında, kuruma sürelerinin genel olarak oldukça uzun sürmesi sebebiyle, kuru domateslerin hacimlerinin oldukça küçüldüğü gözlenmiş, diğer yöntemlere göre daha küçük yapılı ve daha koyu renkli örnekler elde edilmiştir.



**Şekil 4.13.** Vakumlu kurutucuda 65 °C’ de yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi



**Şekil 4.14.** Vakumlu kurutucuda 75 °C’ de yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi

#### 4.1.3. Domateslerin dondurarak kurutucuda kurumasına ilişkin sonuçlar

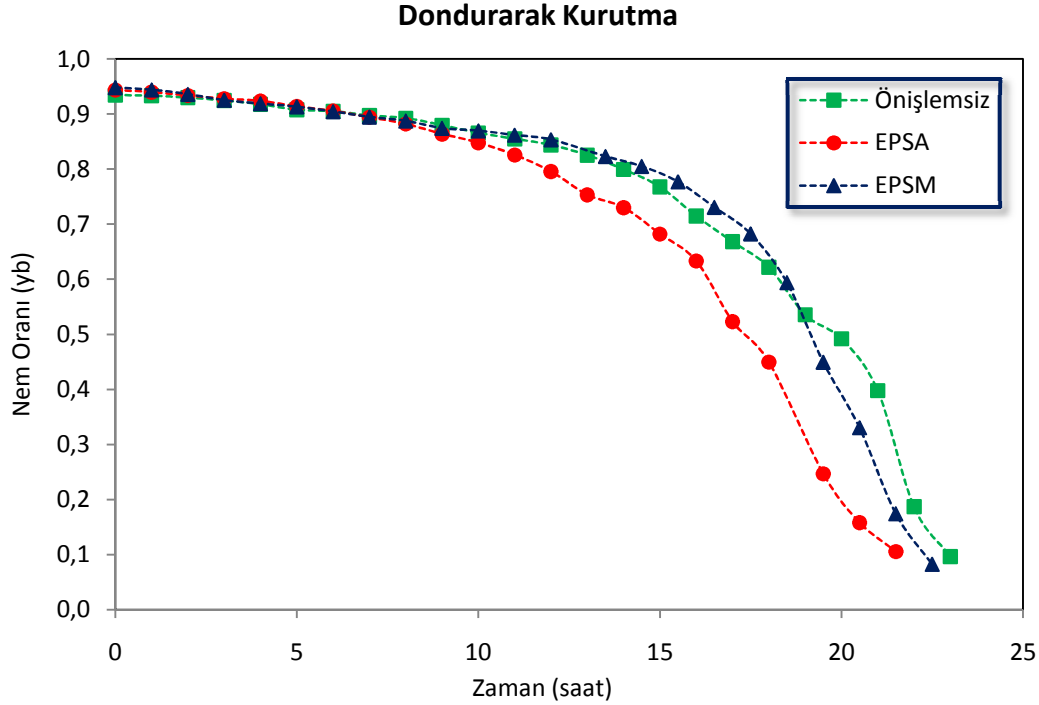
Dondurarak kurutma uygulamalarının kuruma eğrileri Şekil 4.15’ te incelendiğinde ilk 9 saatlik kuruma evresinde her üç yöntemde de domatesin nem seviyesi hemen hemen aynı değerlerde seyretmiştir. 10. saatten sonra özellikle EPSA uygulamasında nem düşüşü diğer iki yönteme göre hız kazanmıştır. Öyle ki, 13. saatte EPSA uygulamasında örneklerin nem değeri %75 iken, önişlemsiz uygulamada ve EPSM uygulamasında aynı saatteki nem değerleri %82 civarındadır.

Nem düşüşünde EPSM uygulamasının önişlemsize göre hız kazanması ise 18. saatten sonra gerçekleşmiştir. EPSM uygulamasında örneklerin nem içeriği 19.5 saatte %44 iken, önişlemsiz örneklerin 19. saatteki nem değeri %53’ tür.

Dondurarak kurutma sonucunda önişlemsiz örneklerin kuruma süresi 23 saatken, EPSM uygulanmış örneklerin kuruma süresi 22.5 saat ve EPSA uygulanmış örneklerin kuruma süresi de 21.5 saat olmuştur. Chang ve ark. (2006) da benzer olarak, dondurarak kurutulmuş ve sıcak havalı kurutucuda kurutulmuş domateslerde antioksidan özelliklerin karşılaştırılması amacıyla yaptıkları çalışmalarında, dondurarak kurutma uygulamasının 24 saatte gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Kuruma sonunda örnekler, kurumadan önceki boyutlarıyla aynı kalmış, süngerimsi bir yapıya sahip olmuşlardır. Marques ve Freire (2005) de, dondurarak kurutmanın, ısıya duyarlı

hassas yapılı ürünler için tercih edilen bir kurutma yöntemi olduğunu, bu yöntemin, konveksiyonla kurutma uygulamalarında yaygın olarak karşılaşılan büzüşme ve ürün reaksiyonlarının azalması gibi sorunları minimize ettiğini belirtmişlerdir.



**Şekil 4.15.** Dondurarak kurutmada yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi

#### 4.1.4. Domateslerin güneşte kurumasına ilişkin sonuçlar

Güneşte kurutmada, Şekil 4.16' da yer alan grafikten de anlaşıldığı gibi, domateslerin kuruması 57 saat sürmüştür. Bu sürenin sonunda önişlemsiz olarak kurutulan domates örneklerinin nem içerikleri %9.53 iken, EPSA uygulamasıyla kurutulan domateslerin nem içerikleri %8.68 olmuş, EPSM uygulamasıyla kurutulanların nem içerikleri ise %8.07 seviyesine ulaşmıştır.

Şekil 4.16' da görüldüğü gibi, güneşte kurutma uygulamasında 10. saatte, yani ilk günün sonunda önişlemsiz örneklerin nemi %85.1 iken, EPSA uygulanan örneklerde nem %81.5 olmuş, EPSM uygulananlarda ise bu oran %78.8'e ulaşmıştır. Denemelerin 2. gününde özellikle EPSM uygulanan örneklerin nem değerlerinin düşmesinde diğer örnekler göre hızlanma olmuş, günün sonunda yani 33. saatte bu örneklerin nem değeri %21.7 iken, önişlemsiz örnekler %47.1 neme, EPSA uygulanmış örnekler ise %33.8 neme ulaşmışlardır. 3. ve son günde ise EPSM denemesine tabi tutulan domates örneklerindeki nem düşüşü oldukça yavaşlamıştır. Öyle ki, 56. saatten 57. saate geçerken bu örneklerde sadece %1

oranında bir düşüş görülürken, önişlemsiz örneklerde %7' lik bir düşüş, EPSA uygulanmış örneklerde ise %5 oranında bir düşüş tespit edilmiştir.

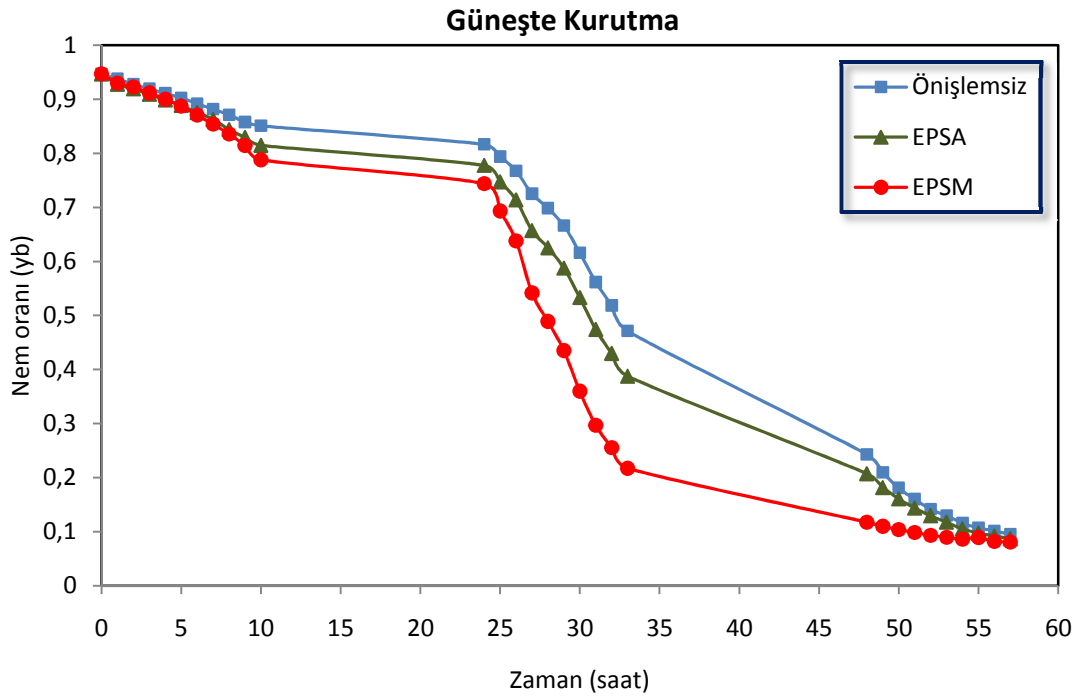
Güneşte kurutma denemeleri sırasında sıcaklık değeri en düşük 28 °C, en yüksek 34.8 °C olarak tespit edilmiştir. Ortam nemi %32.2-%40.5 değerleri arasında değişkenlik göstermiştir. Ortam neminin yüksekliği ve sıcaklığın yüksek olmaması kuruma süresinin 57 saate kadar uzamasında etkindir. Rüzgar hızınının 2.9 m/s' ye kadar yükselmesi ise domates örneklerinin kurumasında olumlu etki yaratmıştır. Güneşte kurutma sıcaklıkları, sıcak havalı kurutucuda ve vakumlu kurutucuda uygulanan kurutma sıcaklıkları ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Düşük sıcaklık ve yüksek ortam nemi değerleri de dikkate alındığında kurumanın 57 saat gibi uzun bir süre devam etmesi olağandır. Dondurarak kurutmada da örnekler dondurulma aşamasından sonra 30 °C sıcaklıkta kurutulmuştur. Bu noktada güneşte ve dondurarak kurutma uygulamalarındaki sıcaklıkların birbirine yakın olması, fakat dondurarak kurutmada önişlemsiz örneklerin 23, EPSM uygulanmış örneklerin 22.5, EPSA uygulanmış örneklerin ise 21.5 saatte kurumuş olmaları dikkati çekmektedir. Kurutma sıcaklığı değerleri yakın olmasına rağmen dondurarak kurutma uygulamalarının güneşte kurutma uygulamalarına karşı kısa sürmüş olmasının, dondurarak kurutmanın oksijensiz ortamda gerçekleşmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Öte yandan vakumlu kurutma uygulamaları da oksijensiz ortamda gerçekleşmiş olmasına rağmen tüm örneklerde kuruma süresi güneşte kurutma uygulamalarına kıyasla daha kısa, fakat dondurarak kurutma uygulamalarına kıyasla daha uzun sürmüştür. Bunun domatesin ilk nem içeriğinin çok yüksek olması, bu denemelerde kullanılan laboratuvar tipi vakumlu kurutma dolabının vakum pompasının ürün içerisinden çekilen nemi dışarı atmada yetersiz kalması ve kurutma ortamındaki nemin çok yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu araştırmada domateslerin renk ve parlaklıklarının korunması amacıyla uygulanan sodyum metabisülfite çözeltisinin aynı amaçla farklı ürünlerde kullanıldığı pek çok çalışma yapılmıştır. Singh ve Gupta (2007) havucun, Eren ve Kaymak-Ertekin (2007) patatesin, Thuwapanichayanan ve ark. (2008) muzun kurutulmasına yönelik yaptıkları çalışmalarda sodyum metabisülfite aynı amaç için uygulamışlardır. Erkan ve ark. (2007) renk değişiminin önlenmesi amacıyla karideslerin sodyum metabisülfite çözeltisine daldırıldığını belirtmişlerdir. Rengin korunmasında bu denli önem arz eden bir çözelti olan sodyum metabisülfite daldırılan (EPSM) domates dilimleri güneşte kurutma uygulamasında önişlemsiz örneklere ve EPSA uygulanmış örneklere göre daha hızlı kuruma eğilimi göstermişlerdir. EPSM uygulanmış örneklerin diğerlerine göre daha hızlı kuruma göstermesine yönelik bulunan sonuçlar Günhan (2005) tarafından bulunan sonuçlarla paralellik göstermektedir. Araştırmacı, güneşte



kükürtleyerek (sodyum metabisülfite kükürt dioksitle muhafazada yararlanılan kükürt tuzlarından biridir) ve tuzlayarak kuruttuğu domateslerde (domatesler dilimlenmemiş sadece ikiye bölünmüştür), kükürtlenmiş domateslerin daha hızlı kuruma gösterdiğini tespit etmiştir. Öyle ki çalışmada kükürtlenerek güneşte kurutulan domatesler 6. günün sonunda %15 nem seviyesine, tuzlanarak kurutulanlar ise 7. günün sonunda %20 nem seviyesine ulaşmışlardır. Benzer şekilde, gölgede kuruttuğu domateslerde de kükürtlü olanların daha hızlı kuruma gösterdiğini tespit etmiştir.

Güneşte kurutma denemeleri süresince domates örneklerinin hiçbirinde küflenme gözlenmemiştir.



**Şekil 4.16.** Güneşte kurutma ile yapılan uygulamaların kuruma eğrilerine etkisi

## 4.2. Kurutulmuş Domateslerde Kalite Kriterlerine İlişkin Sonuçlar

### 4.2.1. Kurutulmuş domateslerde renk değişim sonuçları

Kurutma uygulamaları sonucunda L\* değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1’ de, a\* değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.2’ de, b\* değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3’ te görülmektedir. Renk kriterlerini incelemek amacıyla yapılan istatistiki analizler sonucunda, kurutma yöntemlerinin, uygulanan önışlemlerin (önışlemsiz uygulama da dahil olmak üzere tüm varyans analiz tablolarında bu ifade “işlem” olarak gösterilmiştir) ve bu iki parametrenin interaksiyonunun L\*, a\* ve b\* değerleri üzerine etkisi  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur. Çizelge 4.4, 4.5 ve 4.6’ da sırasıyla, kurutma yöntemlerine göre L\*, a\* ve b\* değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları, Çizelge 4.7, 4.8 ve 4.9’ da sırasıyla, kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde L\*, a\* ve b\* değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları yer almaktadır. Çizelge 4.10’ da ise tüm kurutma uygulamaları sonucunda (kurutma yöntemi\*işlem interaksiyonu) domateslerin L\*, a\* ve b\* değerlerine ait LSD testi sonuçları görülmektedir.

**Çizelge 4.1.** Kurutma uygulamaları sonucunda L\* değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	13.77	13.766	24.91**	.000
Kurutma Yöntemi	9	8536.38	948.487	1716.46**	.000
İşlem	2	218.42	109.209	197.63**	.000
Kur. Yönt.*İşlem	18	193.98	10.777	19.50**	.000
Hata	29	16.02	0.553		

\*\* :  $P < 0.01$  düzeyinde önemli

**Çizelge 4.2.** Kurutma uygulamaları sonucunda a\* değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	7.91	7.906	10.26**	.003
Kurutma Yöntemi	9	1187.45	131.939	171.18**	.000
İşlem	2	21.04	10.519	13.65**	.000
Kur. Yönt.*İşlem	18	197.86	10.992	14.26**	.000
Hata	29	22.35	0.771		

\*\* :  $P < 0.01$  düzeyinde önemli

**Çizelge 4.3.** Kurutma uygulamaları sonucunda b\* değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	2.93	2.930	2.73ns	.109
Kurutma Yöntemi	9	3371.11	374.567	348.87**	.000
İşlem	2	306.32	153.162	142.65**	.000
Kur. Yönt.*İşlem	18	172.26	9.570	8.91**	.000
Hata	29	31.14	1.074		

ns : önemsiz

\*\* : P&lt;0.01 düzeyinde önemli

**Çizelge 4.4.** Kurutma yöntemlerine göre L\* değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	L* Değeri Ortalamaları	LSD Grupları
SH 65 °C-1.5 m/s	41.17	<i>d</i>
SH 65 °C-2.5 m/s	41.77	<i>cd</i>
SH 75 °C-1.5 m/s	43.35	<i>b</i>
SH 75 °C-2.5 m/s	43.84	<i>b</i>
SH 85 °C-1.5 m/s	41.32	<i>cd</i>
SH 85 °C-2.5 m/s	42.16	<i>c</i>
Vakum 65 °C	25.59	<i>f</i>
Vakum 75 °C	25.50	<i>f</i>
Dondurarak	70.75	<i>a</i>
Güneş	34.35	<i>e</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	0.8781004

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P&lt;0.05)

**Çizelge 4.5.** Kurutma yöntemlerine göre a\* değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	a* Değeri Ortalamaları	LSD Grupları
SH 65 °C-1.5 m/s	30.19	<i>ab</i>
SH 65 °C-2.5 m/s	29.27	<i>bc</i>
SH 75 °C-1.5 m/s	29.44	<i>abc</i>
SH 75 °C-2.5 m/s	28.62	<i>c</i>
SH 85 °C-1.5 m/s	27.01	<i>d</i>
SH 85 °C-2.5 m/s	26.31	<i>d</i>
Vakum 65 °C	18.55	<i>f</i>
Vakum 75 °C	18.01	<i>f</i>
Dondurarak	22.68	<i>e</i>
Güneş	30.42	<i>a</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	1,036833

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P&lt;0.05)

**Çizelge 4.6.** Kurutma yöntemlerine göre b\* değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	b* Değeri Ortalamaları	LSD Grupları
SH 65 °C-1.5 m/s	34.03	<i>d</i>
SH 65 °C-2.5 m/s	34.43	<i>d</i>
SH 75 °C-1.5 m/s	36.04	<i>b</i>
SH 75 °C-2.5 m/s	35.69	<i>bc</i>
SH 85 °C-1.5 m/s	34.61	<i>cd</i>
SH 85 °C-2.5 m/s	35.71	<i>bc</i>
Vakum 65 °C	20.37	<i>e</i>
Vakum 75 °C	19.13	<i>f</i>
Dondurarak	41.48	<i>a</i>
Güneş	21.25	<i>e</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	1.223725

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.7.** Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde L\* değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

İşlemler	Ortalamalar	LSD Grupları
Önişlemsiz	38.45	<i>c</i>
EPSA	41.42	<i>b</i>
EPSM	43.06	<i>a</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	0.4809554

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.8.** Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde a\* değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

İşlemler	Ortalamalar	LSD Grupları
Önişlemsiz	25.22	<i>b</i>
EPSA	26.35	<i>a</i>
EPSM	26.58	<i>a</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	0.5678968

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.9.** Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde b\* değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

İşlemler	Ortalamalar	LSD Grupları
Önişlemsiz	28.23	<i>c</i>
EPSA	31.95	<i>b</i>
EPSM	33.64	<i>a</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	0.6702616

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.10.** Kurutulmuş domateslerde L\*, a\* ve b\* değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları

Uygulama			L*	a*	b*
Taze Domates			47.92	32.83	39.44
Sıcak Havalı Kurutma					
Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Uygulama			
65	1.5	Önişlemsiz	36.17 <sup>k</sup>	30.55 <sup>bcd</sup>	27.91 <sup>l</sup>
		EPSA	41.57 <sup>fg</sup>	28.48 <sup>efg</sup>	34.09 <sup>ghi</sup>
		EPSM	45.77 <sup>de</sup>	31.54 <sup>ab</sup>	40.1 <sup>bc</sup>
	2.5	Önişlemsiz	39.25 <sup>hi</sup>	27.67 <sup>efghi</sup>	30.78 <sup>k</sup>
		EPSA	41.66 <sup>h</sup>	29.36 <sup>cde</sup>	34.28 <sup>gh</sup>
		EPSM	44.41 <sup>e</sup>	30.79 <sup>bc</sup>	38.23 <sup>cd</sup>
75	1.5	Önişlemsiz	38.02 <sup>ij</sup>	28.23 <sup>efgh</sup>	31.55 <sup>jk</sup>
		EPSA	44.93 <sup>e</sup>	28.8 <sup>def</sup>	36.75 <sup>def</sup>
		EPSM	47.09 <sup>cd</sup>	31.29 <sup>ab</sup>	39.82 <sup>c</sup>
	2.5	Önişlemsiz	42.60 <sup>f</sup>	28.43 <sup>efg</sup>	33.12 <sup>hij</sup>
		EPSA	40.77 <sup>gh</sup>	28.83 <sup>def</sup>	35.89 <sup>fg</sup>
		EPSM	48.14 <sup>c</sup>	28.59 <sup>efg</sup>	38.06 <sup>cde</sup>
85	1.5	Önişlemsiz	38.86 <sup>t</sup>	26.95 <sup>ghi</sup>	31.37 <sup>jk</sup>
		EPSA	42.69 <sup>f</sup>	27.72 <sup>efghi</sup>	36.41 <sup>def</sup>
		EPSM	42.41 <sup>f</sup>	26.35 <sup>t</sup>	36.05 <sup>efg</sup>
	2.5	Önişlemsiz	40.44 <sup>gh</sup>	23.85 <sup>jk</sup>	32.12 <sup>ijk</sup>
		EPSA	40.72 <sup>gh</sup>	27.89 <sup>efghi</sup>	35.98 <sup>efg</sup>
		EPSM	45.33 <sup>e</sup>	27.18 <sup>fghi</sup>	39.04 <sup>c</sup>
Vakumlu Kurutma					
65	-	Önişlemsiz	26.81 <sup>n</sup>	17.42 <sup>l</sup>	18.51 <sup>qr</sup>
		EPSA	26.37 <sup>no</sup>	19.11 <sup>l</sup>	21.76 <sup>no</sup>
		EPSM	23.59 <sup>pq</sup>	19.13 <sup>l</sup>	20.83 <sup>op</sup>
75	-	Önişlemsiz	23.22 <sup>q</sup>	14.88 <sup>m</sup>	17.08 <sup>r</sup>
		EPSA	28.38 <sup>m</sup>	24.3 <sup>j</sup>	23.07 <sup>mn</sup>
		EPSM	24.91 <sup>op</sup>	14.85 <sup>m</sup>	17.24 <sup>r</sup>
Dondurarak Kurutma	-	Önişlemsiz	68.26 <sup>b</sup>	22.46 <sup>k</sup>	39.94 <sup>c</sup>
		EPSA	71.73 <sup>a</sup>	22.35 <sup>k</sup>	42.08 <sup>ab</sup>
		EPSM	72.27 <sup>a</sup>	23.22 <sup>jk</sup>	42.43 <sup>a</sup>
Güneşte Kurutma	-	Önişlemsiz	30.91 <sup>l</sup>	31.79 <sup>ab</sup>	19.95 <sup>opq</sup>
		EPSA	35.42 <sup>k</sup>	26.61 <sup>hi</sup>	19.15 <sup>pqr</sup>
		EPSM	36.72 <sup>jk</sup>	32.86 <sup>a</sup>	24.64 <sup>m</sup>
LSD <sub>0,05</sub>			1.520915	1.795847	2.119554

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.10' a bakıldığında renk parlaklığı ( $L^*$ ) değerinin en yüksek olduğu yöntem dondurarak kurutma yöntemidir. Burada EPSM uygulamasıyla kurutulan domates örneklerinin en yüksek parlaklık değerine sahip olduğu görülmektedir. Bunu sıcak hava ile  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' de  $2.5\text{ m/s}$  hava hızında, EPSM uygulamasıyla kurutulan örnekler izlemektedir. Uygulamalar kendi aralarında incelendiğinde, vakumlu kurutma dışındaki tüm denemelerde EPSM uygulamalarında  $L^*$  değeri en yüksek değerlerdedir. Bu noktada  $L^*$  değerleri üzerine en fazla etkili olan parametrenin önişlem uygulamaları olduğu görülmektedir. Sıcak havalı kurutmada hem EPSA hem de EPSM uygulamalarında genel olarak sıcaklık değerleri yükseldikçe  $a^*$  değerleri yani renk kırmızılığı azalmaktadır. Bu uygulamalarda parlaklığın ( $L^*$ ) azalması da  $a^*$  değerlerinde bir azalmanın yani üründe hafif bir renk koyulaşması olduğunu desteklemektedir.

Vakumlu kurutmada en yüksek  $L^*$  ve  $a^*$  değeri  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta EPSA uygulamasında görülmektedir.  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta vakumlu kurutmada  $b^*$  değeri de yine en yüksek değerle EPSA uygulamasında saptanmıştır. Parlaklık ve kırmızılığın önişlemsiz ve EPSM uygulamalarına göre daha yüksek değerde olması, EPSA uygulaması ile yapılan kurutmanın diğerlerine göre daha kısa sürmesinden, dolayısıyla renk koyulaşmasının daha az olmasından kaynaklanmaktadır.

Diğer kurutma uygulamaları ile karşılaştırıldığında, vakumlu kurutmada tüm renk (sıcak havalı kurutma, dondurarak kurutma ve güneşte kurutma) değerleri daha düşük çıkmıştır. Bunun sebebi kurutmanın diğer uygulamalara göre çok daha uzun sürmesidir.

Çizelge 4.10' dan da anlaşıldığı gibi dondurularak kurutulmuş ürünlerde parlaklık ve sarılık değerleri, taze domatese göre oldukça yüksek çıkmıştır. Özellikle  $L^*$  değerindeki yükseklik dikkat çekicidir. Önişlem uygulanmasıyla beraber  $L^*$  değeri daha da yükselmiştir. Dondurarak kurutma işlemi geleneksel kurutma işlemi sırasında oluşabilecek tat, koku ve aroma kaybını önleyen bir sistemdir. Bu yöntemle elde edilen ürünlerin kalitesine diğer hiçbir yöntemle erişilememektedir. Üründeki aroma ve besleme değeri çok yüksektir. Hücre içindeki öğeler yüzeye çıkıp dağılmazlar. Ürünün boyutlarında değişme olmaz ve bu yöntemle kurutmada materyalin ilk biçimi korunur. Dondurarak kurutulmuş ve tekniğine uygun ambalajlanmış olan ürünler uzun süre muhafaza edilebilirler (Saldamlı ve Saldamlı 2004, Marques ve Freire 2005).

Güneşte kurutma sonucu renk değerlerine bakıldığında, tüm yöntemler içinde en yüksek olan kırmızılık değerinin EPSM uygulamasında ortaya çıktığı görülmektedir. Bu değeri önişlemsiz olarak yapılan kurutma izlemektedir, sıcak hava ile  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $1.5\text{ m/s}$  hava

hızında kurutulan örneklerin  $a^*$  değeri de bu grupta yer almıştır. Buradan, kurutma sıcaklığının yükselmesiyle,  $a^*$  değerlerinin düştüğü sonucuna varılabilir.

Yapılan işlemlerde  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerine ait ortalamalara bakıldığında, önışlem uygulamalarının rengi korumaya yönelik amacı yerine getirdiği görülmektedir (Çizelge 4.7, 4.8 ve 4.9). Öyle ki,  $L^*$  ve  $b^*$  değerinde en iyi sonuç EPSM uygulaması ile kurutulmuş örneklerde,  $a^*$  değerinde en iyi sonuç yine EPSM uygulaması ile kurutulmuş örneklerde görülmektedir,  $a^*$  değeri için EPSA uygulanmış örnekler de EPSM uygulaması ile aynı grupta yer almaktadır. Lapati ve Barret (2003), güneşte kurutulacak domateslerde tuz ve sodyum metabisülfite daldırma solüsyonlarının kullanımıyla ilgili yaptıkları çalışmada farklı konsantrasyonlarda bu çözeltilerden denemişlerdir. Sodyum metabisülfite uygulamasının maya oluşumunu azalttığını ve kuru domateslerde hiçbir bozulma görülmediğini belirtmişlerdir. Sodyum metabisülfite konsantrasyonu arttıkça domateslerin renk tonu (H) değeri azalarak daha kırmızı ve daha tercih edilen bir renk değerine ulaşmış, en yüksek konsantrasyon ile muamele edilen domateslerin en iyi renge sahip olduklarını belirtmişlerdir.

Tüm kurutma denemeleri sonucunda domateslerin  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerlerinden hesaplanan  $a^*/b^*$ ,  $b^*L^*/a^*$ , C, H değerleri ile YI (sarılık indeksi) değerleri Çizelge 4.11' de,  $\Delta L^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta E^*$ ,  $\Delta H^*$  değerleri ise Çizelge 4.12' de görülmektedir.

Çizelge 4.11' den kurutulan örneklerin metrik renk tonu açısı (H) değerine bakıldığında, güneşte kurutma dışında diğer tüm uygulamalarda genel olarak önışlem yapılmış örneklerde bu değer taze domatese göre yükselme eğiliminde olduğu görülmektedir. Ancak ürün renk parlaklığı değerinde görülen azalmalar nedeniyle ürün renk tonunda meydana gelen değişim maskelenmekte, göz ile ayırt edilmesi güçleşmektedir (Soysal ve ark. 2005).

**Çizelge 4.11.** Örneklerde bazı önemli renk parametreleri

Uygulama			a*/b*	b*L*/a*	YI	C	H
Taze Domates			0.83	57.57	73.42	51.32	50.22
Sıcak Havalı Kurutma							
Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Uygulama					
65	1.5	Önişlemsiz	1.09	33.04	67.19	41.38	42.43
		EPSA	0.84	49.76	71.7	44.42	50.12
		EPSM	0.79	58.19	75.76	51.02	51.81
	2.5	Önişlemsiz	0.90	43.66	69.00	41.39	48.04
		EPSA	0.86	48.64	71.87	45.13	49.43
		EPSM	0.80	55.14	74.63	49.09	61.16
75	1.5	Önişlemsiz	0.89	42.49	71.08	42.34	48.19
		EPSA	0.78	57.33	72.52	46.69	51.91
		EPSM	0.79	59.93	74.52	50.64	51.85
	2.5	Önişlemsiz	0.86	49.63	69.63	43.65	49.36
		EPSA	0.80	50.75	74.60	46.04	51.23
		EPSM	0.75	64.09	71.79	47.60	53.08
85	1.5	Önişlemsiz	0.86	45.23	70.15	41.36	49.33
		EPSA	0.76	56.07	73.76	45.76	52.71
		EPSM	0.73	58.02	73.53	44.65	53.83
	2.5	Önişlemsiz	0.74	54.46	69.63	40.01	53.41
		EPSA	0.78	52.53	74.74	45.52	52.22
		EPSM	0.70	65.11	74.9	47.57	55.15
Vakumlu Kurutma							
65	-	Önişlemsiz	0.94	28.11	58.30	25.42	46.75
		EPSA	0.88	30.03	65.38	28.96	46.75
		EPSM	0.92	25.69	66.47	28.28	47.44
75	-	Önişlemsiz	0.87	26.65	58.26	22.65	48.94
		EPSA	1.05	26.94	65.93	33.51	43.50
		EPSM	0.86	28.92	56.88	22.75	49.26
Dondurarak Kurutma	-	Önişlemsiz	0.56	121.38	62.89	45.82	60.65
		EPSA	0.53	135.05	62.39	47.65	62.03
		EPSM	0.55	132.06	62.49	48.37	61.31
Güneşte Kurutma	-	Önişlemsiz	1.59	19.40	57.26	37.53	32.13
		EPSA	1.39	25.49	51.81	32.78	35.75
		EPSM	1.33	27.53	60.96	41.07	36.87

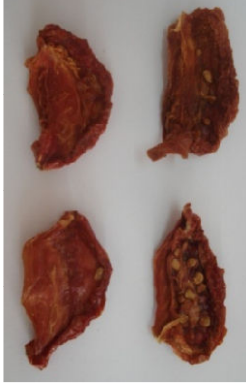


**Çizelge 4.12.** Kurutma denemeleri sonrasında ürün renk kalitesinde meydana gelen değişimler

Sıcak Havalı Kurutma								
Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Uygulama	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta C^*$	$\Delta E^*$	$\Delta H^*$
65	1.5	Önişlemsiz	-11.75	-2.28	-11.53	-9.94	16.62	6.28
		EPSA	-6.35	-4.35	-5.35	-6.89	9.37	0.09
		EPSM	-2.15	-1.29	0.66	-0.30	2.59	1.42
	2.5	Önişlemsiz	-8.67	-5.16	-8.66	-9.93	13.30	1.75
		EPSA	-6.26	-3.47	-5.16	-6.18	8.82	0.68
		EPSM	-3.51	-2.04	-1.21	-2.23	4.24	0.81
75	1.5	Önişlemsiz	-9.9	-4.6	-7.89	-8.98	13.47	1.67
		EPSA	-2.99	-4.03	-2.69	-4.63	5.69	1.44
		EPSM	-0.83	-1.54	0.38	-0.67	1.79	1.44
	2.5	Önişlemsiz	-5.32	-4.4	-6.32	-7.67	9.36	0.72
		EPSA	-7.15	-4.0	-3.55	-5.28	8.93	0.85
		EPSM	0.22	-4.24	-1.38	-3.71	4.46	2.47
85	1.5	Önişlemsiz	-9.06	-5.88	-8.07	-9.96	13.48	0.72
		EPSA	-5.23	-5.11	-3.03	-5.55	7.91	2.11
		EPSM	-5.51	-6.48	-3.39	-6.66	9.16	3.02
	2.5	Önişlemsiz	-7.48	-8.98	-7.32	-1.31	13.79	2.51
		EPSA	-7.2	-4.94	-3.46	-5.79	9.39	1.68
		EPSM	-2.59	-5.65	-0.4	-3.75	6.23	4.25
Vakumlu Kurutma								
65	-	Önişlemsiz	-21.47	-15.41	-20.93	-25.90	33.71	2.20
		EPSA	-21.55	-13.72	-17.68	-22.36	31.07	1.02
		EPSM	-24.33	-13.7	-18.61	-23.03	33.56	1.85
75	-	Önişlemsiz	-24.7	-17.95	-22.36	-28.66	37.85	0.77
		EPSA	-19.54	-8.53	-16.37	-17.81	26.88	4.86
		EPSM	-23.01	-17.98	-22.2	-28.56	36.68	29.55
Dondurarak Kurutma	-	Önişlemsiz	20.34	-10.37	0.5	-5.49	22.84	8.81
		EPSA	23.81	-10.48	2.64	-3.67	26.15	10.17
		EPSM	24.35	-9.61	2.99	-2.95	26.35	9.62
Güneşte Kurutma	-	Önişlemsiz	-17.01	-1.04	-19.49	-13.78	25.89	13.82
		EPSA	-12.5	-6.22	-20.29	-18.53	24.63	10.34
		EPSM	-11.2	0.03	-14.8	-10.24	18.56	10.68

Renk ölçümlerine yönelik saptamalar sonucunda elde edilen değerlerden metrik renk kroması ( $C^*$ ), metrik renk tonu açısı ( $H$ ), toplam renk sapması ( $\Delta E^*$ ), renk parlaklığı sapması ( $\Delta L^*$ ), kırmızı renk sapması ( $\Delta a^*$ ), sarı renk sapması ( $\Delta b^*$ ), kroma sapması ( $\Delta C^*$ ) ve metrik renk tonu açısı sapması ( $\Delta H^*$ ) gibi renk kriterleri de hesaplanmıştır. Bu değerlerden  $\Delta L^*$ , pozitif değer aldığı anda kurutulan örneğin kurutma öncesine göre daha parlak, negatif değer aldığı anda ise daha mat renkte olduğu anlaşılmaktadır.  $\Delta a^*$  pozitif değer aldığı anda, kurutulan örneğin kurutma öncesine göre daha kırmızı, negatif değer aldığı anda ise daha yeşil renkte olduğu ifade edilmektedir. Benzer şekilde  $\Delta b^*$  pozitif değer aldığı anda, kurutulan örneğin kurutma öncesine göre daha sarı, negatif değer aldığı anda ise daha mavi renkte olduğu anlaşılmaktadır.  $\Delta H^*$  indisi ise bütün renk parametrelerini içeren bir renk sapması modeli olup, renk değişiminin hangi yönde (örneğin kırmızı renk tonundan sarı renk tonuna doğru) olduğunu belirleyen bir değerdir. Diğer taraftan diğer indislerle karşılaştırma amacıyla verilen  $\Delta E^*$  ve  $\Delta C^*$  indisleri renk farklılığının belirlenmesinde iyi birer gösterge değildirler. Örneğin, farklı renkler aynı kroma değerlerine sahip olabilmektedirler (Soysal ve ark. 2005). Ayrıca toplam renk farklılığı indisi, toplam renk farklılığının önemli oranda olması durumunda hangi renk parametresi/parametrelerinin ( $L^*$ ,  $a^*$  ve/veya  $b^*$ ) buna neden olduğunu tam olarak ifade etmekte yetersiz kalmaktadır (Anonim, 1996a).

Sıcak havalı kurutucuda kurutulan domateslere ait görünümeler Şekil 4.17 ve 4.22 arasında, vakumlu kutucuda kurutulan domateslere ait görünümeler Şekil 4.23 ve 4.24' te, dondurarak kurutulan domateslere ait görünümeler Şekil 4.25' te, güneşte kurutulan domateslerin görünümeleri ise Şekil 4.26' da verilmiştir. Sıcak hava ile kurutmada, sıcaklığın yükselmesi ile beraber domateslerin renklerinin olumsuz etkilendiği, vakum uygulanarak kurutulan domateslerde ise, kuruma sürelerindeki uzamadan dolayı büzüşme meydana geldiği bu görünümelerden de anlaşılmaktadır. Kurutulan domateslerin parlaklık değerleri ( $L^*$ ) Şekil 4.27' de, kırmızılık ( $a^*$ ) değerleri Şekil 4.28' de, sarılık değerleri ( $b^*$ ) ise Şekil 4.29' da grafik halinde görülmektedir.



Önişlemsiz



EPSA



EPSM

**Şekil 4.17.** Sıcak havalı kurutucuda 65 °C-1,5 m/s şartlarında kurutulan domateslerin görünümü



Önişlemsiz



EPSA



EPSM

**Şekil 4.18.** Sıcak havalı kurutucuda 65 °C-2,5 m/s şartlarında kurutulan domateslerin görünümü



Önişlemsiz

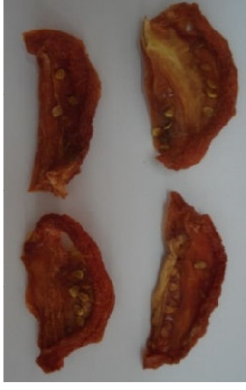


EPSA



EPSM

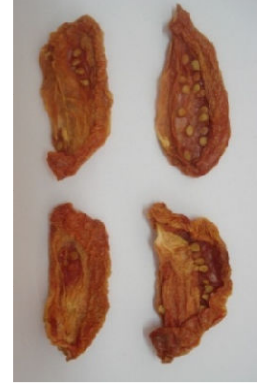
**Şekil 4.19.** Sıcak havalı kurutucuda 75 °C-1,5 m/s şartlarında kurutulan domateslerin görünümü



Önişlemsiz



EPSA



EPSM

**Şekil 4.20.** Sıcak havalı kurutucuda 75 °C-2,5 m/s şartlarında kurutulan domateslerin görünümü



Önişlemsiz



EPSA



EPSM

**Şekil 4.21.** Sıcak havalı kurutucuda 85 °C-1,5 m/s şartlarında kurutulan domateslerin görünümü



Önişlemsiz



EPSA



EPSM

**Şekil 4.22.** Sıcak havalı kurutucuda 85 °C-2,5 m/s şartlarında kurutulan domateslerin görünümü



Önişlemsiz



EPSA



EPSM

**Şekil 4.23.** Vakumlu kurutucuda 65 °C sıcaklıkta kurutulan domateslerin görünümü



Önişlemsiz



EPSA



EPSM

**Şekil 4.24.** Vakumlu kurutucuda 75 °C sıcaklıkta kurutulan domateslerin görünümü



Önişlemsiz

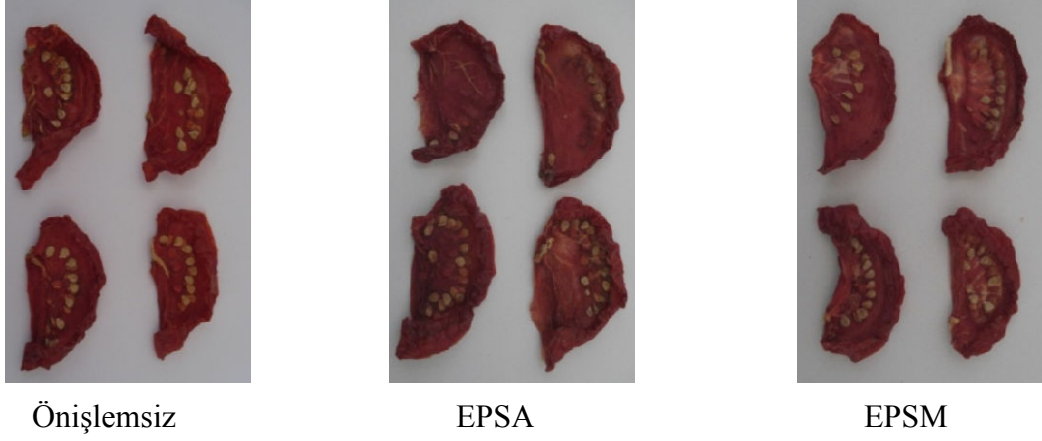


EPSA

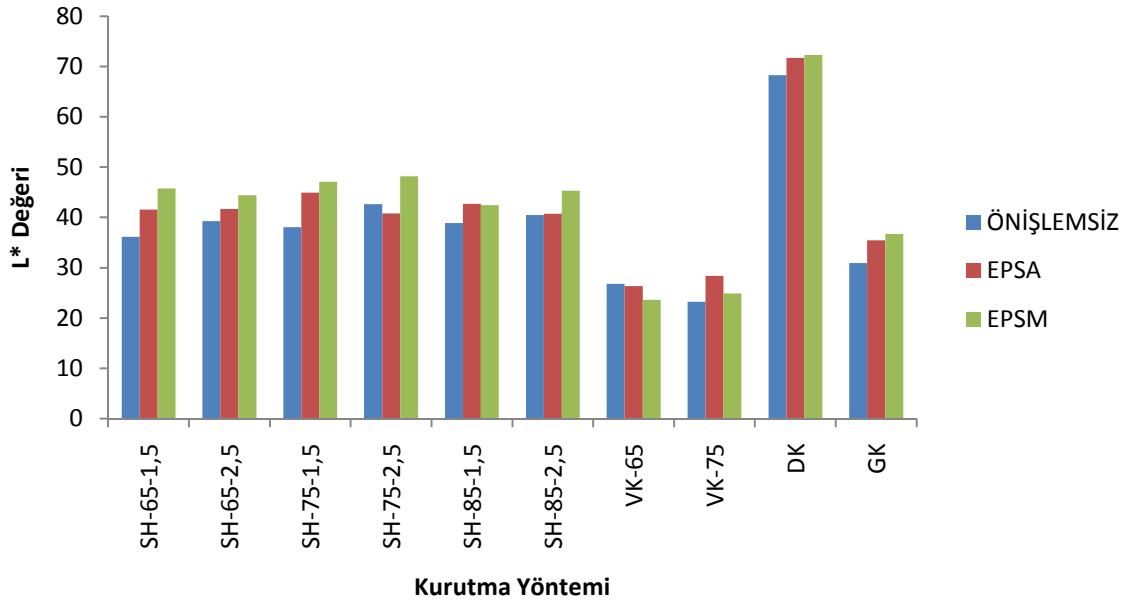


EPSM

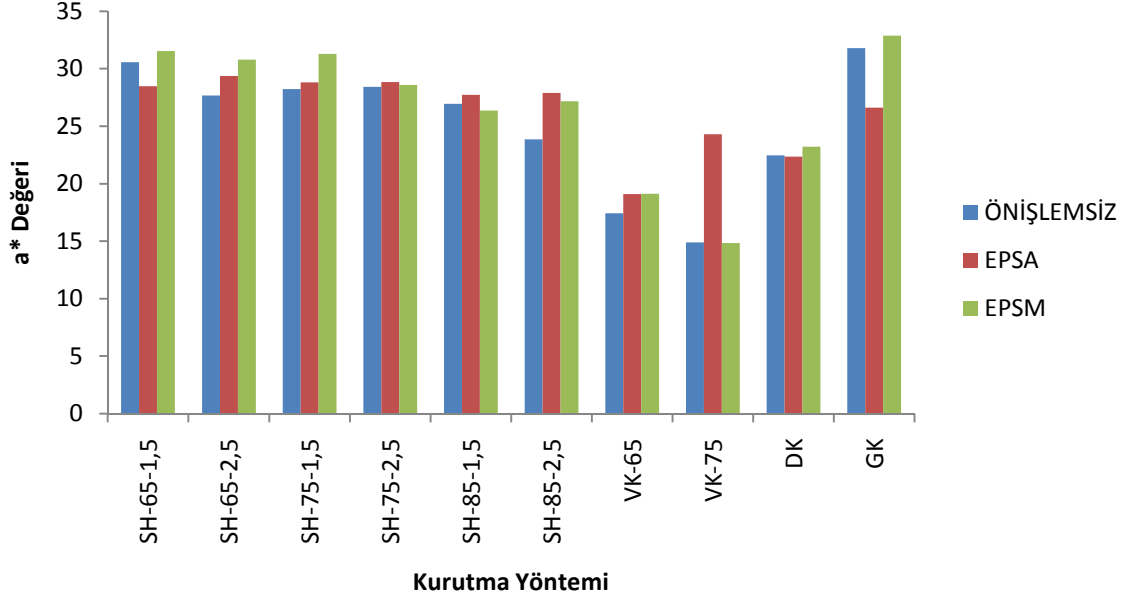
**Şekil 4.25.** Dondurarak kurutulan domateslerin görünümü



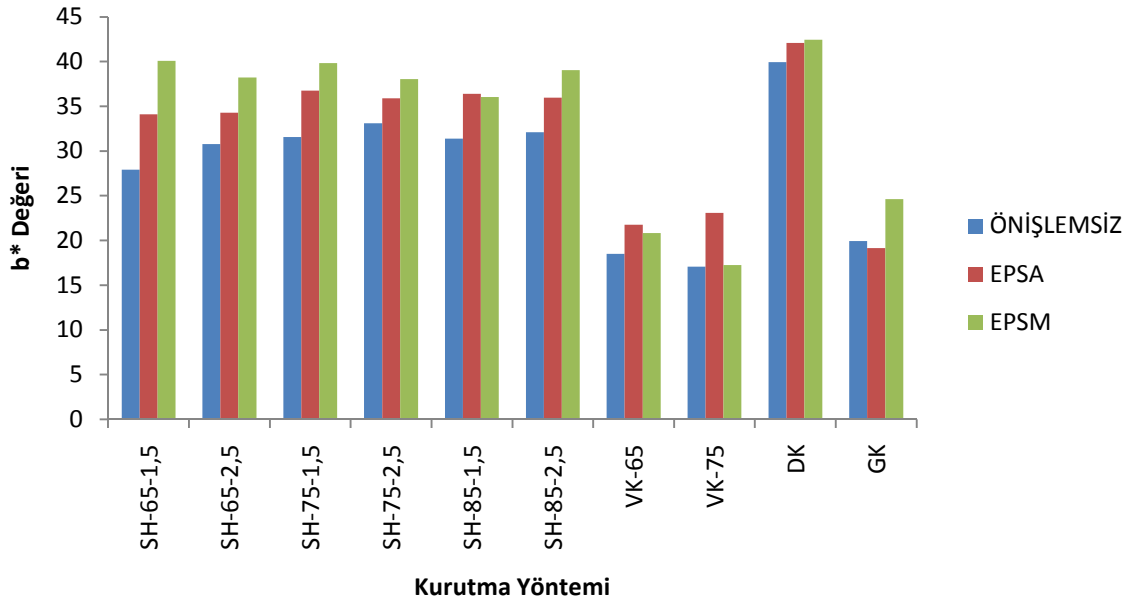
Şekil 4.26. Güneşte kurutulmuş domateslerin görünümü



Şekil 4.27. Farklı koşullarda kurutulmuş domateslerin L\* (parlaklık) değerleri



Şekil 4.28. Farklı koşullarda kurutulmuş domateslerin a\* (kırmızılık) değerleri



Şekil 4.29. Farklı koşullarda kurutulmuş domateslerin b\* (sarılık) değerleri

#### 4.2.2. Kurutulmuş domateslerde kuru madde miktarlarındaki değişim sonuçları

Kurutma uygulamaları sonucunda domateslerin kuru madde miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.13' de verilmiştir. Yapılan istatistik analizler sonucunda, kurutma yöntemlerinin kuru madde miktarları üzerine etkisi  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunurken, önışlemlili ve önışlemsiz uygulamaların kuru madde miktarları üzerine etkisi

önemsiz bulunmuştur. Kurutma yöntemi\*işlem interaksyonunun da kuru madde miktarı üzerine etkisi yine  $p<0.01$  düzeyinde önemlidir.

**Çizelge 4.13.** Kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin kuru madde miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	18.66	18.660	69.43**	.000
Kurutma Yöntemi	9	30.59	3.399	12.65**	.000
İşlem	2	0.64	0.322	1.20ns	.316
Kur. Yönt.*İşlem	18	31.60	1.756	6.53**	.000
Hata	29	7.79	0.269		

ns : önemsiz

\*\* :  $P<0.01$  düzeyinde önemli

Kurutma yöntemlerine göre kuru madde miktarları ortalamalarına yönelik LSD testi sonuçları Çizelge 4.14' te, tüm uygulamalar sonucu (yöntem\*işlem int.) domateslerin kuru madde miktarlarına yönelik LSD testi sonuçları ise Çizelge 4.15' te görülmektedir.

**Çizelge 4.14.** Kurutma yöntemlerine göre kuru madde miktarı ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	Kuru Madde (%)Ortalamalar	LSD Grupları
SH 65 °C-1.5 m/s	89.98	<i>bc</i>
SH 65 °C-2.5 m/s	90.38	<i>bc</i>
SH 75 °C-1.5 m/s	89.90	<i>c</i>
SH 75 °C-2.5 m/s	90.02	<i>bc</i>
SH 85 °C-1.5 m/s	90.30	<i>bc</i>
SH 85 °C-2.5 m/s	90.46	<i>bc</i>
Vakum 65 °C	89.01	<i>d</i>
Vakum 75 °C	88.63	<i>d</i>
Dondurarak	90.52	<i>b</i>
Güneş	91.24	<i>a</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	0.6124318

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir ( $P<0.05$ )

Uygulamalara ilişkin ortalama değerler incelendiğinde güneşte kurutma yöntemine ilişkin ortalama değerlerin en yüksek sonucu verdiği, dondurarak kurutma yönteminin ikinci yüksek ortalama değere sahip olduğu görülmektedir. Çizelge 4.14 incelendiğinde, ortalama değerlere göre 65 °C-1.5 m/s koşullarında gerçekleştirilen sıcak havalı kurutma, 65 °C-2.5 m/s koşullarında gerçekleştirilen sıcak havalı kurutma, 75 °C-2.5 m/s koşullarında gerçekleştirilen sıcak havalı kurutma, 85 °C-1.5 m/s koşullarında gerçekleştirilen sıcak havalı



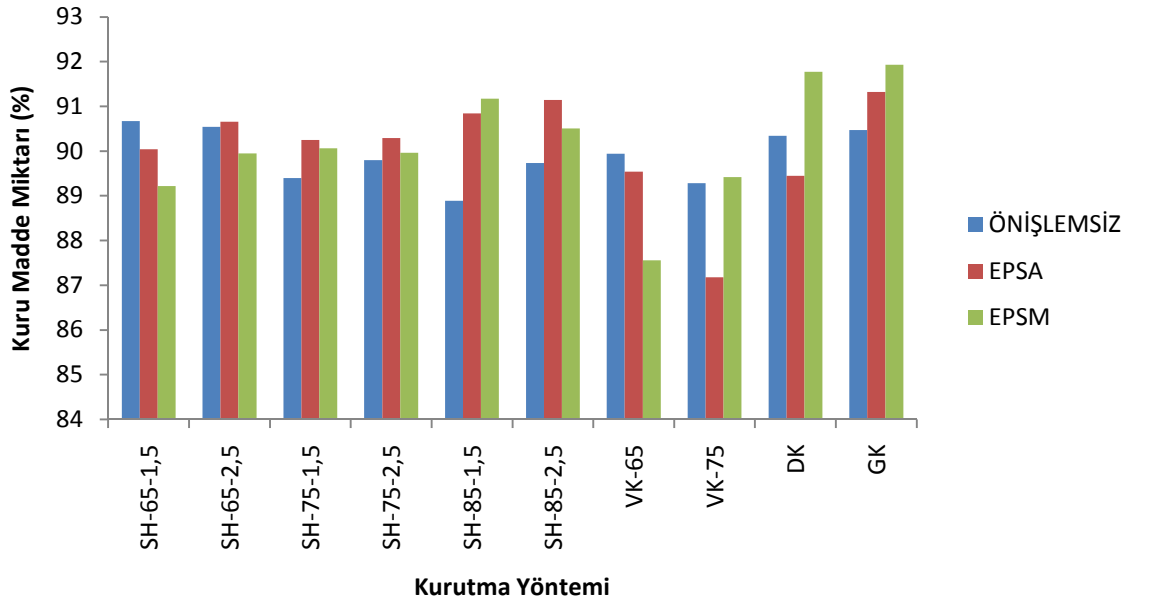
kurutma ve 85 °C-2.5 m/s koşullarında gerçekleştirilen sıcak havalı kurutma uygulamalarının istatistiksel değerlendirmede aynı grupta yer aldığı dikkati çekmektedir (Çizelge 4.14). Kurutulan örneklerin kuru madde miktarlarına ait değişimler Şekil 4.30’ da verilmiştir.

**Çizelge 4.15.** Kurutulmuş domateslerde kuru madde miktarlarına ilişkin LSD testi sonuçları

Uygulama			Kuru Madde (%)
Sıcak Havalı Kurutma			
Taze domates			5.27
Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Uygulama	
65	1.5	Önişlemsiz	90.67 <sup>cdef</sup>
		EPSA	90.04 <sup>efghijk</sup>
		EPSM	89.22 <sup>kl</sup>
	2.5	Önişlemsiz	90.54 <sup>cdefg</sup>
		EPSA	90.66 <sup>cdef</sup>
		EPSM	89.95 <sup>efghijkl</sup>
75	1.5	Önişlemsiz	89.40 <sup>ijkl</sup>
		EPSA	90.25 <sup>defghijk</sup>
		EPSM	90.06 <sup>efghijk</sup>
	2.5	Önişlemsiz	89.80 <sup>efghijkl</sup>
		EPSA	90.29 <sup>cdefghj</sup>
		EPSM	89.96 <sup>efghijk</sup>
85	1.5	Önişlemsiz	88.89 <sup>l</sup>
		EPSA	90.84 <sup>bcde</sup>
		EPSM	91.17 <sup>abcd</sup>
	2.5	Önişlemsiz	89.73 <sup>fghijkl</sup>
		EPSA	91.14 <sup>abcd</sup>
		EPSM	90.51 <sup>cdefgh</sup>
Vakumlu Kurutma			
65	-	Önişlemsiz	89.94 <sup>efghijkl</sup>
		EPSA	89.54 <sup>ghijkl</sup>
		EPSM	87.56 <sup>m</sup>
75	-	Önişlemsiz	89.28 <sup>ijkl</sup>
		EPSA	87.18 <sup>m</sup>
		EPSM	89.42 <sup>ijkl</sup>
Dondurarak Kurutma	-	Önişlemsiz	90.34 <sup>cdefghj</sup>
		EPSA	89.45 <sup>hijkl</sup>
		EPSM	91.77 <sup>ab</sup>
Güneşte Kurutma	-	Önişlemsiz	90.47 <sup>cdefghu</sup>
		EPSA	91.32 <sup>abc</sup>
		EPSM	91.93 <sup>a</sup>
		LSD <sub>0,05</sub>	1.060763

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

Genel olarak önışlem uygulamalarıyla birlikte kuru madde miktarları önışlemsiz örneklerinkine göre biraz daha yüksektir. Buna göre en düşük kuru madde miktarı %87.18 ile 75 °C’ de vakumlu kurutmada EPSA uygulamasında, en yüksek kuru madde miktarı ise %91.93 ile güneşte EPSM uygulamasıyla yapılan kurutmada tespit edilmiştir (Çizelge 4.15). Buradan hareketle de, bu ürünlerin nem içerikleri sırasıyla %12.44 ve %8.07’ dir. Rajkumar ve ark. (2007), vakum destekli güneşli kurutucuda ve güneşte kuruttukları farklı dilim kalınlıklarına sahip (4-6-8 mm) domateslerin ilk nem içeriklerini %94 olarak tespit etmişler ve domates dilimlerini %11.5 son nem içeriğine kadar kurutmuşlardır.



Şekil 4.30. Farklı koşullarda kurutulan domateslerin kuru madde miktarları

#### 4.2.3. Kurutulmuş domateslerde suda çözünür kuru madde miktarlarına ilişkin sonuçlar

Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g domateste bulunan suda çözünür kuru madde miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.16' da, % çözünür kuru madde miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.17' de görülmektedir. Yapılan istatistiki analizlere göre, kurutma yöntemlerinin, işlemlerin ve bu iki parametrenin interaksiyonunun hem 100 g domateste bulunan suda çözünür kuru madde, hem de % çözünür kuru madde miktarı üzerine etkisi  $p < 0.01$  düzeyinde önemli olarak bulunmuştur.

**Çizelge 4.16.** Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g domateste bulunan suda çözünür kuru madde miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	132.73	132.730	74.55**	.000
Kurutma Yöntemi	9	743.88	82.654	46.42**	.000
İşlem	2	25.51	12.753	7.16**	.002
Kur. Yönt.*İşlem	18	377.22	20.956	11.77**	.000
Hata	29	51.63	1.780		

\*\* :  $P < 0.01$  düzeyinde önemli

**Çizelge 4.17.** Kurutma uygulamaları sonucunda % çözünür kuru madde miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	163.98	163.978	75.78**	.000
Kurutma Yöntemi	9	1065.37	118.374	54.71**	.000
İşlem	2	38.26	19.130	8.84**	.001
Kur. Yönt.*İşlem	18	412.22	22.901	10.58**	.000
Hata	29	62.75	2.164		

\*\* :  $P < 0.01$  düzeyinde önemli

Kurutma yöntemlerine göre suda çözünür kuru madde miktarı ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.18' de, kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde suda çözünür kuru madde miktarı ortalamalarına ait LSD testi sonuçları ise Çizelge 4.19' da yer almaktadır. Tüm uygulamalar sonucu (yöntem\*işlem int.) domateslerin suda çözünür kuru madde miktarlarına yönelik LSD testi sonuçları ise Çizelge 4.20' de görülmektedir.

**Çizelge 4.18.** Kurutma yöntemlerine göre suda çözünür kuru madde miktarı ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	g/100 g domates		g/100 g KM	
	Ortalamalar	LSD Grupları	Ortalamalar	LSD Grupları
SH 65 °C-1.5 m/s	76.93	<i>de</i>	85.49	<i>cd</i>
SH 65 °C-2.5 m/s	78.38	<i>cd</i>	86.72	<i>c</i>
SH 75 °C-1.5 m/s	73.80	<i>f</i>	82.10	<i>e</i>
SH 75 °C-2.5 m/s	76.68	<i>e</i>	85.17	<i>cd</i>
SH 85 °C-1.5 m/s	75.71	<i>e</i>	83.85	<i>d</i>
SH 85 °C-2.5 m/s	76.13	<i>e</i>	84.16	<i>d</i>
Vakum 65 °C	79.29	<i>bc</i>	89.07	<i>b</i>
Vakum 75 °C	80.40	<i>b</i>	90.72	<i>b</i>
Dondurarak	84.74	<i>a</i>	93.61	<i>a</i>
Güneş	71.20	<i>g</i>	78.04	<i>f</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	1.575403	LSD <sub>0.05</sub>	1.737042

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.19.** Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde suda çözünür kuru madde miktarı ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

İşlemler	gr/100 gr domates		gr/100 gr KM	
	Ortalamalar	LSD Grupları	Ortalamalar	LSD Grupları
Önişlemsiz	78.24	<i>a</i>	87.02	<i>a</i>
EPSA	76.78	<i>b</i>	85.29	<i>b</i>
EPSM	76.95	<i>b</i>	85.37	<i>b</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	0.8628836	LSD <sub>0.05</sub>	0.9514169

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

Domateslerin kurutulmasında uygulanan farklı kurutma yöntemlerinin ortalamalarına ilişkin değerler en yüksek suda çözünür kuru madde ortalamalarının dondurarak kurutma yönteminde olduğunu, bu ortalama değeri 65 °C ve 75 °C’ de vakumlu kurutma yönteminin izlediğini göstermektedir. En düşük ortalama değer ise güneşte kurutma yönteminde saptanmıştır (Çizelge 4.18).

**Çizelge 4.20.** Kurutulmuş domateslerde suda çözünür kuru madde miktarlarına ilişkin LSD testi sonuçları

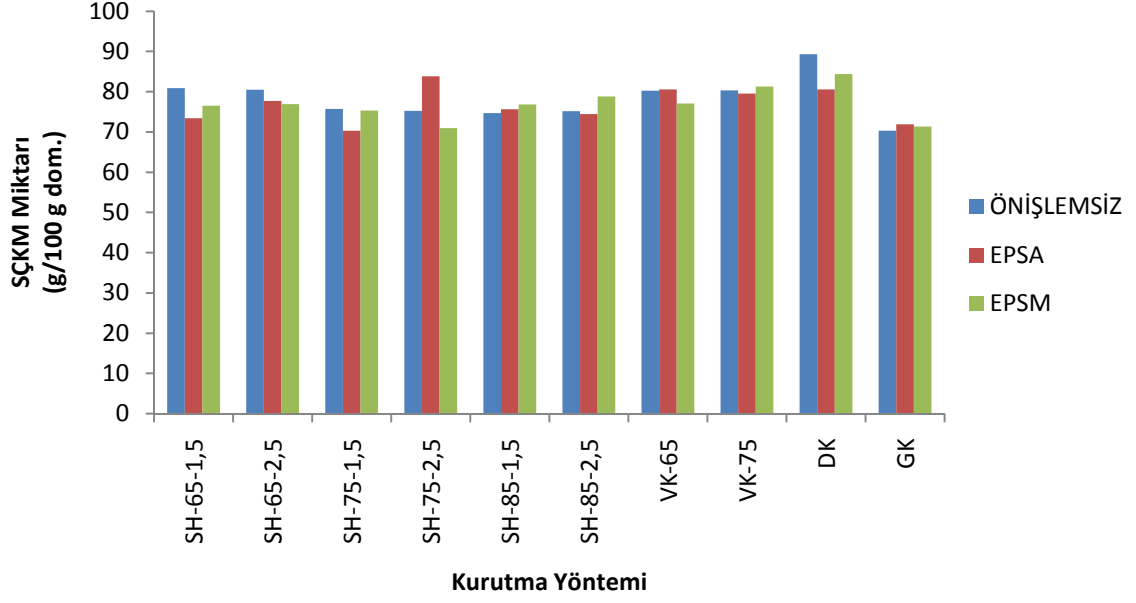
			<b>Suda Çözünür Kuru Madde</b>	
Uygulama			g/100 g domates	g/100 g KM
Taze Domates			5.10	96.22
<b>Sıcak Havalı Kurutma</b>				
Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Uygulama		
65	1.5	Önişlemsiz	80.89 <sup>d</sup>	89.21 <sup>cdef</sup>
		EPSA	73.38 <sup>ijkl</sup>	81.49 <sup>jk</sup>
		EPSM	76.52 <sup>ghu</sup>	85.76 <sup>ghu</sup>
	2.5	Önişlemsiz	80.50 <sup>d</sup>	88.91 <sup>def</sup>
		EPSA	77.71 <sup>efgh</sup>	85.72 <sup>ghu</sup>
		EPSM	76.93 <sup>fg hu</sup>	85.53 <sup>ghu</sup>
75	1.5	Önişlemsiz	75.73 <sup>hij</sup>	84.71 <sup>hu</sup>
		EPSA	70.34 <sup>m</sup>	77.94 <sup>l</sup>
		EPSM	75.33 <sup>hij</sup>	83.64 <sup>ij</sup>
	2.5	Önişlemsiz	75.27 <sup>hij</sup>	83.82 <sup>ij</sup>
		EPSA	83.81 <sup>bc</sup>	92.82 <sup>b</sup>
		EPSM	70.95 <sup>lm</sup>	78.87 <sup>kl</sup>
85	1.5	Önişlemsiz	74.67 <sup>ij</sup>	84.00 <sup>ij</sup>
		EPSA	75.64 <sup>hij</sup>	83.27 <sup>ij</sup>
		EPSM	76.83 <sup>fg hu</sup>	84.27 <sup>hij</sup>
	2.5	Önişlemsiz	75.15 <sup>hij</sup>	83.75 <sup>ij</sup>
		EPSA	74.43 <sup>ijk</sup>	81.66 <sup>jk</sup>
		EPSM	78.82 <sup>defg</sup>	87.08 <sup>fgh</sup>
<b>Vakumlu Kurutma</b>				
65	-	Önişlemsiz	80.27 <sup>de</sup>	89.24 <sup>cdef</sup>
		EPSA	80.55 <sup>d</sup>	89.95 <sup>bcdef</sup>
		EPSM	77.06 <sup>fg hu</sup>	88.01 <sup>efg</sup>
75	-	Önişlemsiz	80.36 <sup>de</sup>	90.01 <sup>bcdef</sup>
		EPSA	79.52 <sup>def</sup>	91.22 <sup>bcd</sup>
		EPSM	81.31 <sup>cd</sup>	90.93 <sup>bcde</sup>
Dondurarak Kurutma	-	Önişlemsiz	89.28 <sup>a</sup>	98.83 <sup>a</sup>
		EPSA	80.55 <sup>d</sup>	90.05 <sup>bcdef</sup>
		EPSM	84.39 <sup>b</sup>	91.95 <sup>bc</sup>
Güneşte Kurutma	-	Önişlemsiz	70.31 <sup>m</sup>	77.73 <sup>l</sup>
		EPSA	71.91 <sup>klm</sup>	78.75 <sup>kl</sup>
		EPSM	71.37 <sup>lm</sup>	77.64 <sup>l</sup>
LSD <sub>0,05</sub>			2.728678	3.008645

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

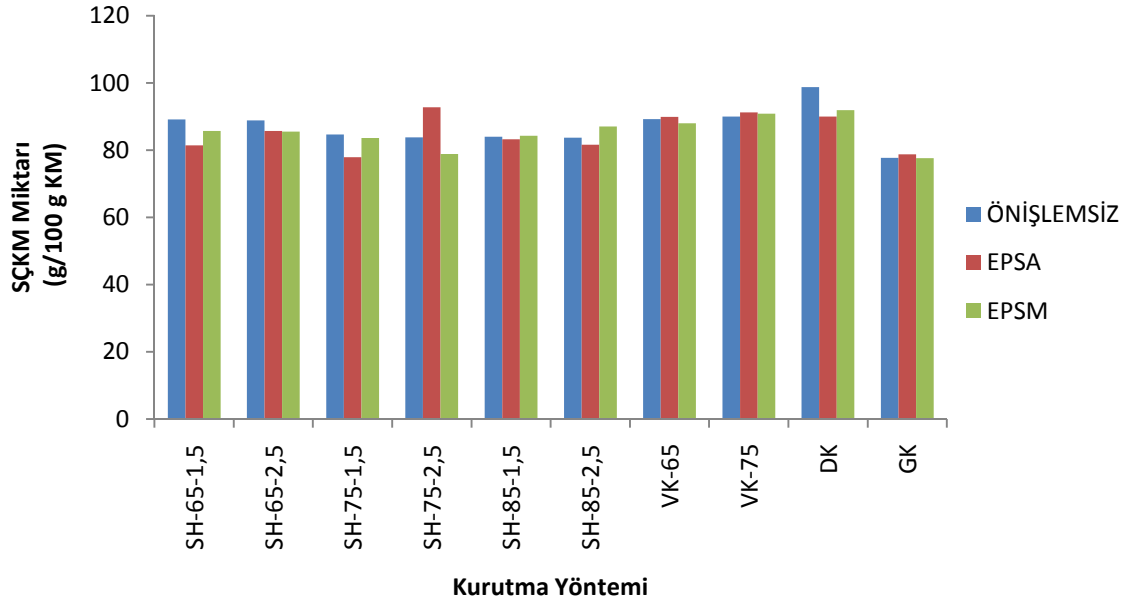
Analizler sonucunda elde edilen veriler sıcak havalı kurutucuda 75 °C-1.5 m/s hava hızında EPSA uygulaması ile kurutulan örneklerle, güneşte önişlemsiz ve EPSM uygulamalarının suda çözünür kuru madde miktarları açısından istatistiksel olarak aynı grupta yer aldıklarını göstermektedir ve en düşük değere sahip grubu oluşturmaktadır (Çizelge 4.20). Diğer yandan örnekler içerisinde en yüksek kuru madde miktarının (98.83 a) hem 100 g domatestede hem de % çözünür kuru maddede olmak üzere dondurarak kurutma yönteminde ve önişlemsiz uygulamada olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.20). Farklı koşullarda kurutulan domateslerin suda çözünür kuru madde miktarları Şekil 4.31 ve 4.32’ de grafikler halinde verilmiştir.

Suda çözünür kuru madde miktarlarındaki kayıplar dondurarak kurutmada önişlemsiz domateslerde en yüksek bulunmuştur. Bu domatesler daldırma çözeltisinde bekletilmediği için ve düşük sıcaklıklarda vakum altında kurutma uygulaması sırasında suda çözünür kuru maddeyi oluşturan önemli bileşenlerden olan şeker içeriği korunduğu için, suda çözünür kuru madde miktarının bu kadar yüksek düzeyde olduğu düşünülmektedir.

İstatistik olarak aynı ve birbirine yakın gruplarda yer alan güneşte kurutma önişlemsiz, EPSA ve EPSM uygulamalarında suda çözünür kuru madde miktarının en düşük değerlerde bulunması; kuruma süresinin 57 saat gibi uzun bir süre devam etmesi, ortam koşullarında yürütülmesi ve bu süre içinde besin bileşenlerinde meydana gelen kayıp miktarlarından olduğu düşünülmektedir. Suda çözünür kuru maddeyi oluşturan önemli bileşenlerden olan indirgen şeker miktarı güneşte kurutma sırasında önişlemsiz, EPSA ve EPSM uygulamalarında sırasıyla %30.20, %39.45 ve %35.53 oranlarında kayıp saptanmıştır (Çizelge 4.25).



Şekil 4.31. Farklı koşullarda kurutulan domateslerin suda çözünür kuru madde miktarları (g/100 g domates)



Şekil 4.32. Farklı koşullarda kurutulan domateslerin suda çözünür kuru madde miktarları (g/100 g KM)

#### 4.2.4. Kurutulmuş domateslerde indirgen şeker içeriklerine ilişkin sonuçlar

100 g domateste bulunan indirgen şeker miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.21’ de, 100 g kuru maddede bulunan indirgen şeker miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.22’ de görülmektedir. İstatistik analiz sonuçlarına göre kurutma yöntemlerinin, işlemlerin ve kurutma yöntemi\*işlem interaksiyonunun hem 100 g domateste hem de 100 g kuru maddede bulunan indirgen şeker içerikleri üzerine etkisi  $p<0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur. Kurutma yöntemlerine göre indirgen şeker miktarlarının ortalamalarına ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.23’ te, kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde indirgen şeker miktarı ortalamalarına ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.24’ te verilmiştir. Tüm uygulamalar sonucu (yöntem\*işlem int.) domateslerin indirgen şeker miktarlarına yönelik LSD testi sonuçları ise Çizelge 4.25’ te verilmiştir.

**Çizelge 4.21.** Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g domateste bulunan indirgen şeker miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	0.02	0.018	0.14ns	
Kurutma Yöntemi	9	333.45	37.050	299.08**	.000
İşlem	2	29.58	14.792	119.41**	.000
Kur. Yönt.*İşlem	18	38.90	2.161	17.45**	.000
Hata	29	3.59	0.124		

ns : önemsiz

\*\* :  $P<0.01$  düzeyinde önemli

**Çizelge 4.22.** Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g kuru maddede bulunan indirgen şeker miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	0.01	0.007	0.04ns	
Kurutma Yöntemi	9	398.57	44.285	294.82**	.000
İşlem	2	38.86	19.430	129.35**	.000
Kur. Yönt.*İşlem	18	47.43	2.635	17.54**	.000
Hata	29	4.36	0.150		

ns : önemsiz

\*\* :  $P<0.01$  düzeyinde önemli



**Çizelge 4.23.** Kurutma yöntemlerine göre indirgen şeker miktarlarının ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	g/100 g domates		g/100 g KM	
	Ortalamalar	LSD Grupları	Ortalamalar	LSD Grupları
SH 65 °C-1.5 m/s	17.39	<i>ef</i>	19.32	<i>f</i>
SH 65 °C-2.5 m/s	19.50	<i>b</i>	21.58	<i>b</i>
SH 75 °C-1.5 m/s	18.09	<i>d</i>	20.13	<i>d</i>
SH 75 °C-2.5 m/s	18.59	<i>c</i>	20.69	<i>c</i>
SH 85 °C-1.5 m/s	17.46	<i>ef</i>	19.35	<i>f</i>
SH 85 °C-2.5 m/s	17.63	<i>e</i>	19.50	<i>ef</i>
Vakum 65 °C	17.15	<i>f</i>	19.25	<i>f</i>
Vakum 75 °C	18.90	<i>c</i>	21.31	<i>b</i>
Dondurarak	25.60	<i>a</i>	28.29	<i>a</i>
Güneş	18.16	<i>d</i>	19.90	<i>de</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	0.4158076	LSD <sub>0.05</sub>	0.4573275

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.24.** Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde indirgen şeker miktarı ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

İşlemler	gr/100 gr domates		gr/100 gr KM	
	Ortalamalar	LSD Grupları	Ortalamalar	LSD Grupları
Önişlemsiz	19.80	<i>a</i>	22.03	<i>a</i>
EPSA	18.13	<i>c</i>	20.13	<i>c</i>
EPSM	18.62	<i>b</i>	20.63	<i>b</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	0.2277472	LSD <sub>0.05</sub>	0.2504886

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

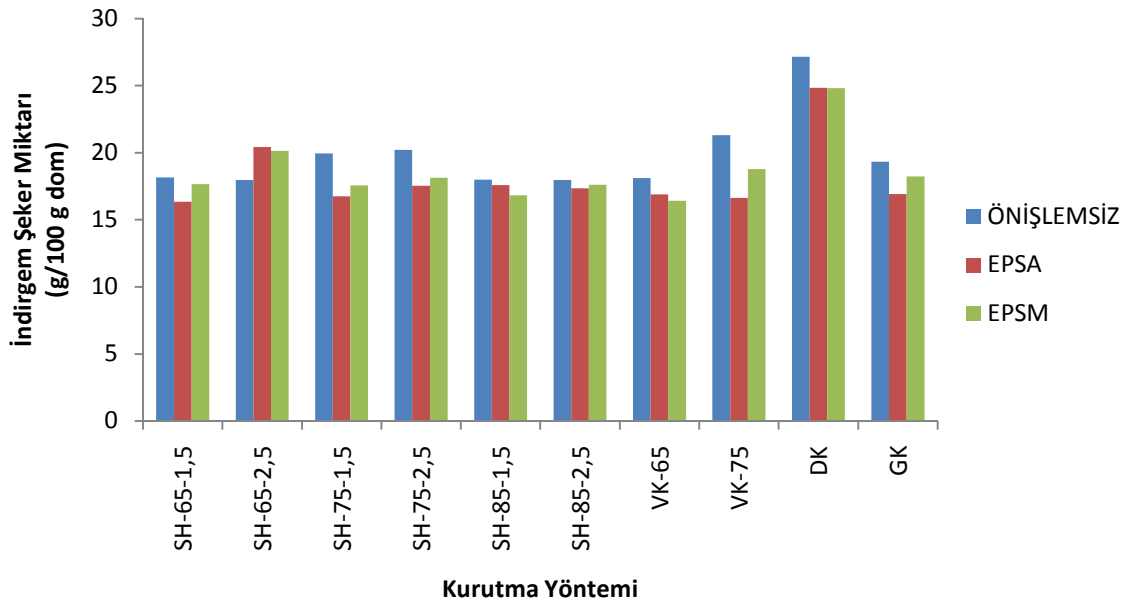
Ortalamalara ilişkin veriler tüm uygulamalarda en yüksek değer dondurarak kurutma yönteminde olduğunu, onu vakumlu kurutma 75 °C uygulaması ve 65 °C-2.5 m/s koşullarında gerçekleştirilen sıcak havalı kurutma uygulamasının izlediğini göstermektedir. Güneşte kurutma yönteminde domateslerin şeker içeriğinin SH 85 °C uygulamalarından daha iyi sonuç verdiği görülmektedir (Çizelge 4.23).

**Çizelge 4.25.** Kurutulmuş domateslerde indirgen şeker miktarlarına ilişkin LSD testi sonuçları

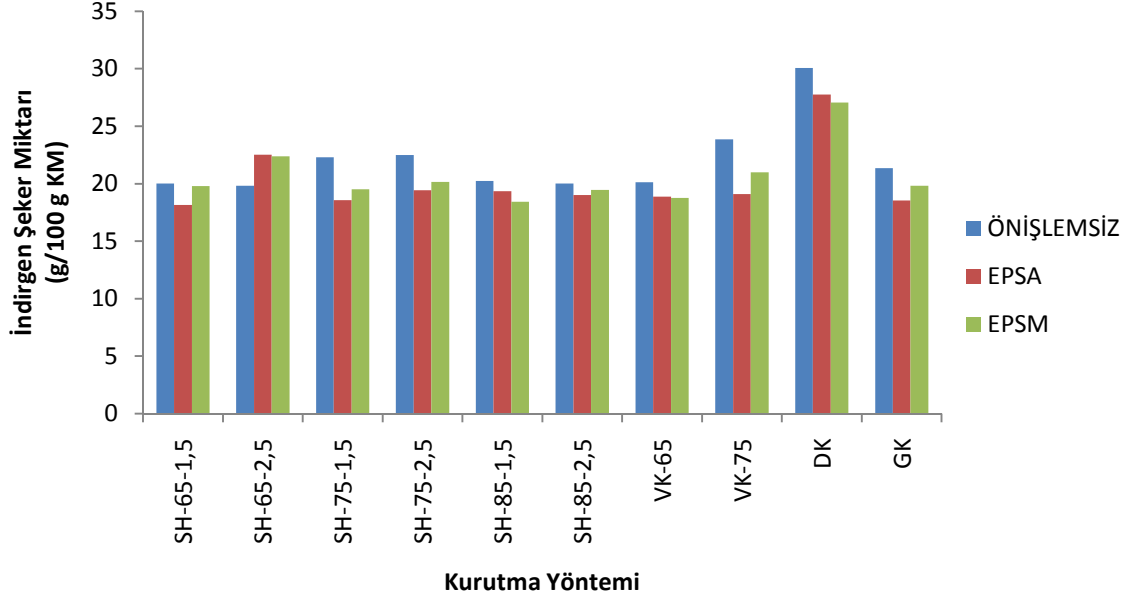
			<b>İndirgen Şeker</b>	
Uygulama			g/100 g domates	g/100 g KM
Taze Domates			1.605	30.6
Sıcak Havalı Kurutma				
Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Uygulama		
65	1.5	Önişlemsiz	18.150 <sup>gh</sup>	20.015 <sup>gh</sup>
		EPSA	16.355 <sup>l</sup>	18.160 <sup>o</sup>
		EPSM	17.665 <sup>hi</sup>	19.795 <sup>ghijk</sup>
	2.5	Önişlemsiz	17.955 <sup>hi</sup>	19.830 <sup>ghij</sup>
		EPSA	20.415 <sup>d</sup>	22.520 <sup>d</sup>
		EPSM	20.140 <sup>d</sup>	22.390 <sup>d</sup>
75	1.5	Önişlemsiz	19.945 <sup>de</sup>	22.310 <sup>d</sup>
		EPSA	16.760 <sup>kl</sup>	18.570 <sup>mno</sup>
		EPSM	17.570 <sup>hij</sup>	19.510 <sup>ghijkl</sup>
	2.5	Önişlemsiz	20.200 <sup>d</sup>	22.495 <sup>d</sup>
		EPSA	17.540 <sup>hij</sup>	19.420 <sup>hijkl</sup>
		EPSM	18.135 <sup>gh</sup>	20.160 <sup>gh</sup>
85	1.5	Önişlemsiz	18.000 <sup>hi</sup>	20.250 <sup>fg</sup>
		EPSA	17.580 <sup>hij</sup>	19.350 <sup>ijklm</sup>
		EPSM	16.810 <sup>kl</sup>	18.435 <sup>no</sup>
	2.5	Önişlemsiz	17.965 <sup>hi</sup>	20.020 <sup>gh</sup>
		EPSA	17.335 <sup>ijk</sup>	19.020 <sup>klmn</sup>
		EPSM	17.600 <sup>hij</sup>	19.445 <sup>hijkl</sup>
Vakumlu Kurutma				
65	-	Önişlemsiz	18.115 <sup>gh</sup>	20.135 <sup>gh</sup>
		EPSA	16.900 <sup>ijkl</sup>	18.870 <sup>lmno</sup>
		EPSM	16.425 <sup>l</sup>	18.755 <sup>lmno</sup>
75	-	Önişlemsiz	21.295 <sup>c</sup>	23.850 <sup>c</sup>
		EPSA	16.640 <sup>kl</sup>	19.085 <sup>ijklmn</sup>
		EPSM	18.770 <sup>fg</sup>	20.985 <sup>ef</sup>
Dondurarak Kurutma	-	Önişlemsiz	27.155 <sup>a</sup>	30.055 <sup>a</sup>
		EPSA	24.830 <sup>b</sup>	27.760 <sup>b</sup>
		EPSM	24.820 <sup>b</sup>	27.050 <sup>b</sup>
Güneşte Kurutma	-	Önişlemsiz	19.320 <sup>ef</sup>	21.360 <sup>e</sup>
		EPSA	16.920 <sup>ijkl</sup>	18.530 <sup>no</sup>
		EPSM	18.230 <sup>gh</sup>	19.820 <sup>ghij</sup>
LSD <sub>0,05</sub>			0.7202	0.7921143

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.25 incelendiğinde taze domatesin indirgen şeker içeriğinin 1.605 g/100 g olduğu görülmektedir. Domatese uygulanan kurutma yöntemlerinde, su içeriğindeki azalmayla birlikte beklenen bir sonuç olarak indirgen şeker miktarında da artış görülmektedir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre en düşük indirgen şeker miktarı vakumlu kurutucuda 65 °C sıcaklıkta, EPSM ve EPSA uygulamalarında bulunmuştur. En yüksek indirgen şeker içeriğinin ise dondurarak kurutma yönteminde önişlemsiz uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 4.25). Sonuçlar aynı zamanda örneklerin toplam şeker içerikleri ile de paralellik göstermektedir (Çizelge 4.30). Bu durum domateslerde lezzet üzerine çok önemli katkısı bulunan şeker içeriğinin en iyi dondurarak kurutma yönteminde korunduğunu ortaya koymaktadır. Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g domatesteki ve 100 g kuru maddede bulunan indirgen şeker miktarları sırasıyla Şekil 4.33 ve 4.34’te grafiksel olarak verilmiştir.



**Şekil 4.33.** Farklı koşullarda kurutulan domateslerin indirgen şeker miktarları (g/100 g domates)



**Şekil 4.34.** Farklı koşullarda kurutulan domateslerin indirgen şeker miktarları (g/100 g kuru madde)

#### 4.2.5. Kurutulmuş domateslerde toplam şeker içeriklerine ilişkin sonuçlar

Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g domatestede bulunan toplam şeker miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.26’ da, kurutma uygulamaları sonucunda 100 g kuru maddede bulunan toplam şeker miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.27’ de görülmektedir. Yapılan istatistik analizlere göre kurutma yöntemlerinin, işlemlerin ve kurutma yöntemi\*işlem interaksiyonunun hem 100 g domatestede hem de 100 g kuru maddede bulunan toplam şeker içerikleri üzerine etkisi  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.26.** Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g domatestede bulunan toplam şeker miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	2.78	2.778	12.95**	.001
Kurutma Yöntemi	9	380.33	42.259	196.96**	.000
İşlem	2	22.79	11.394	53.11**	.000
Kur. Yönt.*İşlem	18	38.11	2.117	9.87**	.000
Hata	29	6.22	0.215		

\*\* :  $P < 0.01$  düzeyinde önemli

**Çizelge 4.27.** Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g kuru maddede bulunan toplam şeker miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	3.41	3.408	12.98**	.001
Kurutma Yöntemi	9	455.14	50.571	192.55**	.000
İşlem	2	29.67	14.835	56.48**	.000
Kur. Yönt.*İşlem	18	46.90	2.605	9.92**	.000
Hata	29	7.62	0.263		

\*\* : P<0.01 düzeyinde önemli

Kurutma yöntemlerine göre toplam şeker miktarı ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.28’ de, kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde toplam şeker miktarı ortalamalarına ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.29’ da, tüm uygulamalar sonucu (yöntem\*işlem int.) domateslerin toplam şeker miktarlarına yönelik LSD testi sonuçları ise Çizelge 4.30’ da görülmektedir.

**Çizelge 4.28.** Kurutma yöntemlerine göre toplam şeker miktarı ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	g/100 g domates		g/100 g KM	
	Ortalamalar	LSD Grupları	Ortalamalar	LSD Grupları
SH 65 °C-1.5 m/s	18.28	<i>ef</i>	20,32	<i>ef</i>
SH 65 °C-2.5 m/s	20.57	<i>b</i>	22,76	<i>b</i>
SH 75 °C-1.5 m/s	18.97	<i>d</i>	21,10	<i>d</i>
SH 75 °C-2.5 m/s	19.65	<i>c</i>	21,83	<i>c</i>
SH 85 °C-1.5 m/s	18.13	<i>f</i>	20.09	<i>f</i>
SH 85 °C-2.5 m/s	18.69	<i>de</i>	20.66	<i>def</i>
Vakum 65 °C	18.02	<i>f</i>	20.24	<i>ef</i>
Vakum 75 °C	19.92	<i>c</i>	22.46	<i>b</i>
Dondurarak	27.00	<i>a</i>	29.83	<i>a</i>
Güneş	18.93	<i>d</i>	20.75	<i>de</i>
	LSD <sub>0,05</sub>	0.5475211	LSD <sub>0,05</sub>	0.6055632

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.29.** Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde toplam şeker miktarı ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

İşlemler	gr/100 gr domates		gr/100 gr KM	
	Ortalamalar	LSD Grupları	Ortalamalar	LSD Grupları
Önişlemsiz	20.64	<i>a</i>	22.95	<i>a</i>
EPSA	19.15	<i>c</i>	21.27	<i>c</i>
EPSM	19.66	<i>b</i>	21.80	<i>b</i>
	LSD <sub>0,05</sub>	0.2998896	LSD <sub>0,05</sub>	0.3316806

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.30.** Kurutulmuş domateslerde toplam şeker miktarlarına ilişkin LSD testi sonuçları

			<b>Toplam Şeker</b>	
Uygulama			g/100 g domates	g/100 g KM
Taze Domates			1.685	31.792
<b>Sıcak Havalı Kurutma</b>				
Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Uygulama		
65	1.5	Önişlemsiz	18.745 <sup>fghi</sup>	20.675 <sup>ijkl</sup>
		EPSA	17.675 <sup>ijkl</sup>	19.630 <sup>lmn</sup>
		EPSM	18.430 <sup>hij</sup>	20.660 <sup>ijkl</sup>
	2.5	Önişlemsiz	19.610 <sup>efg</sup>	21.660 <sup>fghi</sup>
		EPSA	21.330 <sup>cd</sup>	23.530 <sup>cd</sup>
		EPSM	20.780 <sup>d</sup>	23.100 <sup>de</sup>
75	1.5	Önişlemsiz	21.015 <sup>cd</sup>	23.510 <sup>cd</sup>
		EPSA	17.410 <sup>kl</sup>	19.290 <sup>mn</sup>
		EPSM	18.470 <sup>hij</sup>	20.510 <sup>ijkl</sup>
	2.5	Önişlemsiz	21.320 <sup>cd</sup>	23.740 <sup>cd</sup>
		EPSA	17.920 <sup>ijkl</sup>	19.845 <sup>klm</sup>
		EPSM	19.710 <sup>e</sup>	21.910 <sup>fg</sup>
85	1.5	Önişlemsiz	18.745 <sup>fghi</sup>	21.090 <sup>fghij</sup>
		EPSA	18.530 <sup>hij</sup>	20.400 <sup>ijkl</sup>
		EPSM	17.125 <sup>l</sup>	18.785 <sup>n</sup>
	2.5	Önişlemsiz	18.055 <sup>hijkl</sup>	20.120 <sup>iklm</sup>
		EPSA	18.330 <sup>hijk</sup>	20.110 <sup>iklm</sup>
		EPSM	19.675 <sup>ef</sup>	21.735 <sup>fgh</sup>
<b>Vakumlu Kurutma</b>				
65	-	Önişlemsiz	18.695 <sup>ghi</sup>	20.785 <sup>hijk</sup>
		EPSA	17.935 <sup>ijkl</sup>	20.030 <sup>klm</sup>
		EPSM	17.430 <sup>kl</sup>	19.910 <sup>klm</sup>
75	-	Önişlemsiz	21.835 <sup>c</sup>	24.460 <sup>c</sup>
		EPSA	18.190 <sup>hijk</sup>	20.865 <sup>ghijk</sup>
		EPSM	19.730 <sup>e</sup>	22.065 <sup>ef</sup>
Dondurarak Kurutma	-	Önişlemsiz	28.570 <sup>a</sup>	31.625 <sup>a</sup>
		EPSA	26.030 <sup>b</sup>	29.100 <sup>b</sup>
		EPSM	26.395 <sup>b</sup>	28.765 <sup>b</sup>
Güneşte Kurutma	-	Önişlemsiz	19.760 <sup>e</sup>	21.850 <sup>fg</sup>
		EPSA	18.140 <sup>hijk</sup>	19.860 <sup>klm</sup>
		EPSM	18.900 <sup>efgh</sup>	20.550 <sup>ijkl</sup>
LSD <sub>0,05</sub>			0.9483343	1.048866

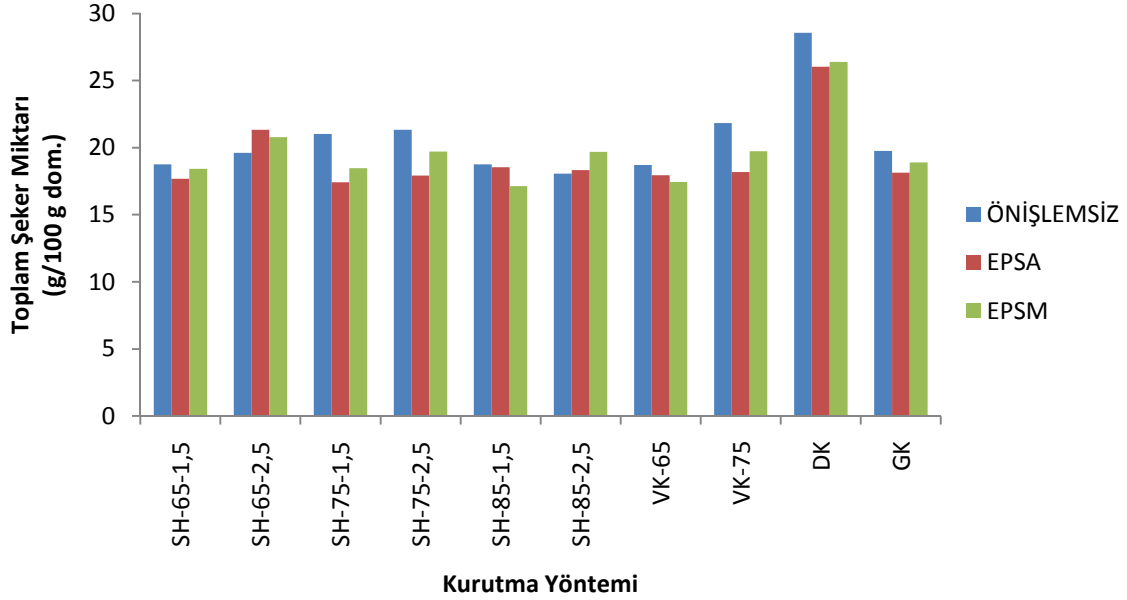
Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

Kuru örnekler içinde en düşük toplam şeker içeriği sıcak havalı kurutmaya 65 °C sıcaklık-1.5 m/s hava hızı-EPSA uygulamasıyla kurutulan domateslerde görülmüş, en yüksek toplam şeker miktarı ise, indirgen şeker içeriği ile paralellik göstererek dondurarak önışlemsiz kurutulan domateslerde saptanmıştır. Bu değeri yine dondurarak her iki önışlemlerle kurutulan domatesler izlemiştir (Çizelge 4.30). 100 g domateste bulunan ve 100 g kuru madde bulunan toplam şeker miktarlarının değişimleri, sırasıyla Şekil 4.35 ve 4.36' da verilmiştir.

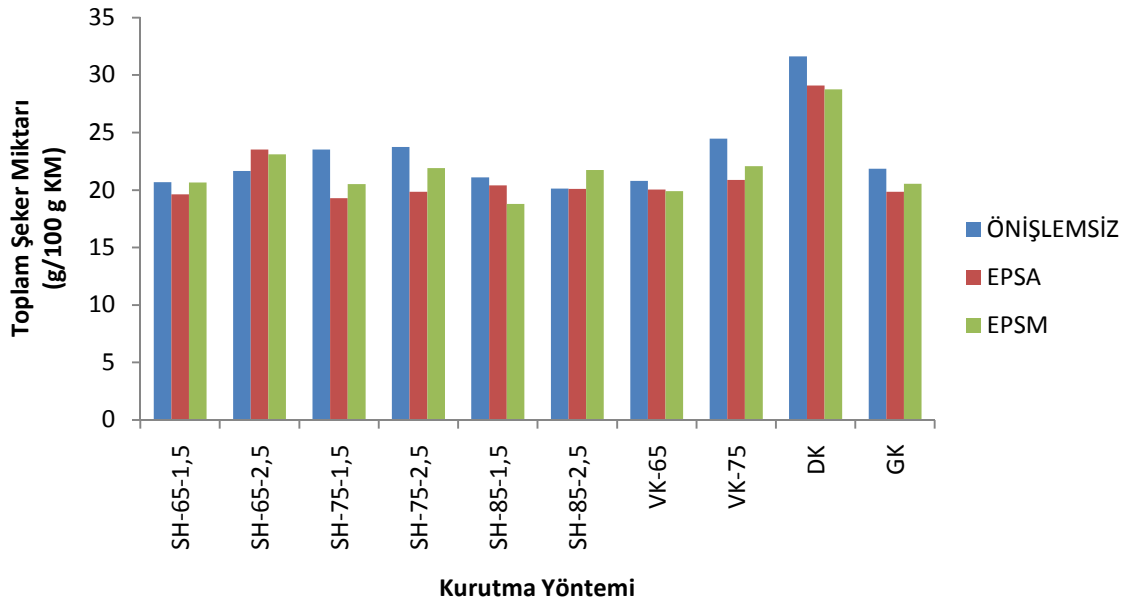
Şeker içeriklerine ilişkin ortalamaların verildiği çizelgeler (Çizelge 4.23 ve 4.28) incelendiğinde hem indirgen hem toplam şeker miktarlarının dondurarak kurutulmuş domateslerde en yüksek değerde olduğu görülmektedir. Dondurarak kurutulmuş örneklerin kurutulması sırasında işlem, ürünün önce -40 °C' de şoklanması, sonra 30 °C' de ve vakum altında kurutulması şeklinde gerçekleştiği için şekerlerin parçalanmasına sebep olacak Maillard reaksiyonu engellenmiş ve oksijensiz ortamda kimyasal reaksiyonların oluşumu en az düzeye indirilebilmiştir. Çizelge 4.25 ve Çizelge 4.30' da önışlemsiz örneklerde indirgen şekerin %1.79 oranında azaldığı, toplam şekerin ise hemen hemen değişmeden kaldığı görülmektedir. Dondurarak kurutma uygulamalarında EPSA ve EPSM uygulamalarındaki kayıplar, örneklerin daldırma çözeltilerinde bekletilmesi esnasında suya geçen çözünen madde kaybından ileri gelmektedir. Sıcak havalı kurutma uygulamalarının ortalamalarına ilişkin verilere bakıldığında 85 °C sıcaklıkta yapılan kurutmalarda hem indirgen şeker hem toplam şeker miktarlarının diğer sıcaklık uygulamalarına göre daha düşük olduğu göze çarpmaktadır. 85 °C sıcaklıkta kurutulmuş örneklerin HMF değerlerine ilişkin ortalamaların (Çizelge 4.37) diğer sıcaklık uygulamalarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Bilindiği gibi HMF Maillard reaksiyonunun ara ürünü olup indirgen şeker kaybı ile sonuçlanan bir reaksiyondur. Bozkurt ve ark. (1999) araştırmalarında sıcaklığın HMF oluşumunda çok güçlü bir etkiye sahip olduğunu belirtmektedirler. Bu nedenle sıcaklık dereceleri arttıkça şeker kayıplarındaki artışın da fazla olduğu dikkati çekmekte ve buna bağlı olarak HMF değerlerinde artış görülmektedir.

Yüksek sıcaklıklarda sakarozun inversiyona uğradığı bilinmekle beraber bu araştırmada ele alınan materyalde, toplam ve indirgen şeker miktarları arasındaki farkın tümüyle sakaroz olduğu düşünülerek hesaplama yapılmış olsa, domateste %0.08 bulunduğu ortaya çıkmaktadır. Bu miktarın kurutulmuş örneklerde yüksek sıcaklık derecelerinde indirgen şeker miktarını çok fazla yükseltecek bir değer olmadığı düşünülmektedir. Kaldı ki yine, inversiyona bağlı açığa çıkan invert şekerin Maillard reaksiyonuna uğrayarak parçalanmasının olacağı düşünülmektedir. Uygulamalarda genel olarak göze çarpan önışlemsiz örneklerin indirgen ve toplam şeker miktarlarının EPSA ve EPSM

uygulamalarından daha yüksek olduğudur. Bu durum, domateslerin daldırma çözeltilerinde bekletilmeleri sırasında suya geçen çözünür madde miktarlarının artmış olmasıyla açıklanabilir.



**Şekil 4.35.** Farklı koşullarda kurutulan domateslerin toplam şeker miktarları (g/100 g domates)



**Şekil 4.36.** Farklı koşullarda kurutulan domateslerin toplam şeker miktarları (g/100 g kuru madde)



#### 4.2.6. Kurutulmuş domateslerde pH ve titrasyon asitliği değişimlerine ilişkin sonuçlar

Mikroorganizmaların gelişimini ve aktivitesini belirleyen önemli faktörlerden biri pH'dır. Bazı mikroorganizmalar pH=4.0' ün altında gelişmekle birlikte büyük bir kısmı en iyi pH=7.0 (6.6-7.5) civarında gelişmektedir (Anonim 2000). Çizelge 4.31' de kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin pH değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları, Çizelge 4.32' de kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları görülmektedir. Yapılan istatistik analizlere göre kurutma yöntemlerinin, işlemlerin ve kurutma yöntemi\*işlem interaksiyonunun hem pH değerleri hem de titrasyon asitliği değerleri üzerine etkisi  $p<0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.31.** Kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin pH değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	0.00	0.003	74.84**	.000
Kurutma Yöntemi	9	7.71	0.857	24055.93**	.000
İşlem	2	0.29	0.143	4005.56**	.000
Kur.Yönt.*İşlem	18	0.44	0.024	681.42**	.000
Hata	29	0.00	0.000037		

\*\* :  $P<0.01$  düzeyinde önemli

**Çizelge 4.32.** Kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin titrasyon asitliği değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	2.14	2.136	62.35**	.000
Kurutma Yöntemi	9	9.67	1.074	31.36**	.000
İşlem	2	12.81	6.403	186.93**	.000
Kur.Yönt.*İşlem	18	13.62	0.757	22.09**	.000
Hata	29	0.99	0.034		

\*\* :  $P<0.01$  düzeyinde önemli

Kurutma yöntemlerine göre pH ve titrasyon asitliği ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.33' te, kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde pH ve titrasyon asitliği değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.34' te yer almaktadır. Tüm uygulamalar sonucu (yöntem\*işlem int.) domateslerin pH ve titrasyon değerlerine yönelik LSD testi sonuçları ise Çizelge 4.35' te görülmektedir.

**Çizelge 4.33.** Kurutma yöntemlerine göre pH ve titrasyon asitliği ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	pH		Titrasyon asitliği	
	Ortalamalar	LSD Grupları	Ortalamalar	LSD Grupları
SH 65 °C-1.5 m/s	5.83	<i>b</i>	6.42	<i>e</i>
SH 65 °C-2.5 m/s	5.80	<i>d</i>	6.94	<i>c</i>
SH 75 °C-1.5 m/s	5.37	<i>h</i>	6.98	<i>c</i>
SH 75 °C-2.5 m/s	5.76	<i>e</i>	7.33	<i>b</i>
SH 85 °C-1.5 m/s	5.73	<i>g</i>	7.38	<i>b</i>
SH 85 °C-2.5 m/s	5.81	<i>c</i>	7.82	<i>a</i>
Vakum 65 °C	5.85	<i>a</i>	7.24	<i>b</i>
Vakum 75 °C	5.75	<i>f</i>	6.64	<i>de</i>
Dondurarak	5.79	<i>d</i>	6.84	<i>cd</i>
Güneş	4.63	<i>ı</i>	6.63	<i>de</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	7.182614	LSD <sub>0.05</sub>	0.2177314

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.34.** Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde pH ve titrasyon asitliği değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

İşlemler	pH		Titrasyon asitliği	
	Ortalamalar	LSD Grupları	Ortalamalar	LSD Grupları
Önişlemsiz	5.66	<i>b</i>	6.69	<i>b</i>
EPSA	5.54	<i>c</i>	7.67	<i>a</i>
EPSM	5.70	<i>a</i>	6.70	<i>b</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	3.934079	LSD <sub>0.05</sub>	0.1192564

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.35.** Kurutulmuş domateslerde pH ve titrasyon değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları

Uygulama			pH	Titrasyon Asitliği (g/100 g)
Taze Domates			4.665	0.428
Sıcak Havalı Kurutma				
Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Uygulama		
65	1.5	Önişlemsiz	5.785 <sup>g</sup>	5.195 <sup>m</sup>
		EPSA	5.815 <sup>ef</sup>	7.270 <sup>cd</sup>
		EPSM	5.895 <sup>bc</sup>	6.795 <sup>ghij</sup>
	2.5	Önişlemsiz	5.885 <sup>c</sup>	6.860 <sup>efgh</sup>
		EPSA	5.605 <sup>l</sup>	7.295 <sup>c</sup>
		EPSM	5.905 <sup>b</sup>	6.650 <sup>ghijk</sup>
75	1.5	Önişlemsiz	5.605 <sup>l</sup>	7.215 <sup>cde</sup>
		EPSA	5.245 <sup>n</sup>	7.350 <sup>c</sup>
		EPSM	5.245 <sup>n</sup>	6.380 <sup>k</sup>
	2.5	Önişlemsiz	5.825 <sup>e</sup>	6.865 <sup>efgh</sup>
		EPSA	5.710 <sup>j</sup>	8.260 <sup>ab</sup>
		EPSM	5.750 <sup>h</sup>	6.865 <sup>efgh</sup>
85	1.5	Önişlemsiz	5.735 <sup>t</sup>	7.210 <sup>cde</sup>
		EPSA	5.480 <sup>m</sup>	8.480 <sup>a</sup>
		EPSM	5.985 <sup>a</sup>	6.455 <sup>jk</sup>
	2.5	Önişlemsiz	5.785 <sup>g</sup>	8.010 <sup>b</sup>
		EPSA	5.785 <sup>g</sup>	8.525 <sup>a</sup>
		EPSM	5.865 <sup>d</sup>	6.915 <sup>defgh</sup>
Vakumlu Kurutma				
65	-	Önişlemsiz	5.855 <sup>d</sup>	5.655 <sup>l</sup>
		EPSA	5.805 <sup>f</sup>	8.080 <sup>b</sup>
		EPSM	5.895 <sup>bc</sup>	7.995 <sup>b</sup>
75	-	Önişlemsiz	5.745 <sup>hi</sup>	6.730 <sup>ghijk</sup>
		EPSA	5.715 <sup>j</sup>	7.345 <sup>c</sup>
		EPSM	5.780 <sup>g</sup>	5.830 <sup>l</sup>
Dondurarak Kurutma	-	Önişlemsiz	5.715 <sup>j</sup>	6.820 <sup>ghij</sup>
		EPSA	5.685 <sup>k</sup>	7.140 <sup>cdef</sup>
		EPSM	5.975 <sup>a</sup>	6.565 <sup>hijk</sup>
Güneşte Kurutma	-	Önişlemsiz	4.650 <sup>p</sup>	6.370 <sup>k</sup>
		EPSA	4.540 <sup>q</sup>	7.010 <sup>cdefg</sup>
		EPSM	4.720 <sup>o</sup>	6.530 <sup>ijk</sup>
LSD <sub>0,05</sub>			1.244065	0.3771218

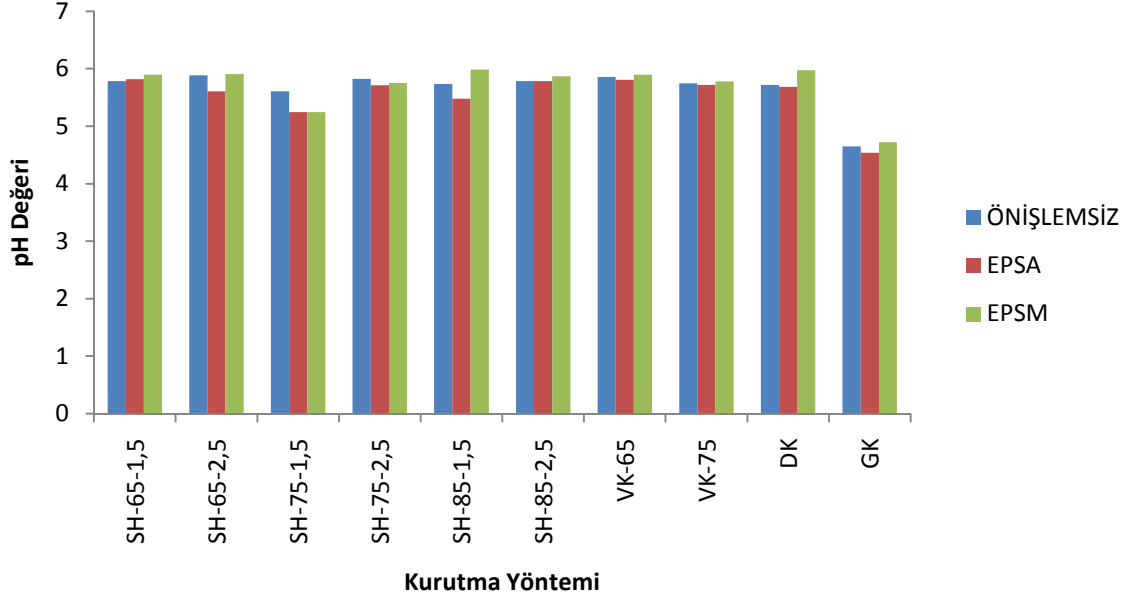
Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.35' ten taze ve kuru domates örneklerinin pH değerlerine bakıldığında taze domatese en yakın pH değeri güneşte önışlemsiz olarak kurutulmuş örneklerde görülmektedir ki bu örnekler diğer kuru örneklerin içinde de en düşük pH miktarına sahip olanlardır. Bunu güneşte önışlem uygulanarak kurutulmuş örnekler izlemektedir. pH değerinin en yüksek olduğu örnekler ise sıcak havalı kurutmaya 65 °C sıcaklık-1.5 m/s hava hızı-EPSA uygulamasıyla kurutulmuş örneklerdir, dondurarak EPSM uygulamasıyla kurutulmuş örnekler de yine bu grup içinde yer almaktadır.

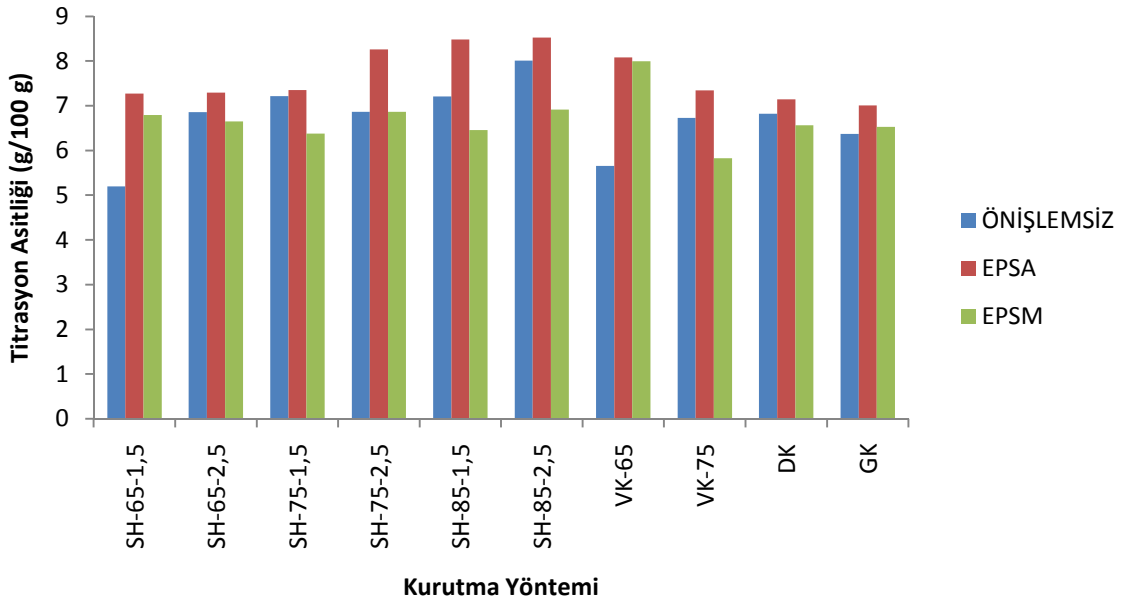
Titrasyon asitliği değerlerine bakıldığında ise, en düşük değerin sıcak hava ile 65 °C sıcaklık, 1.5 m/s hava hızında önışlemsiz olarak kurutulmuş örneklerde olduğu görülmektedir. Sıcak hava ile 85 °C sıcaklık, 2.5 m/s hava hızında EPSA uygulamasıyla kurutulmuş örneklerde ise en yüksek titrasyon asitliği değeri saptanmış, aynı sıcaklık ve aynı önışlem uygulamasında 1.5 m/s hava hızında kurutulmuş örnekler de yine aynı grupta yer almışlardır.

Uygulanan önışlemlerde domateslerin sitrik ve askorbik asit çözeltisine daldırılarak kurutulması sonucunda, kurutulmuş domateslerde asitlik değeri yükselmiş ve pH değerlerinde azalma kaydedilmiştir (Çizelge 4.35). Muratore ve ark. (2008) da, yaptıkları çalışmada sitrik asit uygulamasının, daha uzun raf ömrü için daha düşük pH' ı sağladığını belirtmektedirler. Bu çalışmada depolama sürecindeki kalite değişimleri incelenmemiş olmakla birlikte, sitrik askorbik asit uygulamalarının, depolanma sürecinde kurutulmuş domateslerin kalitesi üzerine olumlu etkide bulunacağı düşünülmektedir. Ayrıca sitrik-askorbik asit uygulamasında domatesin bileşiminde doğal olarak bulunan bu bileşenlerin konsantrasyonunun arttırılması ile domatesin tat ve lezzeti üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi saptanmadığı gibi doğal lezzete katkı sağladığı düşünülmektedir.

Domateslere ait pH değerleri Şekil 4.37' de grafik olarak, titrasyon asitliği değerleri de Şekil 4.38' de grafik olarak görülmektedir.



Şekil 4.37. Farklı koşullarda kurutulmuş domateslerin pH değerleri



Şekil 4.38. Farklı koşullarda kurutulmuş domateslerin titrasyon asitliği değerleri

#### 4.2.7. Kurutulmuş domateslerde hidrosimetilfurfural (HMF) içeriklerine ilişkin sonuçlar

HMF meyve sebzelerde doğal olarak bulunmayan bir bileşendir. Ancak monosakkaritleri içeren ve ısı işlem gören ürünlerde uygulanan ısı işlemin yoğunluk derecesine bağlı olarak artış gösteren bir reaksiyon ara ürünüdür. Bu açıdan birçok şekerli üründe bulunan HMF miktarı, üretimde ona yüklenen ısı düzeyinin bir indeksi olarak kabul edilmektedir. Kuşkusuz bunun yüksek olmaması istenir (Cemeroğlu 2004). Domateslerde suda çözünür kuru maddenin yaklaşık %30' unu indirgen şekerlerin oluşturması (Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.25) HMF oluşumunu teşvik etmiştir. Ayrıca uygulamalarda kurutma sıcaklıklarının artmasıyla birlikte kuru ürünlerde HMF oluşumu artmaktadır (Zanoni ve ark. 1999, Muratore ve ark. 2008). Bu çalışmada da, uygulamalar içinde en yüksek kurutma sıcaklığı olan 85 °C ve 2.5 m/s hava hızı uygulamasında en yüksek HMF değerinin görülmesi bu literatürlere uygunluk göstermektedir.

HMF bulguları ile ilgili olarak kurutma uygulamaları sonucunda domateslerin HMF değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.36' da görülmektedir. Yapılan istatistik analizlere göre kurutma yöntemlerinin, işlemlerin ve kurutma yöntemi\*işlem interaksiyonunun domateslerdeki HMF oluşumu üzerine etkisi önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ).

**Çizelge 4.36.** Kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin HMF değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	0.87	0.866	2.02ns	.166
Kurutma Yöntemi	9	7276.70	808.523	1883.74**	.000
İşlem	2	1995.30	997.650	2324.38**	.000
Kur. Yönt.*İşlem	18	4107.61	228.200	531.67**	.000
Hata	29	12.45	0.429		

ns : önemsiz

\*\* :  $P < 0.01$  düzeyinde önemli

Kurutma yöntemlerine göre HMF değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.37' de, kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde HMF değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.38' de görülmektedir. Tüm uygulamalar sonucu (yöntem\*işlem int.) domateslerin HMF değerlerine yönelik LSD testi sonuçları ise Çizelge 4.39' da verilmiştir.

**Çizelge 4.37.** Kurutma yöntemlerine göre HMF değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	HMF Ortalamaları	LSD Grupları
SH 65 °C-1.5 m/s	4.74	<i>e</i>
SH 65 °C-2.5 m/s	12.66	<i>d</i>
SH 75 °C-1.5 m/s	2.62	<i>g</i>
SH 75 °C-2.5 m/s	14.22	<i>c</i>
SH 85 °C-1.5 m/s	14.59	<i>c</i>
SH 85 °C-2.5 m/s	39.58	<i>a</i>
Vakum 65 °C	3.32	<i>fg</i>
Vakum 75 °C	16.17	<i>b</i>
Dondurarak	0.00	<i>h</i>
Güneş	3.65	<i>f</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	0.7734108

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.38.** Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde HMF değeri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

İşlemler	Ortalamalar	LSD Grupları
Önişlemsiz	3.78	<i>c</i>
EPSA	11.83	<i>b</i>
EPSM	17.86	<i>a</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	0.4236146

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.37’ de en yüksek HMF değerinin 85 °C-2.5 m/s sıcak havalı kurutma uygulamasında olduğu, en düşük HMF değerinin de dondurarak kurutma uygulamasında olduğu görülmektedir ve sıcaklığın yükselmesiyle beraber HMF değerinin de yükselmesi önceki çalışmaları destekler niteliktedir.

**Çizelge 4.39.** Kurutulmuş domateslerde HMF değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları

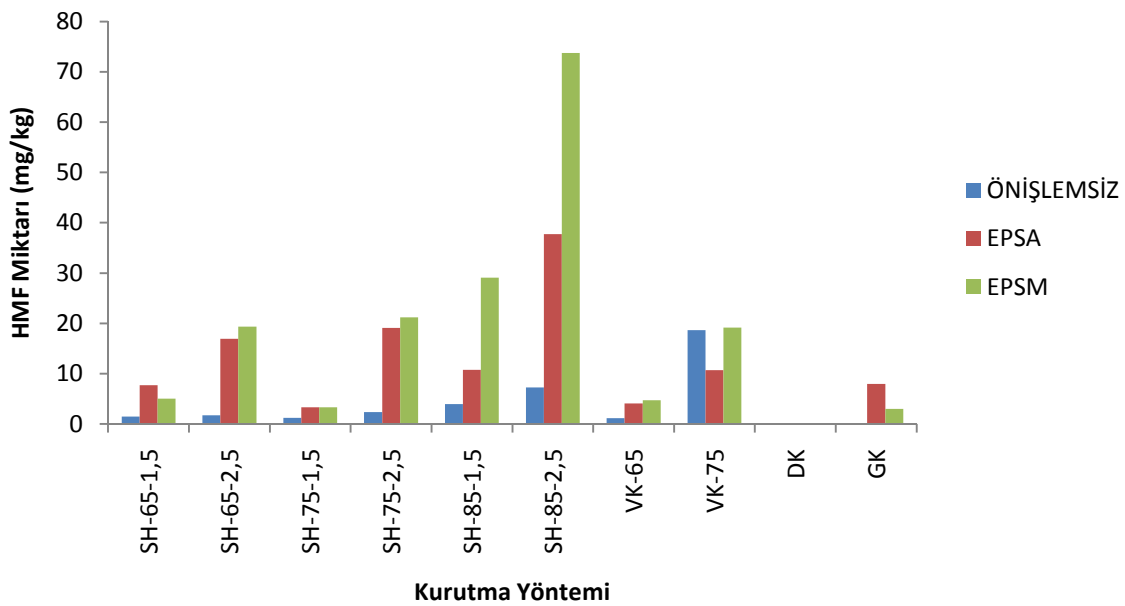
Uygulama			HMF (mg/kg)
Sıcak Havalı Kurutma			
Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Uygulama	
65	1.5	Önişlemsiz	1.500 <sup>m</sup>
		EPSA	7.695 <sup>h</sup>
		EPSM	5.020 <sup>t</sup>
	2.5	Önişlemsiz	1.700 <sup>lm</sup>
		EPSA	16.925 <sup>f</sup>
		EPSM	19.335 <sup>e</sup>
75	1.5	Önişlemsiz	1.215 <sup>mn</sup>
		EPSA	3.315 <sup>jk</sup>
		EPSM	3.320 <sup>ik</sup>
	2.5	Önişlemsiz	2.350 <sup>klm</sup>
		EPSA	19.115 <sup>e</sup>
		EPSM	21.200 <sup>d</sup>
85	1.5	Önişlemsiz	3.965 <sup>ij</sup>
		EPSA	10.745 <sup>g</sup>
		EPSM	29.065 <sup>c</sup>
	2.5	Önişlemsiz	7.285 <sup>h</sup>
		EPSA	37.745 <sup>b</sup>
		EPSM	73.710 <sup>a</sup>
Vakumlu Kurutma			
65	-	Önişlemsiz	1.150 <sup>mn</sup>
		EPSA	4.068 <sup>ij</sup>
		EPSM	4.740 <sup>t</sup>
75	-	Önişlemsiz	18.640 <sup>e</sup>
		EPSA	10.720 <sup>g</sup>
		EPSM	19.150 <sup>e</sup>
Dondurarak Kurutma	-	Önişlemsiz	-
		EPSA	-
		EPSM	-
Güneşte Kurutma	-	Önişlemsiz	-
		EPSA	7.940 <sup>h</sup>
		EPSM	3.020 <sup>ikl</sup>
		LSD <sub>0,05</sub>	1.339587

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)



Çizelge 4.39 incelendiğinde, önışlemsiz örneklerde HMF oluşumunun önışlem uygulanan örneklerle göre daha düşük olduğu görülmektedir. Nitekim Resnik ve Chirife (1979), yaptıkları araştırmada yüksek şeker içeriği ve düşük pH içeren ortamlarda domates salçalarının esmerleşme reaksiyonlarına ve HMF oluşumuna daha uygun koşullar sağladığını, özellikle organik asitlerin varlığında şekerlerin ısıtıldığında HMF gibi furan bileşikleri ürettiğini belirtmektedirler. Bu araştırmada da özellikle güneşte kurutma uygulamasında ve sitrik askorbik asit önışlemi sonucunda HMF ortaya çıkması bu şekilde açıklanabilir. Güneşte kurutma yöntemi dışındaki uygulamalarda, EPSM uygulamalarında gözlenen yüksek değerler, sıcak havalı kurutucuda kurutma sırasında sitrik ve askorbik asitin buharlaşarak uzaklaşmasından dolayı kayba uğraması ile açıklanabilir. Kurutma sürecinde HMF oluşumu düşük pH' ın yanı sıra, hegzosların kristalizasyonuna ve ısı uygulamasına bağlı olup, bu oluşumun düşük su aktivitesi düzeylerinde zenginleştiği diğer araştırmacılar tarafından da belirtilmektedir (Muratore ve ark. 2006). Diğer bir araştırmada (Muratore ve ark. 2008) yarı kurutulmuş önışlemsiz cherry domateslerde 40, 60 ve 80 °C kurutma sıcaklıklarında HMF miktarları sırasıyla 0,8, 1,0 ve 1,3 mg/kg bulunurken, önışlem uygulamalarında istatistiksel olarak farklılık gösterecek miktarda yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Saptanan HMF miktarlarının daha düşük sonuçlar vermesi, araştırmacıların domatesleri yarı kurutulmuş olmalarından ileri gelmektedir.

Kurutma yöntemlerine göre domates örneklerinin HMF değerlerinin değişimi Şekil 4.39' da görülmektedir.



Şekil 4.39. Farklı koşullarda kurutulmuş domateslerin HMF miktarları

#### 4.2.8. Kurutulmuş domateslerde sodyum ve potasyum değerlerine ilişkin sonuçlar

Sodyum ve potasyum bulguları ile ilgili olarak kurutma uygulamaları sonucunda domateslerin sodyum değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.40' ta, kurutma uygulamaları sonucunda domateslerin potasyum değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları da Çizelge 4.41' de görülmektedir. Yapılan istatistik analizlere göre kurutma yöntemlerinin ve işlemlerin sodyum ve potasyum değerleri üzerine etkisi  $p<0.01$  düzeyinde önemli bulunurken, kurutma yöntemi\*işlem interaksiyonunun sadece sodyum değerleri üzerine etkisi yine  $p<0.01$  düzeyinde önemli bulunmuş, potasyum değerleri üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.40.** Kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin sodyum değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	15.11	15.110	5.38*	.027
Kurutma Yöntemi	9	1103.89	122.655	43.69**	.000
İşlem	2	3720.66	1860.332	662.71**	.000
Kur. Yönt.*İşlem	18	174.66	9.704	3.46**	.000
Hata	29	81.41	2.807		

\* :  $P<0.05$  düzeyinde önemli

\*\* :  $P<0.01$  düzeyinde önemli

**Çizelge 4.41.** Kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin potasyum değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	9805.05	9805.051	0.94ns	
Kurutma Yöntemi	9	449949.70	49994.411	4.79**	.000
İşlem	2	283462.47	141731.235	13.58**	.000
Kur. Yönt.*İşlem	18	140481.96	7804.553	0.75ns	
Hata	29	302647.32	10436.114		

ns : önemsiz

\*\* :  $P<0.01$  düzeyinde önemli

Kurutma yöntemlerine göre sodyum ve potasyum değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.42' de, kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde sodyum ve potasyum değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.43' te, tüm uygulamalar sonucu (yöntem\*işlem int.) domateslerin sodyum ve potasyum değerlerine yönelik LSD testi sonuçları da Çizelge 4.44' te görülmektedir.

**Çizelge 4.42.** Kurutma yöntemlerine göre sodyum ve potasyum değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	Sodyum (mg/100 g)		Potasyum (mg/100 g)	
	Ortalamalar	LSD Grupları	Ortalamalar	LSD Grupları
SH 65 °C-1.5 m/s	44.55	<i>d</i>	1692.77	<i>bc</i>
SH 65 °C-2.5 m/s	41.85	<i>e</i>	1709.96	<i>bc</i>
SH 75 °C-1.5 m/s	44.16	<i>d</i>	1689.91	<i>bc</i>
SH 75 °C-2.5 m/s	44.64	<i>d</i>	1737.11	<i>bc</i>
SH 85 °C-1.5 m/s	43.32	<i>de</i>	1662.69	<i>c</i>
SH 85 °C-2.5 m/s	43.80	<i>de</i>	1623.20	<i>c</i>
Vakum 65 °C	50.57	<i>b</i>	1724.57	<i>bc</i>
Vakum 75 °C	47.43	<i>c</i>	1636.71	<i>c</i>
Dondurarak	57.12	<i>a</i>	1939.58	<i>a</i>
Güneş	44.81	<i>d</i>	1791.63	<i>b</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	1.978349	LSD <sub>0.05</sub>	120.6288

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.43.** Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde sodyum ve potasyum değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

İşlemler	Sodyum (mg/100 g)		Potasyum (mg/100 g)	
	Ortalamalar	LSD Grupları	Ortalamalar	LSD Grupları
Önişlemsiz	40.39	<i>b</i>	1812.92	<i>a</i>
EPSA	40.93	<i>b</i>	1701.66	<i>b</i>
EPSM	57.36	<i>a</i>	1647.85	<i>b</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	1.083586	LSD <sub>0.05</sub>	66.07112

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

Çizelge 4.42' de görüldüğü gibi, tüm uygulamalar içinde en yüksek sodyum ve potasyum değerleri dondurarak kurutma yönteminde saptanmıştır. Bu uygulamanın düşük sıcaklık ve oksijensiz ortamda gerçekleşmesi kurutulmuş domateslerde sodyum ve potasyum içeriğinin korunmasını sağlamıştır. Ortalama değerler sodyum içeriğinde meydana gelen kayıpların dondurarak kurutma yönteminden sonra vakum altında kurutma yönteminde daha düşük olduğunu gösterirken, 65 °C-1.5 m/s koşullarında yapılan sıcak havalı kurutma, 75 °C-1.5 m/s koşullarında yapılan sıcak havalı kurutma ve 75 °C-2.5 m/s koşullarında yapılan sıcak havalı kurutma yöntemleri istatistiksel olarak aynı grup içerisinde yer almışlardır (Çizelge 4.42). Potasyum içeriği bakımından ortalama değerler ile ilgili sonuçlar incelendiğinde dondurarak kurutma yönteminden sonra bu mineral maddenin en iyi güneşte kurutma yönteminde korunduğu görülmektedir. Uygulama ortalamaları ayrıca sıcaklık değeri yükseldikçe potasyum kaybının daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır ve 65 °C' de yapılan sıcak havalı kurutma ile 75 °C' de yapılan sıcak havalı kurutma uygulamalarında istatistiksel olarak önemli bir fark oluşmamıştır (Çizelge 4.42). Buna karşılık çizelge incelendiğinde 85

°C’ de yapılan sıcak havalı kurutma uygulamalarında meydana gelen kayıpların daha yüksek oranda olduğu ve 75 °C’ de vakum kurutma yönteminde meydana gelen kayıplar ile istatistiksel olarak aynı grup içerisinde yer aldığı görülmektedir.

**Çizelge 4.44.** Kurutulmuş domateslerde sodyum ve potasyum değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları

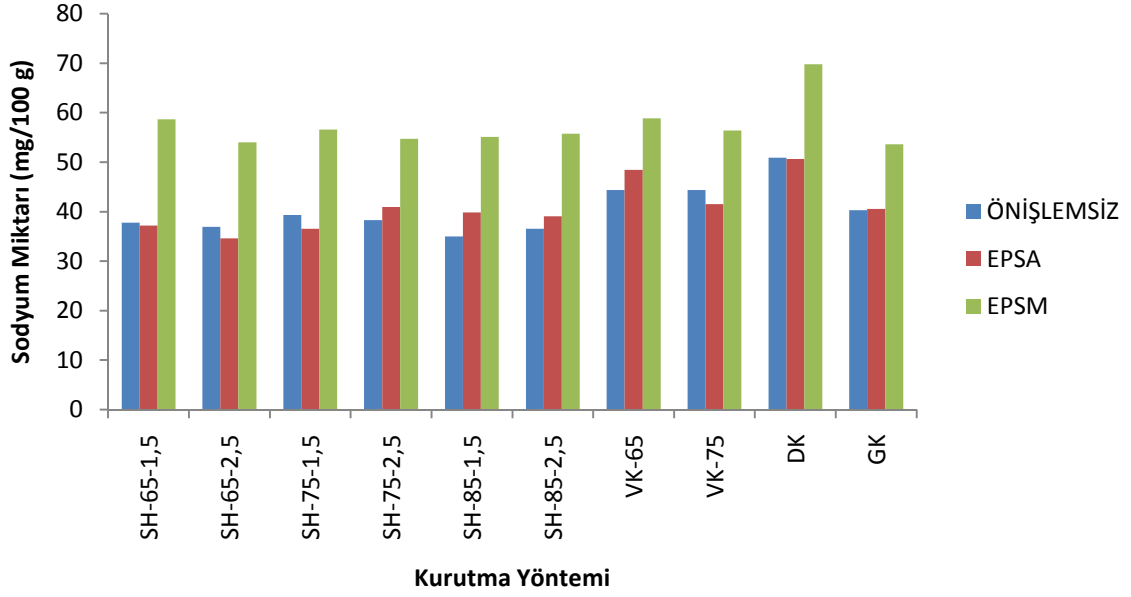
Uygulama			Sodyum (mg/100 g)	Potasyum (mg/100 g)
Taze Domates			5.56	196.4
Sıcak Havalı Kurutma				
Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Uygulama		
65	1.5	Önişlemsiz	37.79 <sup>hijklm</sup>	1832.89 <sup>ns</sup>
		EPSA	37.20 <sup>ijklm</sup>	1683.21 <sup>ns</sup>
		EPSM	58.65 <sup>b</sup>	1562.21 <sup>ns</sup>
	2.5	Önişlemsiz	36.92 <sup>klm</sup>	1894.44 <sup>ns</sup>
		EPSA	34.60 <sup>m</sup>	1646.48 <sup>ns</sup>
		EPSM	54.02 <sup>cd</sup>	1588.95 <sup>ns</sup>
75	1.5	Önişlemsiz	39.32 <sup>ghijk</sup>	1790.92 <sup>ns</sup>
		EPSA	36.56 <sup>klm</sup>	1740.27 <sup>ns</sup>
		EPSM	56.61 <sup>bc</sup>	1538.54 <sup>ns</sup>
	2.5	Önişlemsiz	38.27 <sup>ghijkl</sup>	1782.13 <sup>ns</sup>
		EPSA	40.93 <sup>gh</sup>	1768.36 <sup>ns</sup>
		EPSM	54.72 <sup>c</sup>	1660.83 <sup>ns</sup>
85	1.5	Önişlemsiz	35.02 <sup>lm</sup>	1724.64 <sup>ns</sup>
		EPSA	39.82 <sup>ghijk</sup>	1640.82 <sup>ns</sup>
		EPSM	55.12 <sup>c</sup>	1622.60 <sup>ns</sup>
	2.5	Önişlemsiz	36.57 <sup>klm</sup>	1718.16 <sup>ns</sup>
		EPSA	39.06 <sup>ghijk</sup>	1624.64 <sup>ns</sup>
		EPSM	55.78 <sup>bc</sup>	1526.80 <sup>ns</sup>
Vakumlu Kurutma				
65	-	Önişlemsiz	44.38 <sup>f</sup>	1803.02 <sup>ns</sup>
		EPSA	48.43 <sup>e</sup>	1698.12 <sup>ns</sup>
		EPSM	58.89 <sup>b</sup>	1672.58 <sup>ns</sup>
75	-	Önişlemsiz	44.38 <sup>f</sup>	1796.33 <sup>ns</sup>
		EPSA	41.52 <sup>g</sup>	1521.52 <sup>ns</sup>
		EPSM	56.38 <sup>bc</sup>	1592.27 <sup>ns</sup>
Dondurarak Kurutma	-	Önişlemsiz	50.93 <sup>de</sup>	1986.36 <sup>ns</sup>
		EPSA	50.63 <sup>de</sup>	1912.21 <sup>ns</sup>
		EPSM	69.79 <sup>a</sup>	1920.16 <sup>ns</sup>
Güneşte Kurutma	-	Önişlemsiz	40.30 <sup>ghij</sup>	1800.29 <sup>ns</sup>
		EPSA	40.53 <sup>ghi</sup>	1781.00 <sup>ns</sup>
		EPSM	53.60 <sup>cd</sup>	1793.59 <sup>ns</sup>
LSD <sub>0.05</sub>			3.4266	-

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

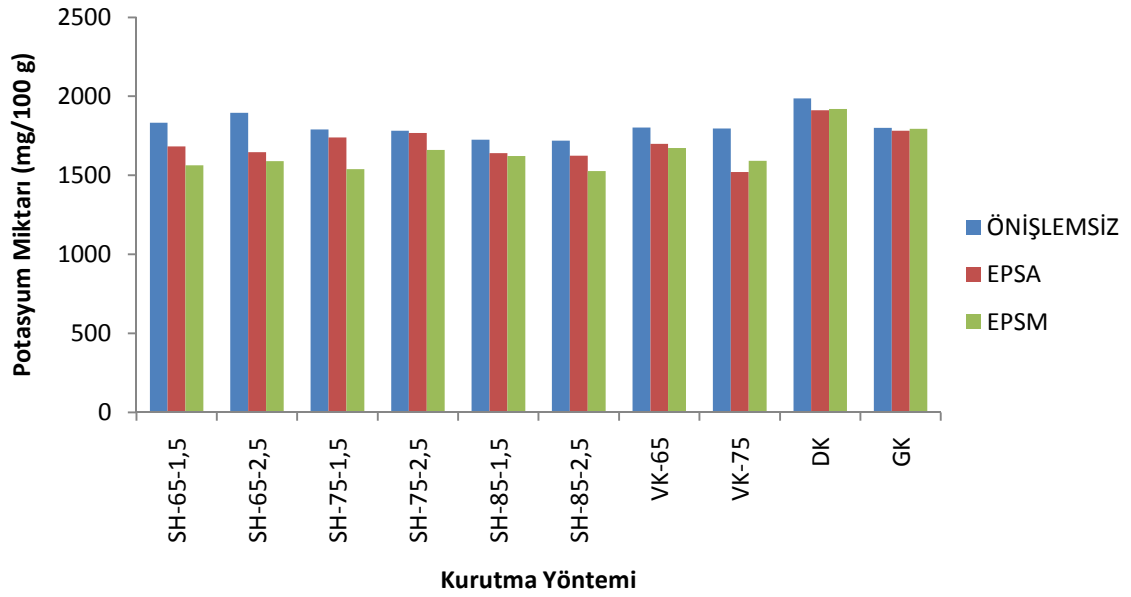
Kurutma işlemleri ile birlikte meydana gelen su kaybıyla birlikte örneklerin sodyum ve potasyum içeriğinde taze domatese göre oldukça önemli düzeyde artış meydana geldiği görülmektedir. Sodyum değerleri incelendiğinde tüm uygulamalarda genel olarak önışlemlerle kurutulmuş örneklerin sodyum miktarlarının önışlemsizlere göre daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Önışlemlerden sodyum metabisüfit uygulaması domateslerin sodyum içeriğinin yükselmesine sebep olmuştur. Araştırma sonuçlarına göre sıcak havalı kurutucuda 65 °C-2.5 m/s hava hızı-EPSA uygulamasıyla kurutulan domateslerde en düşük sodyum miktarı görülürken, dondurarak EPSM uygulaması ile kurutulanlarda en yüksek sodyum miktarı saptanmıştır. Bu değerleri sırasıyla vakumlu kurutucuda 65 °C uygulaması ile kurutulan domatesler ve sıcak havalı kurutucuda 65 °C sıcaklık-1.5 m/s hava hızı koşullarında kurutulan domatesler izlemiştir (Çizelge 4.44). Bu sonuçlara göre dondurarak kurutma ve düşük sıcaklık derecelerinde sodyum içeriğinde meydana gelen kaybın daha düşük olduğu söylenebilir. Düşük sıcaklık derecesinde kurutulmuş olmasına karşılık güneşte kurutma yönteminde elde edilen sonuçların bu uygulamalara nazaran daha düşük olması, güneşte kurutma yönteminde istenen kuru maddeye ulaşmak için gereken sürenin daha uzun olmasından ve bu süreçte ortam koşullarına maruz kalan domateslerde meydana gelen biyokimyasal değişimlerden kaynaklanmaktadır.

Diğer yandan potasyum değerleri incelendiğinde, dondurarak kurutmanın tüm uygulamalarında en yüksek değerlerin saptandığı görülmektedir, bununla birlikte en düşük değer vakumla 75 °C' de kurutmada EPSA denemesinde görülmüş, sıcak hava ile 2.5 m/s hava hızında EPSA denemesiyle kurutulan örnekler de yine bu grupta yer almıştır.

Kurutma yöntemlerine göre, 100 g domateste mg olarak bulunan sodyum ve potasyum değerleri sırasıyla Şekil 4.40 ve 4.41' de grafikler halinde verilmiştir.



Şekil 4.40. Farklı koşullarda kurutulmuş domateslerin sodyum miktarları



Şekil 4.41. Farklı koşullarda kurutulmuş domateslerin potasyum miktarları

#### 4.2.9. Kurutulmuş domateslerde su aktivite değerlerine ilişkin sonuçlar

Kurutma uygulamaları sonucunda domateslerin su aktivite değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.45’ te görülmektedir. Su aktivite değerlerinin incelenmesi amacıyla yapılan istatistik analizler sonucunda kurutma yöntemlerinin, işlemlerin ve kurutma yöntemi\*işlem interaksiyonunun domateslerdeki su aktivite değerleri üzerine etkisi  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur.

**Çizelge 4.45.** Kurutma uygulamaları sonucunda örneklerin su aktivite değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	0.00	0.000	168.73**	.000
Kurutma Yöntemi	9	0.04	0.004	2472.06**	.000
İşlem	2	0.01	0.007	4406.73**	.000
Kur. Yönt.*İşlem	18	0.01	0.001	338.71**	.000
Hata	29	0.00	0.000002		

\*\* : P<0.01 düzeyinde önemli

Kurutma yöntemlerine göre su aktivitesi ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.46' da, kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde su aktivitesi değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.47' de yer almaktadır. Tüm uygulamalar sonucu (yöntem\*işlem int.) domateslerin su aktivite değerlerine yönelik LSD testi sonuçları ise Çizelge 4.48' de görülmektedir.

**Çizelge 4.46.** Kurutma yöntemlerine göre su aktivitesi ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	Aw Değeri Ortalamaları	LSD Grupları
SH 65 °C-1.5 m/s	0.43	<i>b</i>
SH 65 °C-2.5 m/s	0.41	<i>e</i>
SH 75 °C-1.5 m/s	0.42	<i>c</i>
SH 75 °C-2.5 m/s	0.39	<i>h</i>
SH 85 °C-1.5 m/s	0.42	<i>d</i>
SH 85 °C-2.5 m/s	0.40	<i>f</i>
Vakum 65 °C	0.39	<i>gh</i>
Vakum 75 °C	0.39	<i>g</i>
Dondurarak	0.35	<i>i</i>
Güneş	0.44	<i>a</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	1.669924

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.47.** Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde su aktivitesi değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

İşlemler	Ortalamalar	LSD Grupları
Önişlemsiz	0.42	<i>a</i>
EPSA	0.39	<i>c</i>
EPSM	0.39	<i>b</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	9.146548

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.48.** Kurutulmuş domateslerde su aktivite değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları

Uygulama			<b>Aw</b>
Taze Domates			0.909
Sıcak Havalı Kurutma			
Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Uygulama	
65	1.5	Önişlemsiz	0.465 <sup>a</sup>
		EPSA	0.399 <sup>g</sup>
		EPSM	0.413 <sup>e</sup>
	2.5	Önişlemsiz	0.423 <sup>d</sup>
		EPSA	0.399 <sup>g</sup>
		EPSM	0.394 <sup>h</sup>
75	1.5	Önişlemsiz	0.464 <sup>a</sup>
		EPSA	0.389 <sup>j</sup>
		EPSM	0.415 <sup>e</sup>
	2.5	Önişlemsiz	0.413 <sup>e</sup>
		EPSA	0.386 <sup>k</sup>
		EPSM	0.363 <sup>n</sup>
85	1.5	Önişlemsiz	0.458 <sup>b</sup>
		EPSA	0.392 <sup>hi</sup>
		EPSM	0.404 <sup>f</sup>
	2.5	Önişlemsiz	0.413 <sup>e</sup>
		EPSA	0.400 <sup>g</sup>
		EPSM	0.385 <sup>kl</sup>
Vakumlu Kurutma			
65	-	Önişlemsiz	0.398 <sup>g</sup>
		EPSA	0.389 <sup>j</sup>
		EPSM	0.380 <sup>m</sup>
75	-	Önişlemsiz	0.383 <sup>l</sup>
		EPSA	0.394 <sup>h</sup>
		EPSM	0.391 <sup>ij</sup>
Dondurarak Kurutma	-	Önişlemsiz	0.353 <sup>p</sup>
		EPSA	0.329 <sup>q</sup>
		EPSM	0.358 <sup>o</sup>
Güneşte Kurutma	-	Önişlemsiz	0.466 <sup>a</sup>
		EPSA	0.415 <sup>e</sup>
		EPSM	0.426 <sup>c</sup>
		LSD <sub>0,05</sub>	2.892393

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

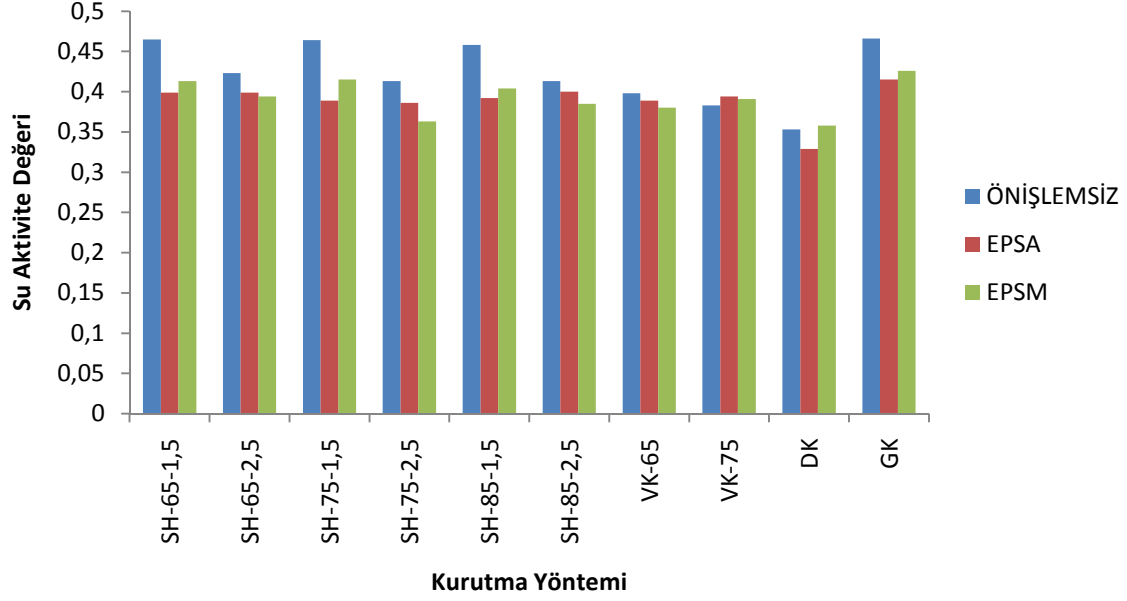
Kurutma uygulamalarına ilişkin ortalama değerlere göre; en yüksek su aktivitesi değeri güneşte kurutulan domateslerde saptanırken, en düşük su aktivitesi değeri de dondurarak kurutulan domateslerde belirlenmiştir (Çizelge 4.46). Çizelge 4.48 incelendiğinde



kurutma sonunda tüm örneklerde su aktivite ( $A_w$ ) değerlerinde büyük bir düşme görülmektedir.

Normal atmosfer koşullarında saklanan gıdalardaki mikrobiyal faaliyetler ve diğer kalite değişim hızları gıdanın su aktivitesine bağlı olarak değişmektedir. Su aktivite değerleri gıdalarda bozulmanın engellenmesi ve gıda kalitesini korumak amacıyla ürünleri kurutma, dondurma, bunlara şeker veya tuz ekleme metotlarıyla çok eskiden beri kontrol edilmeye çalışılmıştır (Anthony ve Fontana, 2000). Gıdalarda dayanıklılığa etki eden önemli faktörlerden biri olan su aktivitesi, suyun kullanılabilirliğini ifade etmekte ve genel olarak su aktivitesi attıkça bozulma reaksiyonlarının hızı artmaktadır (Kılıç ve Evranuz 2005). Su aktivitesi ürünün raf ömrünü, kokusunu, rengini, lezzetini ve yapısını etkiler. Bu nedenle su aktivitesinin ölçülmesi, mikrobiyolojik riskleri minimize etmenin ve gıda kalitesini arttırmanın en önemli çözümüdür (Arslan ve Toğrul 2005). Gıdalarda önemli bozulmalara neden olan bakterilerin, aktivite değeri 0.90' ın altında olan ürünlerde çoğalamadıkları, küf üremesinin, su aktivite değeri 0.65' in altına düştüğünde tamamen durmakta olduğu, su aktivite değerinin düşmesinin enzimatik değişimleri de kısıtlamakta ya da durdurmakta olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Saldamlı ve Saldamlı, 2004).

Önişlem uygulanmasıyla beraber, kuru örneklerin su aktivite değerleri önişlemsiz örneklere göre daha da düşmüştür. En düşük su aktivite değeri dondurarak EPSA uygulamasıyla kurutulan örneklerde görülürken, en yüksek değerler ise güneşte önişlemsiz olarak ve sıcak havalı kurutucuda 65 ve 75 °C-1.5 m/s hava hızında önişlemsiz olarak kurutulan örneklerde görülmektedir. Domateslere ait su aktivitesi değerleri Şekil 4.42' de de görülmektedir.



Şekil 4.42. Farklı koşullarda kurutulmuş domateslerin su aktivite değerleri

#### 4.2.10. Kurutulmuş domateslerde askorbik asit değerlerine ilişkin sonuçlar

Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g domateste bulunan askorbik asit değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.49’ de, 100 g kuru maddede bulunan askorbik asit değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.50’ de görülmektedir. Yapılan istatistik analizler sonucunda kurutma yöntemlerinin, işlemlerin ve kurutma yöntemi\*işlem interaksiyonunun hem 100 g domateste, hem de 100 g kuru maddede mg olarak bulunan askorbik asit değerleri üzerine etkisi  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.49. Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g domateste bulunan askorbik asit değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	0.01	0.011	0.09ns	
Kurutma Yöntemi	9	6834.52	759.391	6262.59**	.000
İşlem	2	173.56	86.782	715.68**	.000
Kur. Yönt.*İşlem	18	45.89	2.550	21.03**	.000
Hata	29	3.52	0.121		

ns : önemsiz

\*\* :  $P < 0.01$  düzeyinde önemli

**Çizelge 4.50.** Kurutma uygulamaları sonucunda 100 g kuru maddede bulunan askorbik asit değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	0.00	0.002	0.02ns	
Kurutma Yöntemi	9	8331.61	925.734	6151.91**	.000
Uygulama	2	215.68	107.841	716.65**	.000
Kur. Yönt.*İşlem	18	65.58	3.644	24.21**	.000
Hata	29	4.36	0.150		

ns : önemsiz

\*\* : P<0.01 düzeyinde önemli

Kurutma yöntemlerine göre askorbik asit değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.51' de, kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde askorbik asit değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.52' de, tüm uygulamalar sonucu (yöntem\*işlem int.) domateslerin askorbik asit değerlerine yönelik LSD testi sonuçları da Çizelge 4.53' te verilmiştir.

**Çizelge 4.51.** Kurutma yöntemlerine göre askorbik asit değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	(mg/100 g domates)		(mg/100 g KM)	
	Ortalamalar	LSD Grupları	Ortalamalar	LSD Grupları
SH 65 °C-1.5 m/s	11.10	<i>c</i>	12.35	<i>c</i>
SH 65 °C-2.5 m/s	11.25	<i>c</i>	12.44	<i>c</i>
SH 75 °C-1.5 m/s	7.55	<i>e</i>	8.40	<i>e</i>
SH 75 °C-2.5 m/s	8.32	<i>d</i>	9.12	<i>d</i>
SH 85 °C-1.5 m/s	5.20	<i>g</i>	5.75	<i>g</i>
SH 85 °C-2.5 m/s	6.01	<i>f</i>	6.59	<i>f</i>
Vakum 65 °C	7.62	<i>e</i>	8.56	<i>e</i>
Vakum 75 °C	4.58	<i>h</i>	5.19	<i>h</i>
Dondurarak	42.75	<i>a</i>	47.26	<i>a</i>
Güneş	13.63	<i>b</i>	14.94	<i>b</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	0.4107469	LSD <sub>0.05</sub>	0.4573275

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.52.** Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde askorbik asit değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

İşlemler	gr/100 gr domates		gr/100 gr KM	
	Ortalamalar	LSD Grupları	Ortalamalar	LSD Grupları
Önişlemsiz	10.49	<i>b</i>	11.63	<i>b</i>
EPSA	14.20	<i>a</i>	15.74	<i>a</i>
EPSM	10.71	<i>b</i>	11.80	<i>b</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	0.2249754	LSD <sub>0.05</sub>	0.2504886

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.53.** Kurutulmuş domateslerde askorbik asit değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları

			Askorbik asit	
Uygulama			mg/100 g domates	mg/100 g KM
Taze Domates			18.715	355.123
Sıcak Havalı Kurutma				
Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Uygulama		
65	1.5	Önişlemsiz	9.165 <sup>hij</sup>	10.110 <sup>hi</sup>
		EPSA	12.520 <sup>d</sup>	13.905 <sup>d</sup>
		EPSM	11.620 <sup>e</sup>	13.020 <sup>e</sup>
	2.5	Önişlemsiz	10.160 <sup>g</sup>	11.220 <sup>g</sup>
		EPSA	12.945 <sup>d</sup>	14.280 <sup>d</sup>
		EPSM	10.630 <sup>f</sup>	11.817 <sup>f</sup>
75	1.5	Önişlemsiz	7.220 <sup>lm</sup>	8.076 <sup>klm</sup>
		EPSA	8.825 <sup>ij</sup>	9.778 <sup>t</sup>
		EPSM	6.615 <sup>m</sup>	7.345 <sup>m</sup>
	2.5	Önişlemsiz	7.915 <sup>kl</sup>	8.814 <sup>jk</sup>
		EPSA	9.500 <sup>ghi</sup>	10.175 <sup>hi</sup>
		EPSM	7.535 <sup>l</sup>	8.375 <sup>kl</sup>
85	1.5	Önişlemsiz	3.695 <sup>o</sup>	4.155 <sup>op</sup>
		EPSA	8.625 <sup>jk</sup>	9.495 <sup>ij</sup>
		EPSM	3.275 <sup>o</sup>	3.592 <sup>p</sup>
	2.5	Önişlemsiz	3.980 <sup>o</sup>	4.435 <sup>o</sup>
		EPSA	10.555 <sup>f</sup>	11.580 <sup>f</sup>
		EPSM	3.480 <sup>o</sup>	3.840 <sup>op</sup>
Vakumlu Kurutma				
65	-	Önişlemsiz	5.485 <sup>n</sup>	6.100 <sup>n</sup>
		EPSA	9.650 <sup>gh</sup>	10.775 <sup>gh</sup>
		EPSM	7.715 <sup>l</sup>	8.810 <sup>jk</sup>
75	-	Önişlemsiz	3.605 <sup>o</sup>	4.040 <sup>op</sup>
		EPSA	6.760 <sup>m</sup>	7.750 <sup>lm</sup>
		EPSM	3.380 <sup>o</sup>	3.780 <sup>op</sup>
Dondurarak Kurutma	-	Önişlemsiz	41.155 <sup>b</sup>	45.555 <sup>b</sup>
		EPSA	45.92 <sup>a</sup>	51.340 <sup>a</sup>
		EPSM	41.180 <sup>b</sup>	44.875 <sup>b</sup>
Güneşte Kurutma	-	Önişlemsiz	12.520 <sup>d</sup>	13.840 <sup>d</sup>
		EPSA	16.720 <sup>c</sup>	18.310 <sup>c</sup>
		EPSM	11.650 <sup>e</sup>	12.680 <sup>e</sup>
LSD <sub>0.05</sub>			0.7114345	0.7921143

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

Ortalama değerlere göre en yüksek sonuçlar dondurarak kurutma yönteminde belirlenirken, onu sırasıyla güneşte kurutma yöntemi, 65 °C’ de yapılan sıcak havalı kurutma uygulaması, 75 °C’ de yapılan sıcak havalı kurutma uygulaması ve 85 °C’ de yapılan sıcak

havalı kurutma uygulamaları izlemiştir. Ortalama değerler kurutma sırasında sıcaklık derecesi arttıkça askorbik asit kaybının arttığını göstermektedir. Marfil ve ark. (2008), askorbik asit kayıp oranlarının kurutma sıcaklıklarının yanı sıra örneklerde kurutma öncesi uygulamalara da bağlı olduğunu belirtmektedir.

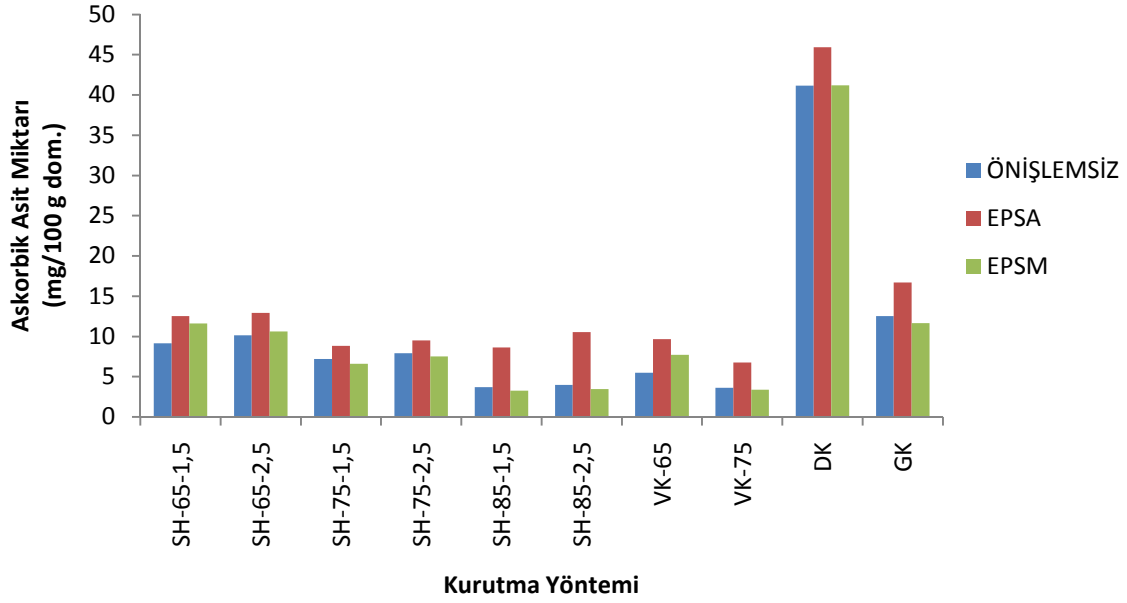
Çizelge 4.53' te de görüldüğü gibi taze domateste askorbik asit içeriği 18.715 mg/100 g iken kuru maddedeki miktarı 355.123 mg/100 g KM olarak bulunmuştur. Kurutulmuş örnekler içinde en yüksek askorbik asit içeriğinin dondurarak kurutulmuş örneklerde olduğu görülmektedir. Bu yöntemle kurutulan domateslerde askorbik asit miktarında taze domatese göre yaklaşık olarak 2.3 kat oranında artış saptanmıştır. Diğer tüm kurutma yöntemleriyle kurutulan domateslerdeki askorbik asit içeriğinde taze domatese göre önemli düzeyde kayıplar meydana gelirken, dondurarak kurutma yöntemiyle kurutulanların askorbik asit içeriğinde belirgin bir artış görülmüştür. Bu durum, dondurarak kurutma yöntemiyle düşük sıcaklık (30 °C) ve havasız ortamda kurutma işleminin askorbik asit kaybının önlenmesinde önemli bir etken olduğunu göstermektedir. Taze domateste kuruma sırasında meydana gelen su kaybı dolayısı ile kuru madde içeriğindeki artışa paralel olarak askorbik asit miktarında artış belirlenmiş olsa bile aslında kuru madde miktarında kayıp olduğu aynı çizelgede görülmektedir. 355.123 mg/100 g KM olan askorbik asit miktarı dondurarak önışlemsiz olarak kurutulmuş domateslerde 45.555 mg/100 g KM olarak saptanmış ve buna göre oransal olarak %87.17 oranında kayıp belirlenmiştir.

Örnekler içinde en düşük askorbik asit içeriğinin 3.592 mg/100 g KM değeri ile sıcak hava ile 85 °C-1.5 m/s hava hızı-EPSPM uygulamasında olduğu görülmektedir ve oransal olarak meydana gelen kayıp %98.98 olarak belirlenmiştir. Taze domatese göre hesaplandığında ise kayıp oranının bu örneklerde %82.5 olduğu görülmektedir (Çizelge 4.23). Lapati ve Barrett (2006), domateslerin farklı yöntemler ile kurutulması ile ilgili araştırmalarında en büyük askorbik asit kaybını %10 NaCl' e daldırılmış domateslerde ve yaklaşık %97.3 olarak saptamışlardır ve elde ettikleri sonuçlar bu araştırmadaki sonuçlarla paralellik göstermektedir.

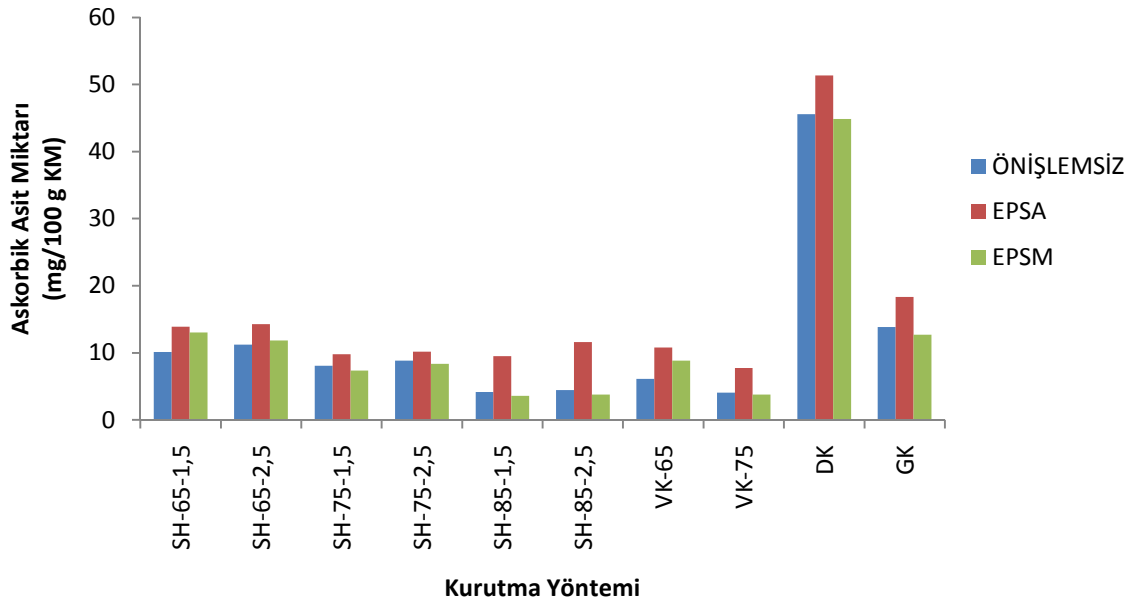
Çizelge 4.53 incelendiğinde tüm uygulamalar için EPSA denemeleriyle kurutulan örneklerin askorbik asit içeriğinin önışlemsiz ve EPSM uygulamalarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Sıcak havalı kurutmada, sıcaklık yükselmesiyle birlikte askorbik asit değerleri azalma gösterirken, yine EPSA uygulamalarında askorbik asit değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Çizelgede EPSM uygulamalarının sonuçlarında dikkati çeken başka bir konu da, 65 °C' de yapılan sıcak havalı kurutma uygulamasında ve vakum 65 °C' de yapılan uygulamada askorbik asit değerlerinin önışlem görmemiş uygulamalardan daha

yüksek sonuç vermiş olması, 75 °C ve 85 °C uygulamalarının istatistiksel olarak aynı ya da yakın gruplar içerisinde yer almalarıdır. Bu durum sodyum metabisülfidin yüksek sıcaklık derecelerinde belli bir miktar uzaklaşması ile etkisinin azalmış olması şeklinde açıklanabilir.

Kurutma yöntemlerine göre domateslerin askorbik asit değerlerinin ne yönde değiştiği Şekil 4.43 ve 4.44’ te de görülmektedir.



Şekil 4.43. Farklı koşullarda kurutulan domateslerin askorbik asit miktarları (g/100 g domates)



Şekil 4.44. Farklı koşullarda kurutulan domateslerin askorbik asit miktarları (g/100 g kuru madde)

#### 4.2.11. Kurutulmuş domateslerde askorbik asit kayıp kinetiğine ilişkin sonuçlar

Askorbik asit, gıdalardaki diğer besin maddeleri ile karşılaştırıldığında, değişken özelliğe sahip olmasından ötürü genellikle besin kalitesinin göstergesi olarak seçilmektedir. Askorbik asitin parçalanması oksijen, ışık, sıcaklık ve nem içeriği gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Rojas ve Gerschenson 2001). Bu çevresel faktörlere pH, enzimlerin varlığı ve metalik katalizörler de ilave edilebilir (Santos ve Silva 2008). Erentürk ve ark. (2005), sıcaklık artışının, parçalar halinde kesilmiş meyvelerde, özellikle kurumanın başlangıcında, askorbik asitin tutulmasını azalttığını belirtmişlerdir. Yüzey alanının hava ile teması arttıkça askorbik asit kayıpları da artmaktadır. Zanoni ve ark. (1999) da, askorbik asit kaybının önemli derecede sıcaklıktan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Askorbik asit içeriğindeki kayıplar için yapılan kinetik hesaplamalara temel teşkil edecek örnek alımları iki saatte bir gerçekleştirilmiştir (Cemeroğlu 2005). Kayıplar her bir kurutma yönteminde önışlemsiz uygulamalar için hesaplanmıştır. Önışlemsiz uygulamalar için hesaplanmasının sebebi ise önışlemlerin domatesteki askorbik asit içeriğini etkileyecek olmasıdır. Askorbik asit parçalanmasında reaksiyon hız sabiti ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.54-4.60 arasında verilmiştir.

**Çizelge 4.54.** Sıcak havalı kurutmada 65 °C sıcaklıkta yapılan önışlemsiz uygulamada askorbik asit parçalanmasına yönelik sonuçlar

Örnek alım aralıkları (saat)	Askorbik asit (mg/100 g domates)	% KM	Askorbik asit (mg/100 g KM)	k
0	18.715	5.27	355.123	-
2	28.280	9.70	291.550	$1.46 \times 10^{-3}$
4	29.270	14.80	197.770	$2.35 \times 10^{-3}$
6	32.230	27.60	116.770	$3.03 \times 10^{-3}$
8	27.960	55.40	50.460	$4.02 \times 10^{-3}$
10	21.180	72.70	29.130	$4.13 \times 10^{-3}$
			<b>k<sub>ort</sub></b>	<b><math>2.998 \times 10^{-3}</math></b>

**Çizelge 4.55.** Sıcak havalı kurutmada 75 °C sıcaklıkta yapılan önışlemsiz uygulamada askorbik asit parçalanmasına yönelik sonuçlar

Örnek alım aralıkları (saat)	Askorbik asit (mg/100 g domates)	% KM	Askorbik asit (mg/100 g KM)	k
0	18.715	5.27	355.123	-
2	24.340	9.40	268.930	$2.14 \times 10^{-3}$
4	36.620	17.70	206.890	$2.16 \times 10^{-3}$
6	43.070	36.60	117.680	$3.01 \times 10^{-3}$
8	34.050	58.70	58.010	$3.73 \times 10^{-3}$
10	17.630	77.00	22.890	$4.53 \times 10^{-3}$
12	17.320	89.40	8.190	$5.68 \times 10^{-3}$
			<b>k<sub>ort</sub></b>	<b><math>3.541 \times 10^{-3}</math></b>

**Çizelge 4.56.** Sıcak havalı kurutmada 85 °C sıcaklıkta yapılan önışlemsiz uygulamada askorbik asit parçalanmasına yönelik sonuçlar

Örnek alım aralıkları (saat)	Askorbik asit (mg/100 g domates)	% KM	Askorbik asit (mg/100 g KM)	k
0	18.715	5.27	355.123	-
2	22.010	8.50	258.940	$2.5 \times 10^{-3}$
4	29.600	13.90	186.950	$2.6 \times 10^{-3}$
6	34.340	38.40	89.420	$3.8 \times 10^{-3}$
8	26.330	79.10	33.290	$4.9 \times 10^{-3}$
10	3.800	88.90	4.270	$7.3 \times 10^{-3}$
			<b>k<sub>ort</sub></b>	<b><math>4.220 \times 10^{-3}</math></b>

**Çizelge 4.57.** Vakumlu kurutucuda 65 °C sıcaklıkta yapılan önışlemsiz uygulamada askorbik asit parçalanmasına yönelik sonuçlar

	Örnek alım aralıkları (saat)	Askorbik asit (mg/100 g domates)	% KM	Askorbik asit (mg/100 g KM)	k
1.Gün	0	18.715	5.27	355.123	-
	2	17.760	6.20	286.480	$1.61 \times 10^{-3}$
	4	14.850	7.00	212.130	$2.06 \times 10^{-3}$
	6	10.540	7.70	136.860	$2.59 \times 10^{-3}$
	8	12.850	10.00	128.510	$2.07 \times 10^{-3}$
	10	14.440	12.50	115.560	$1.84 \times 10^{-3}$
2.Gün	26	24.950	22.80	109.450	$7.41 \times 10^{-4}$
	28	23.940	25.90	92.420	$7.88 \times 10^{-4}$
	30	19.590	27.30	71.760	$8.76 \times 10^{-4}$
	32	18.830	31.80	59.220	$9.49 \times 10^{-4}$
	34	14.510	34.00	42.860	$10.3 \times 10^{-4}$
3.Gün	50	15.840	87.00	18.210	$9.83 \times 10^{-4}$
	52	6.800	90.00	7.560	$12.3 \times 10^{-4}$
				<b>k<sub>ort</sub></b>	<b><math>1.397 \times 10^{-3}</math></b>

**Çizelge 4.58.** Vakumlu kurutucuda 75°C sıcaklıkta yapılan önışlemsiz uygulamada askorbik asit parçalanmasına yönelik sonuçlar

	Örnek alım aralıkları (saat)	Askorbik asit (mg/100 g domates)	% KM	Askorbik asit (mg/100 g KM)	k
1.Gün	0	18.715	5.27	355.123	-
	2	22.670	8.180	277.140	$1.89 \times 10^{-3}$
	4	44.350	27.690	160.400	$3.22 \times 10^{-3}$
	6	54.780	42.060	130.240	$2.73 \times 10^{-3}$
	8	51.030	55.870	91.330	$2.78 \times 10^{-3}$
2.Gün	24	34.570	90.470	38.210	$1.53 \times 10^{-3}$
	26	22.730	91.860	24.740	$1.69 \times 10^{-3}$
	28	16.140	93.250	17.310	$1.79 \times 10^{-3}$
	30	9.200	93.420	9.840	$1.98 \times 10^{-3}$
				<b>k<sub>ort</sub></b>	<b><math>2.201 \times 10^{-3}</math></b>



**Çizelge 4.59.** Dondurarak kurutmada yapılan önışlemsiz uygulamada askorbik asit parçalanmasına yönelik sonuçlar

Örnek alım aralıkları (saat)	Askorbik asit (mg/100 g domates)	% KM	Askorbik asit (mg/100 g KM)	k
0	18.715	5.27	355.123	-
2	26.450	8.50	311.180	$1.84 \times 10^{-3}$
4	41.210	13.80	298.620	$0.63 \times 10^{-3}$
6	63.800	26.72	238.800	$1.04 \times 10^{-3}$
8	90.370	42.11	214.610	$1.15 \times 10^{-3}$
10	100.740	51.83	194.360	$0.96 \times 10^{-3}$
12	110.100	60.70	181.400	$0.90 \times 10^{-3}$
			<b>k<sub>ort</sub></b>	<b><math>1.086 \times 10^{-3}</math></b>

**Çizelge 4.60.** Güneşte yapılan önışlemsiz kurutma uygulamasında askorbik asit parçalanmasına yönelik sonuçlar

	Örnek alım aralıkları (saat)	Askorbik asit (mg/100 g domates)	% KM	Askorbik asit (mg/100 g KM)	k
1.Gün	0	18.715	5.27	355.123	-
	2	18.560	7.20	257.710	$2.49 \times 10^{-3}$
	4	20.650	8.90	232.020	$1.68 \times 10^{-3}$
	6	17.920	10.20	175.690	$1.89 \times 10^{-3}$
	8	17.600	12.90	136.450	$1.95 \times 10^{-3}$
	10	17.730	14.90	118.960	$1.79 \times 10^{-3}$
2.Gün	24	11.440	18.30	62.510	$1.19 \times 10^{-3}$
	26	13.740	23.20	59.230	$1.13 \times 10^{-3}$
	28	17.090	30.40	56.220	$1.08 \times 10^{-3}$
	30	21.270	38.40	55.390	$1.02 \times 10^{-3}$
	32	21.060	48.10	43.790	$1.08 \times 10^{-3}$
3.Gün	48	29.990	75.70	39.630	$7.54 \times 10^{-4}$
	50	24.020	81.90	29.330	$8.24 \times 10^{-4}$
	52	21.120	85.80	24.610	$8.49 \times 10^{-4}$
	54	12.990	88.40	14.690	$9.76 \times 10^{-4}$
				<b>k<sub>ort</sub></b>	<b><math>1.336 \times 10^{-3}</math></b>

Çizelgelerde k katsayısı askorbik asit yıkım değerini ifade etmektedir. 2 saatte bir örnek alımına dayalı yapılan hesaplamalar sonucunda Çizelgelerden de anlaşılacağı gibi k değeri ortalaması en düşük dondurarak kurutma yönteminde hesaplanmıştır. Askorbik asit kayıpları aşağıda gösterildiği gibi sıralanabilir;

$$k_{DK} < k_G < k_{VK65^\circ C} < k_{VK75^\circ C} < k_{SH65^\circ C} < k_{SH75^\circ C} < k_{SH85^\circ C}$$

Yukarıdaki sıralamada görüldüğü gibi, sıcak havalı ve dondurarak kurutma karşılaştırıldığında kurutma sırasında en az askorbik asit kaybı dondurarak kurutma işleminde gerçekleşmiştir. En fazla kayıp ise sıcak havalı kurutma yönteminde 85 °C' de yapılan

kurutmada görülmektedir. Bu sonuçtan da anlaşılmaktadır ki kurutma sıcaklığı yükseldikçe ürünün askorbik asit kaybı artmaktadır. Elde edilen sonuçlara paralel olarak Marfil ve ark. (2008), sıcaklık derecelerinin yükselmesiyle birlikte askorbik asit kayıp oranlarının da arttığını belirtmektedirler.

#### 4.2.12. Kurutulmuş domateslerde likopen değerlerine ilişkin sonuçlar

Kurutma uygulamaları sonucunda likopen değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.61’ de görülmektedir. Kurutma uygulamaları sonucunda likopen değerlerinin incelenmesi amacıyla yapılan istatistik analizler sonucunda kurutma yöntemlerinin, işlemlerin ve kurutma yöntemi\*işlem interaksiyonunun likopen değerleri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ).

**Çizelge 4.61.** Kurutma uygulamaları sonucunda likopen değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P Değeri
Tekerrür	1	0.01	0.010	0.05ns	
Kurutma Yöntemi	9	6158.68	684.2973	631.11**	.000
Uygulama	2	52.91	26.456	140.39**	.000
Kur. Yönt.*İşlem	18	558.56	31.031	164.66**	.000
Hata	29	5.47	0.188		

ns : önemsiz

\*\* :  $P<0.01$  düzeyinde önemli

Kurutma yöntemlerine göre likopen miktarı ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.62’ de, kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde likopen değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları Çizelge 4.63’ te, tüm uygulamalar sonucu (yöntem\*işlem int.) domateslerin likopen değerlerine yönelik LSD testi sonuçları ise Çizelge 4.64’ te görülmektedir.

**Çizelge 4.62.** Kurutma yöntemlerine göre likopen miktarı ortalama değerlerine ait LSD testi sonuçları

Kurutma Yöntemi	Likopen (mg/100 g domates)	
	Ortalamalar	LSD Grupları
SH 65 °C-1.5 m/s	38.15	<i>d</i>
SH 65 °C-2.5 m/s	33.64	<i>f</i>
SH 75 °C-1.5 m/s	21.02	<i>j</i>
SH 75 °C-2.5 m/s	22.53	<i>ı</i>
SH 85 °C-1.5 m/s	24.17	<i>h</i>
SH 85 °C-2.5 m/s	30.13	<i>g</i>
Vakum 65 °C	42.51	<i>c</i>
Vakum 75 °C	37.49	<i>e</i>
Dondurarak	54.24	<i>a</i>
Güneş	44.50	<i>b</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	0.5119889

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

**Çizelge 4.63.** Kurutma uygulamalarında yapılan işlemlerde likopen değerleri ortalamalarına ait LSD testi sonuçları

İşlemler	Likopen (mg/100 g domates)	
	Ortalamalar	LSD Grupları
Önişlemsiz	33.53	<i>c</i>
EPSA	35.67	<i>a</i>
EPSM	35.32	<i>b</i>
	LSD <sub>0.05</sub>	0.2804279

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

Genel olarak, gıdaların işlenmesi sırasında besin kalitesinde bir azalma meydana geldiği düşünülmektedir. Ancak işleme sırasında likopenin biyoyararlılığı ve besin kalitesi artmaktadır. Bunun sebebi, hafif ısı işlem etkisi veya domatesin hücre yapısının enzimatik olarak parçalanmasıdır. Likopenin biyoyararlılığı, yağ dahil besin yoluyla alınan bileşenler, diğer karotenoidler, vitaminler ve minerallerden de etkilenmektedir. Gıdaların fiziksel olarak küçülmesine neden olan, doğrama ve püre haline getirme gibi işlemler de likopenin biyoyararlılığını arttırmaktadırlar (Sekin ve ark. 2005).

**Çizelge 4.64.** Kurutulmuş domateslerde likopen değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları

Uygulama			Likopen miktarı (mg/100 g)
Taze Domates			7.41
Sıcak Havalı Kurutma			
Sıcaklık (°C)	Hava Hızı (m/s)	Uygulama	
65	1.5	Önişlemsiz	39.76 <sup>g</sup>
		EPSA	38.04 <sup>h</sup>
		EPSM	36.65 <sup>j</sup>
	2.5	Önişlemsiz	29.35 <sup>n</sup>
		EPSA	33.23 <sup>l</sup>
		EPSM	38.34 <sup>h</sup>
75	1.5	Önişlemsiz	21.93 <sup>r</sup>
		EPSA	20.27 <sup>t</sup>
		EPSM	20.85 <sup>st</sup>
	2.5	Önişlemsiz	23.96 <sup>p</sup>
		EPSA	22.07 <sup>r</sup>
		EPSM	21.57 <sup>rs</sup>
85	1.5	Önişlemsiz	24.78 <sup>p</sup>
		EPSA	26.02 <sup>o</sup>
		EPSM	21.71 <sup>rs</sup>
	2.5	Önişlemsiz	23.04 <sup>q</sup>
		EPSA	35.31 <sup>k</sup>
		EPSM	32.06 <sup>m</sup>
Vakumlu Kurutma			
65	-	Önişlemsiz	35.74 <sup>k</sup>
		EPSA	47.29 <sup>d</sup>
		EPSM	44.52 <sup>f</sup>
75	-	Önişlemsiz	37.56 <sup>hi</sup>
		EPSA	37.13 <sup>uj</sup>
		EPSM	37.79 <sup>hi</sup>
Dondurarak Kurutma	-	Önişlemsiz	59.84 <sup>a</sup>
		EPSA	51.76 <sup>b</sup>
		EPSM	51.12 <sup>b</sup>
Güneşte Kurutma	-	Önişlemsiz	39.31 <sup>g</sup>
		EPSA	45.61 <sup>e</sup>
		EPSM	48.58 <sup>c</sup>
		LSD <sub>0,05</sub>	0.8867908

Farklı harfler ortalamaların istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir (P<0.05)

Tüm yöntemlerde, kurutma ile beraber likopen değerlerinin yükseldiği görülmektedir. Wilcox ve ark. (2003), domatesin çeşitli şekillerde işlenmesinin, içeriğinde zengin olarak bulunan likopen, beta-karoten, potasyum, askorbik asit ve E vitamini gibi besinlerin

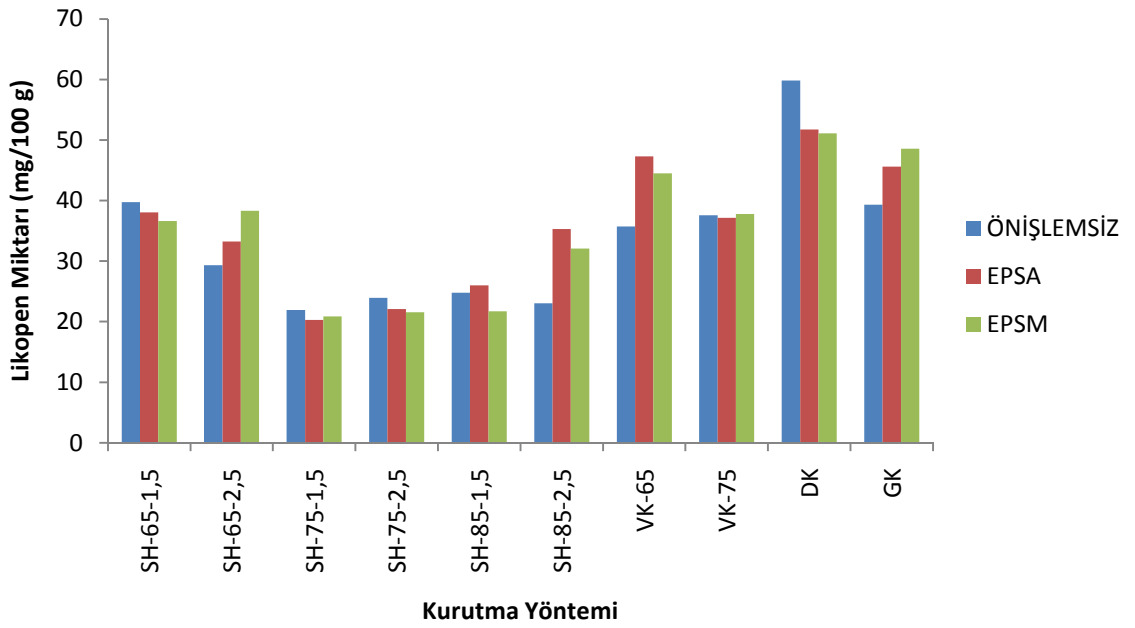
biyoyararlılığına önemli şekilde etki ettiğini belirtmektedirler. Homojenizasyon, ısı uygulama işlemleri, işlenmiş domates ürünlerinin yağ ile karıştırılması gibi işlemler likopenin biyoyararlılığının artmasına neden olmaktadır. Roldan-Gutierrez ve Luque de Castro (2007)' nun da belirttiğine göre taze haldeki domatesteki 0.88-4.20 mg/100 g likopen bulunurken, güneşte kurutulmuş yağ içerisindeki domatesteki 46.50 mg/100 g likopen ve sprey kurutucuda kurutulmuş toz domatesteki ise 112.63-126.49 mg/100 g likopen bulunmaktadır.

Araştırma sonuçlarının ortalama değerleri kurutulmuş domateslerde en yüksek likopen içeriğinin dondurarak kurutma yönteminde bulunduğunu, en düşük sonucun ise 75 °C sıcaklıkta sıcak hava uygulamalarında olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.62). Chang ve ark. (2006), bu araştırmada elde edilen sonuçlardan farklı olarak sıcak havada ve dondurarak kurutulmuş örneklerde likopen içeriğinin dondurarak kurutma yönteminde daha düşük olduğunu açıklamakta ve likopen kaybındaki bu azalmanın açıklanamadığını ve daha ileri araştırmalar yapılması gerektiğini bildirmektedirler. Bu araştırmada, bu konuda gözlemlenen bir sonuç; dondurarak kurutulmuş örneklerde renk açılması meydana geldiği, fakat kurutulmuş bu açık renkli örnekler öğütülüp suda çözündürüldüğünde rengin taze domates pulpuna benzer renk verdiği. Ortalama değerler sırasıyla 65 °C' de vakumlu kurutma, 65 °C' de yapılan sıcak havalı kurutma uygulaması, 75 °C 'de vakumlu kurutma, 85 °C' de yapılan sıcak havalı kurutma ve 75 °C' de yapılan sıcak havalı kurutma uygulamalarının daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir. Burada düşük sıcaklıklarda ve oksijensiz ortamda likopen değerinin daha iyi korunduğu görülürken, 75 °C' de yapılan sıcak havalı kurutma uygulamasının 85 °C 'de yapılan sıcak havalı kurutma uygulamasından daha düşük sonuçlar vermesi kuruma süresindeki farklılığa bağlanabilir. Bilindiği gibi karotenoidler oksijen varlığında daha hızlı yıkıma uğrayabilen renk bileşenleridir. Bu nedenle sıcak havalı kurutucuda kuruma süresinin uzamasının, sıcaklıkla birlikte likopen oksidasyonunu hızlandırmış olabileceği söylenebilir. Bu nedenle aynı sıcaklık derecesinde olmasına ve kuruma süresi daha uzun olmasına rağmen, vakumlu kurutma yönteminde rengin daha iyi korunmasının, kurutma işleminin oksijensiz koşullarda gerçekleşmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Bu sonuç ayrıca Muratore ve ark. (2008) tarafından yapılan çalışma ile de paralellik göstermektedir. Araştırmacılar kısmi kurutma uyguladıkları domateslerde, karotenoidlerin kaybının, sıcaklığın ya da önışlemlerin kurutma süresiyle arasındaki ilişkiyi kanıtlamadığını belirtmişlerdir. Likopen ve askorbik asit gibi bileşiklerin kayıplarıyla sıcaklığın veya önışlem uygulanıp uygulanmamasının arasındaki ilişki açık değildir.

Çizelge 4.64' te de görüldüğü gibi, kurutma işlemleri sonucunda en yüksek likopen değeri dondurarak önışlemsiz kurutulan domateslerde elde edilmiştir. Bunu, yine dondurarak

kurutulmuş diğer iki önışlemlı örnek izlemektedir ki bu iki örnek istatistiksel olarak da aynı grupta yer almaktadır. Güneşte EPSM uygulamasıyla kurutulmuş domateslerin likopen değerleri de dondurarak önışlemlı kurutulmuş örneklerinkine yakındır. Bu sonucun, güneşte kurutulan örneklerin ısıl işleme maruz kalmamış olmalarından ileri geldiği düşünölmektedir. EPSM uygulamaları ile ilgili bulgular, Davoodi ve ark (2007)'ın bulguları ile uygunluk göstermektedir. Araştırmacılar potasyum metabisülfıt uygulanmış örneklerde likopen değerlerini kontrol örneklerinden yüksek bulmuşlardır.

Domateslerdeki likopen miktarları Şekil 4.45' te grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.45. Farklı koşullarda kurutulan domateslerin likopen miktarları

#### 4.2.13. Domatesin sıcak hava ile kurutulmasının modellenmesine ilişkin sonuçlar

Hesaplanan ayrılabilir nem oranı (ANO) değerleri kullanılarak her bir deneme için Çizelge 3.1' de verilmiş olan modellerin katsayıları, RMSE, EF ve  $\chi^2$  değerleri belirlenmiştir. Bu değerler, Newton modeli için Çizelge 4.65' te, Page modeli için Çizelge 4.66' da, Geliştirilmiş Page modeli için Çizelge 4.67' de, Henderson ve Pabis modeli için Çizelge 4.68' de, Logaritmik modeli için Çizelge 4.69' da, Two Term modeli için Çizelge 4.70' te, Wang ve Singh modeli için Çizelge 4.71' de, Geliştirilmiş Henderson ve Pabis modeli için Çizelge 4.72' de, Midilli ve ark. modeli için Çizelge 4.73' te, Verma ve ark. modeli için de Çizelge 4.74' te verilmiştir.

**Çizelge 4.65.** Farklı kurutma koşullarında Newton modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler

Newton $MR = \exp(-kt)$						
	T (°C)	V (m/s)	k	RMSE	EF	$\chi^2$
ÖNİŞLEMSİZ	65	1.5	0.33326	0.177838	0.970586	0.002636
		2.5	0.28796	0.073540	0.995072	0.000492
	75	1.5	0.34720	0.119641	0.988191	0.001301
		2.5	0.37672	0.089366	0.992006	0.000799
	85	1.5	0.30472	0.232724	0.950493	0.006018
		2.5	0.57904	0.037093	0.998401	0.000197
EPSA	65	1.5	0.33677	0.130626	0.984205	0.001422
		2.5	0.31981	0.125460	0.986147	0.001312
	75	1.5	0.45725	0.113298	0.986757	0.001605
		2.5	0.44956	0.099193	0.988816	0.001093
	85	1.5	0.47722	0.072880	0.994423	0.000664
		2.5	0.57306	0.053110	0.996417	0.000470
EPSM	65	1.5	0.27758	0.133462	0.987198	0.001370
		2.5	0.35354	0.102072	0.990685	0.000868
	75	1.5	0.40676	0.089118	0.990943	0.000993
		2.5	0.44420	0.072614	0.994262	0.000659
	85	1.5	0.57974	0.082241	0.991784	0.001127
		2.5	0.60324	0.044248	0.997634	0.000280

**Çizelge 4.66.** Farklı kurutma koşullarında Page modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler

Page $MR = \exp(-kt^n)$							
	T (°C)	V (m/s)	k	n	RMSE	EF	$\chi^2$
ÖNİŞLEMSİZ	65	1.5	0.39110	0.88690	0.166498	0.974218	0.002520
		2.5	0.26125	1.06656	0.064797	0.996174	0.000420
	75	1.5	0.25893	1.23016	0.061623	0.996867	0.000380
		2.5	0.39322	0.96535	0.087665	0.992307	0.000854
	85	1.5	0.19326	1.32286	0.188832	0.967406	0.004457
		2.5	0.54294	1.07983	0.023874	0.999337	0.000095
EPSA	65	1.5	0.38566	0.90232	0.118835	0.986928	0.001284
		2.5	0.32715	0.98409	0.125168	0.986211	0.001424
	75	1.5	0.38179	1.17306	0.090278	0.991592	0.001164
		2.5	0.52646	0.85464	0.071384	0.994208	0.000637
	85	1.5	0.40702	1.16337	0.037291	0.998540	0.000199
		2.5	0.51661	1.13481	0.028213	0.998989	0.000159
EPSM	65	1.5	0.19000	1.25619	0.042682	0.998691	0.000152
		2.5	0.36929	0.96716	0.100638	0.990945	0.000921
	75	1.5	0.40606	1.00152	0.089115	0.990943	0.001135
		2.5	0.40114	1.09836	0.060643	0.995998	0.000525
	85	1.5	0.49744	1.19395	0.049810	0.996986	0.000496
		2.5	0.62196	0.96161	0.041890	0.997880	0.000292

**Çizelge 4.67.** Farklı kurutma koşullarında Geliştirilmiş Page modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler

Geliştirilmiş Page $MR = \exp[-(kt)^n]$							
	T (°C)	V (m/s)	k	n	RMSE	EF	$\chi^2$
ÖNİŞLEMSİZ	65	1.5	0.34697	0.88690	0.166498	0.974217	0.002520
		2.5	0.28408	1.06656	0.064797	0.996174	0.000420
	75	1.5	0.33340	1.23016	0.061623	0.996867	0.000380
		2.5	0.38026	0.96535	0.087665	0.992307	0.000854
	85	1.5	0.28865	1.32286	0.188832	0.967406	0.004457
		2.5	0.56802	1.07983	0.023874	0.999337	0.000095
EPSA	65	1.5	0.34786	0.90232	0.118835	0.986928	0.001284
		2.5	0.32129	0.98409	0.125168	0.986211	0.001424
	75	1.5	0.44007	1.17306	0.090278	0.991592	0.001164
		2.5	0.47203	0.85464	0.071384	0.994208	0.000637
	85	1.5	0.46178	1.16337	0.037291	0.998540	0.000199
		2.5	0.55878	1.13481	0.028213	0.998989	0.000159
EPSM	65	1.5	0.26660	1.25619	0.042682	0.998691	0.000152
		2.5	0.35700	0.96716	0.100638	0.990945	0.000921
	75	1.5	0.40661	1.00152	0.089115	0.990943	0.001135
		2.5	0.43533	1.09836	0.060643	0.995998	0.000525
	85	1.5	0.55719	1.19395	0.049810	0.996986	0.000496
		2.5	0.61028	0.96161	0.041890	0.997880	0.000292

**Çizelge 4.68.** Farklı kurutma koşullarında Henderson ve Pabis modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler

Henderson ve Pabis $MR = a \exp(-kt)$							
	T (°C)	V (m/s)	k	a	RMSE	EF	$\chi^2$
ÖNİŞLEMSİZ	65	1.5	0.31689	0.94938	0.167583	0.973880	0.002553
		2.5	0.28944	1.00533	0.073254	0.995110	0.000537
	75	1.5	0.35827	1.03582	0.112078	0.989637	0.001256
		2.5	0.37223	0.98761	0.088253	0.992204	0.000865
	85	1.5	0.31265	1.02871	0.230116	0.951596	0.006619
		2.5	0.58237	1.00661	0.036427	0.998458	0.000221
EPSA	65	1.5	0.32387	0.96079	0.122336	0.986146	0.001361
		2.5	0.31310	0.97786	0.122667	0.986757	0.001368
	75	1.5	0.46333	1.01530	0.112030	0.987052	0.001793
		2.5	0.43508	0.96748	0.092672	0.990238	0.001074
	85	1.5	0.48478	1.01806	0.070154	0.994832	0.000703
		2.5	0.58019	1.01419	0.050943	0.996703	0.000519
EPSM	65	1.5	0.28990	1.04903	0.118937	0.989833	0.001179
		2.5	0.34641	0.97876	0.099067	0.991225	0.000892
	75	1.5	0.40490	0.99520	0.088956	0.990975	0.001131
		2.5	0.44852	1.01066	0.071657	0.994413	0.000734
	85	1.5	0.58825	1.01741	0.080136	0.992199	0.001284
		2.5	0.59957	0.99325	0.043679	0.997695	0.000318



**Çizelge 4.69.** Farklı kurutma koşullarında Logaritmik modelde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler

Logaritmik $MR = a \exp(-kt) + c$								
	T (°C)	V (m/s)	k	a	c	RMSE	EF	$\chi^2$
ÖNİŞLEMSİZ	65	1.5	0.28220	0.97296	-0.03757	0.159985	0.976195	0.002560
		2.5	0.24463	1.05195	-0.06555	0.033887	0.998954	0.000128
	75	1.5	0.31198	1.07268	-0.05218	0.084784	0.994070	0.000799
		2.5	0.34696	1.00320	-0.02365	0.083220	0.993068	0.000866
	85	1.5	0.17855	1.28816	-0.30483	0.150335	0.979341	0.003229
		2.5	0.54005	1.02728	-0.02667	0.015062	0.999736	0.000045
EPSA	65	1.5	0.29601	0.97824	-0.02867	0.115780	0.987591	0.001341
		2.5	0.27093	1.01049	-0.05000	0.103951	0.990489	0.001081
	75	1.5	0.38479	1.07134	-0.07250	0.078328	0.993670	0.001023
		2.5	0.44514	0.96302	0.00697	0.092214	0.990334	0.001215
	85	1.5	0.43340	1.04982	-0.04173	0.047889	0.997592	0.000382
		2.5	0.53668	1.03823	-0.02963	0.041774	0.997783	0.000436
EPSM	65	1.5	0.24790	1.09027	-0.06042	0.083442	0.994996	0.000633
		2.5	0.31921	0.99527	-0.02648	0.090295	0.992710	0.000815
	75	1.5	0.35756	1.02966	-0.04662	0.078103	0.993043	0.078103
		2.5	0.40788	1.03696	-0.03517	0.059992	0.996084	0.000600
	85	1.5	0.49258	1.07618	-0.07115	0.044477	0.997597	0.000495
		2.5	0.58019	1.00137	-0.01083	0.041404	0.997929	0.000343

**Çizelge 4.70.** Farklı kurutma koşullarında Two Term modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler

Two Term $MR = a \exp(-k_0t) + b \exp(-k_1t)$									
	T (°C)	V (m/s)	a	$k_0$	b	$k_1$	RMSE	EF	$\chi^2$
ÖNİŞLEMSİZ	65	1.5	0.47469	0.31689	0.47469	0.31689	0.167583	0.973880	0.003120
		2.5	0.50267	0.28944	0.50267	0.28944	0.073254	0.995110	0.000671
	75	1.5	0.51791	0.35827	0.51791	0.35827	0.112078	0.989637	0.001570
		2.5	0.49380	0.37223	0.49380	0.37223	0.088253	0.992204	0.001113
	85	1.5	0.51436	0.31265	0.51436	0.31265	0.230116	0.951596	0.008826
		2.5	0.50331	0.58237	0.50331	0.58240	0.036427	0.998458	0.000332
EPSA	65	1.5	0.48039	0.32387	0.48039	0.32387	0.122336	0.986146	0.001663
		2.5	0.48893	0.31310	0.48893	0.31310	0.122667	0.986757	0.001672
	75	1.5	0.50765	0.46333	0.50765	0.46333	0.112030	0.987052	0.002510
		2.5	0.48374	0.43508	0.48374	0.43508	0.092672	0.990238	0.001431
	85	1.5	0.50903	0.48478	0.50903	0.48478	0.070154	0.994832	0.000984
		2.5	0.50709	0.58019	0.50709	0.58019	0.050943	0.996703	0.000865
EPSM	65	1.5	0.52452	0.28990	0.52452	0.28990	0.118937	0.989833	0.001415
		2.5	0.48938	0.34641	0.48938	0.34641	0.099067	0.991225	0.001090
	75	1.5	0.49760	0.40490	0.49760	0.40490	0.088956	0.990975	0.001583
		2.5	0.50533	0.44852	0.50533	0.44852	0.071657	0.994413	0.001027
	85	1.5	0.50870	0.58825	0.50870	0.58825	0.080136	0.992199	0.002141
		2.5	0.49663	0.59957	0.49663	0.59957	0.043679	0.997695	0.000477

**Çizelge 4.71.** Farklı kurutma koşullarında Wang ve Singh modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler

Wang ve Singh $MR = 1 + at + bt^2$							
	T (°C)	V (m/s)	a	b	RMSE	EF	$\chi^2$
ÖNİŞLEMSİZ	65	1.5	-0.21678	0.01158	0.266982	0.933707	0.006480
		2.5	-0.20602	0.01088	0.117243	0.987473	0.001375
	75	1.5	-0.23574	0.01365	0.118623	0.988391	0.001407
		2.5	-0.25155	0.01578	0.197279	0.961043	0.004324
	85	1.5	-0.21562	0.01140	0.139802	0.982135	0.002443
		2.5	-0.37618	0.03451	0.137322	0.978079	0.003143
EPSA	65	1.5	-0.21739	0.01164	0.251430	0.941481	0.005747
		2.5	-0.21257	0.01116	0.201317	0.964330	0.003684
	75	1.5	-0.31117	0.02383	0.100614	0.989556	0.001446
		2.5	-0.28940	0.02080	0.239767	0.934655	0.007186
	85	1.5	-0.32229	0.02557	0.101804	0.989117	0.001481
		2.5	-0.40107	0.04062	0.099185	0.987502	0.001968
EPSM	65	1.5	-0.19279	0.00923	0.105560	0.991991	0.000929
		2.5	-0.22559	0.01239	0.224989	0.954742	0.004602
	75	1.5	-0.28515	0.02074	0.151555	0.973805	0.003281
		2.5	-0.30696	0.02365	0.127397	0.982339	0.002319
	85	1.5	-0.39837	0.03937	0.078938	0.992431	0.001246
		2.5	-0.38038	0.03522	0.180979	0.960421	0.005459

**Çizelge 4.72.** Farklı kurutma koşullarında geliştirilmiş Henderson ve Pabis modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler

Geliştirilmiş Henderson ve Pabis										
$MR = a \exp(-kt) + b \exp(-gt) + c \exp(-ht)$										
T (°C)	V (m/s)	a	K	b	g	c	h	RMSE	EF	$\chi^2$
65	1.5	0.31646	0.31689	0.31646	0.31689	0.31646	0.31689	0.167583	0.973880	0.004012
	2.5	0.33511	0.28944	0.33511	0.28944	0.33511	0.28944	0.073254	0.995110	0.000894
75	1.5	0.34527	0.35827	0.34527	0.35827	0.34527	0.35827	0.112078	0.989637	0.002094
	2.5	0.32920	0.37223	0.32920	0.37223	0.32920	0.37223	0.088253	0.992204	0.001558
85	1.5	0.34291	0.31265	0.34291	0.31265	0.34291	0.31265	0.230116	0.951596	0.013238
	2.5	0.33554	0.58237	0.33554	0.58237	0.33554	0.58237	0.036427	0.998458	0.000663
65	1.5	0.32026	0.32387	0.32026	0.32387	0.32026	0.32387	0.122336	0.986146	0.002138
	2.5	0.32596	0.31310	0.32596	0.31310	0.32596	0.31310	0.122667	0.986757	0.002150
75	1.5	0.33843	0.46333	0.33843	0.46333	0.33843	0.46333	0.112030	0.987052	0.004184
	2.5	0.32249	0.43508	0.32249	0.43508	0.32249	0.43508	0.092672	0.990238	0.002147
85	1.5	0.33935	0.48478	0.33935	0.48478	0.33935	0.48478	0.070154	0.994832	0.001641
	2.5	0.33806	0.58019	0.33806	0.58019	0.33806	0.58019	0.050943	0.996703	0.002595
65	1.5	0.34968	0.28990	0.34968	0.28990	0.34968	0.28990	0.118937	0.989833	0.001768
	2.5	0.32625	0.34641	0.32625	0.34641	0.32625	0.34641	0.099067	0.991225	0.001402
75	1.5	0.33173	0.40490	0.33173	0.40490	0.33173	0.40490	0.088956	0.990975	0.002638
	2.5	0.33689	0.44852	0.33689	0.44852	0.33689	0.44852	0.071657	0.994413	0.001712
85	1.5	0.33914	0.58825	0.33914	0.58825	0.33914	0.58825	0.080136	0.992199	0.006422
	2.5	0.33108	0.59957	0.33108	0.59957	0.33108	0.59957	0.043679	0.997695	0.000954

**Çizelge 4.73.** Farklı kurutma koşullarında Midilli ve ark. modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler

Midilli ve ark. $MR = a \exp(-kt^n) + bt$									
	T (°C)	V (m/s)	a	k	n	b	RMSE	EF	$\chi^2$
ÖNİŞLEMSİZ	65	1.5	0.99135	0.43018	0.67469	-0.01120	0.126377	0.985146	0.001775
		2.5	0.99620	0.27752	0.94234	-0.00651	0.029213	0.999222	0.000107
	75	1.5	0.99287	0.25593	1.22451	-0.00065	0.060209	0.997009	0.000453
		2.5	0.99982	0.41237	0.84254	-0.00669	0.066478	0.995576	0.000631
	85	1.5	0.97545	0.20193	1.08987	-0.01673	0.152728	0.978678	0.003888
		2.5	0.99914	0.54615	1.03541	-0.00259	0.015441	0.999723	0.000060
EPSA	65	1.5	0.99475	0.41775	0.72790	-0.00885	0.074301	0.994890	0.000613
		2.5	0.99007	0.35020	0.83303	-0.00748	0.090715	0.992757	0.000914
	75	1.5	0.99192	0.38571	1.09058	-0.00518	0.078786	0.993596	0.001241
		2.5	0.99838	0.54597	0.71395	-0.00864	0.043438	0.997855	0.000314
	85	1.5	0.99647	0.40665	1.14479	-0.00119	0.035447	0.998681	0.000251
		2.5	0.91365	0.22378	0.00003	-0.15451	0.292183	0.891542	0.028457
EPSM	65	1.5	0.99405	0.18774	1.25465	-0.00038	0.041455	0.998765	0.000172
		2.5	0.99079	0.38314	0.87257	-0.00442	0.080429	0.994216	0.000719
	75	1.5	1.00041	0.42247	0.82175	-0.01295	0.061475	0.995690	0.000756
		2.5	0.99697	0.40325	1.06479	-0.00198	0.058667	0.996255	0.000688
	85	1.5	0.92566	0.24713	0.00001	-0.15194	0.255605	0.920634	0.021778
		2.5	0.99915	0.62885	0.86959	-0.00571	0.024312	0.999286	0.000148

**Çizelge 4.74.** Farklı kurutma koşullarında Verma ve ark. modelinde yer alan katsayılar ve istatistiksel veriler

Verma ve ark. $MR = a \exp(-kt) + (1 - a)\exp(-gt)$									
	T (°C)	V (m/s)	a	k	g	RMSE	EF	$\chi^2$	
ÖNİŞLEMSİZ	65	1.5	-0.00141	-0.24283	0.32542	0.174042	0.971828	0.003029	
		2.5	-0.01640	-0.10488	0.26434	0.036241	0.998803	0.000146	
	75	1.5	-2.10948	0.18444	0.22468	0.079029	0.994847	0.000694	
		2.5	-0.00625	-0.13622	0.36226	0.084671	0.992824	0.000896	
	85	1.5	-0.84054	0.05788	0.15483	0.150137	0.979395	0.003220	
		2.5	-1.62140	0.36269	0.43055	0.011735	0.999840	0.000028	
EPSA	65	1.5	-0.58455	0.33677	0.33677	0.130626	0.984205	0.001706	
		2.5	-0.00914	-0.11846	0.30201	0.112433	0.988874	0.001264	
	75	1.5	-0.77426	0.19163	0.31012	0.074237	0.994314	0.000919	
		2.5	-2.18281	0.44956	0.44956	0.099193	0.988816	0.001406	
	85	1.5	-2.55280	0.27674	0.32084	0.040635	0.998266	0.000275	
		2.5	-2.50852	0.36575	0.41389	0.040028	0.997965	0.000401	
EPSM	65	1.5	-1.41974	0.13202	0.17834	0.081192	0.995262	0.000599	
		2.5	-0.01166	-0.04645	0.33849	0.096396	0.991692	0.000929	
	75	1.5	-0.01818	-0.10567	0.37368	0.078665	0.992943	0.001031	
		2.5	-1.79109	0.27036	0.32110	0.058542	0.996271	0.000571	
	85	1.5	-2.05877	0.29080	0.36211	0.041135	0.997945	0.000423	
		2.5	-1.97048	0.60325	0.60325	0.044248	0.997634	0.000392	

Her bir uygulama için elde edilen verilerin incelenmesi sonucunda, Midilli ve ark. modelinin 65 °C sıcaklıkta 1.5 m/s hava hızında yapılan EPSM uygulamasında, 75 °C sıcaklıkta 1.5 m/s hava hızında yapılan önişlemsiz uygulamada, 85 °C sıcaklıkta 1.5 m/s hava hızında yapılan EPSA uygulamasında, 65 °C sıcaklıkta 2.5 m/s hava hızında yapılan önişlemsiz uygulamada, 75 °C sıcaklıkta 2.5 m/s hava hızında yapılan EPSA uygulamasında en uygun model olduğu, Verma ve ark. modelinin de 85 °C sıcaklıkta 2.5 m/s hava hızında yapılan önişlemsiz uygulamada en uygun model olduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra Newton, Page, Geliştirilmiş Page, Henderson ve Pabis, Logaritmik, Two Term, Geliştirilmiş Henderson ve Pabis modellerinin 85 °C sıcaklıkta 2.5 m/s hava hızında önişlemsiz olarak kurutulan örnekler için en uygun modeller olduğu sırasıyla Çizelge 4.65, 4.66, 4.67, 4.68, 4.69, 4.70 ve 4.72' de, Wang ve Singh modelinin de 85 °C sıcaklıkta 1.5 m/s hava hızında EPSM uygulamasıyla kurutulan örnekler için en uygun model olduğu Çizelge 4.71' de görülmektedir.

Sıcak havalı kurutucuda önişlemsiz ve önişlem uygulanarak kurutulan domatesler için yapılan doğrusal olmayan analiz sonuçları Newton, Page, Geliştirilmiş Page, Henderson ve Pabis, Logarithmic, Two Term, Wang ve Singh, Geliştirilmiş Henderson ve Pabis, Midilli ve ark., Verma ve ark. modelleri için Çizelge 4.75' te verilmiştir. Bu analizler her bir uygulama için sıcaklığın ve hava hızının birlikte dikkate alınmasıyla yapılmıştır.

**Çizelge 4.75.** Sıcaklık ve hava hızının birlikte dikkate alınmasıyla saptanan tahmini model parametreleri ve karşılaştırma kriterleri

Model	Uygulamalar		
	ÖNİŞLEMSİZ	EPSA	EPSM
<b>Newton</b>			
k	0.353966	0.422676	0.416525
RMSE	0.551586	0.459156	0.571298
EF	0.952472	0.963805	0.945529
$\chi^2$	0.004681	0.003514	0.005532
<b>Page</b>			
k	0.345465	0.445957	0.417935
n	1.019001	0.951333	0.996906
RMSE	0.551125	0.455973	0.571288
EF	0.952552	0.964305	0.945531
$\chi^2$	0.004746	0.003524	0.005627
<b>Geliştirilmiş Page</b>			
k	0.352380	0.427910	0.416805
n	1.019001	0.951333	0.996906
RMSE	0.551125	0.455973	0.571288
EF	0.952552	0.964305	0.945531
$\chi^2$	0.004746	0.003524	0.005627
<b>Henderson ve Pabis</b>			
a	0.993968	0.987174	0.996374
k	0.351927	0.417416	0.415069
RMSE	0.551322	0.457843	0.571213
EF	0.952518	0.964011	0.945545
$\chi^2$	0.004749	0.003553	0.005626
<b>Logaritmik</b>			
a	1.018632	0.990104	0.999220
k	0.319004	0.412108	0.410322
c	-0.035398	-0.004280	-0.004009
RMSE	0.541035	0.457608	0.571045
EF	0.954273	0.964048	0.945577
$\chi^2$	0.004646	0.003610	0.005721
<b>Two Term</b>			
a	0.496984	0.493587	0.498187
$k_0$	0.351927	0.417416	0.415069
b	0.496984	0.493587	0.498187
$k_1$	0.351927	0.417416	0.415069
RMSE	0.551322	0.457843	0.571213
EF	0.952518	0.964011	0.945545
$\chi^2$	0.004903	0.003678	0.005827

**Çizelge 4.75. (devam)**

<b>Wang ve Singh</b>			
a	-0.235648	-0.254599	-0.248897
b	0.013685	0.015422	0.014528
RMSE	0.669356	0.767261	0.843154
EF	0.930010	0.898931	0.881354
$\chi^2$	0.007001	0.009978	0.012257
<b>Geliştirilmiş Henderson ve Pabis</b>			
a	0.331323	0.329058	0.332125
k	0.351927	0.417416	0.415069
b	0.331323	0.329058	0.332125
g	0.351927	0.417416	0.415069
c	0.331323	0.329058	0.332125
h	0.351927	0.417416	0.415069
RMSE	0.551322	0.457843	0.571213
EF	0.952518	0.964011	0.945545
$\chi^2$	0.005066	0.003811	0.006042
<b>Midilli ve ark.</b>			
a	0.993098	0.996799	0.996619
k	0.353554	0.449848	0.416150
n	0.942754	0.914158	0.992918
b	-0.004199	-0.002042	-0.000378
RMSE	0.539904	0.452439	0.571097
EF	0.954464	0.964856	0.945568
$\chi^2$	0.004702	0.003591	0.005824
<b>Verma ve ark.</b>			
a	-0.036877	-0.821184	-0.725392
k	0.016292	0.422678	0.331703
g	0.326150	0.422677	0.377691
RMSE	0.542947	0.459156	0.571104
EF	0.953949	0.963805	0.945566
$\chi^2$	0.004679	0.003635	0.005722

Sıcaklık ve hava hızlarının bir arada dikkate alınarak, tüm uygulamalar için yapılan doğrusal olmayan analiz sonuçlarına göre, modeller için hesaplanmış olan karşılaştırma kriterlerinden, hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE) ve model etkinliği (EF) değerleri incelendiğinde önişlemsiz domates örneklerinin ve sitrik+askorbik asit uygulanmış domates örneklerinin (EPSA) kurumasını en iyi tanımlayan modelin Midilli ve ark. modeli olduğu, sodyum metabisülfite uygulanmış domateslerin (EPSM) kurumasını en iyi tanımlayan modelin ise Logaritmik model olduğu anlaşılmaktadır. Matematiksel modeller için EF değerinin 0.90'ın üzerinde olması uyumun iyi olduğunu göstermektedir (Goyal ve ark. 2007). RMSE değeri de uyumun derecesini belirlemek için kullanılan önemli istatistiksel parametrelerden birisidir ve bu değer küçüldükçe modelin uyum derecesi yükselmektedir (Doymaz 2004c). Yapılan

önişlemsiz uygulamalardan elde edilen sonuçlara bakıldığında EF değerinin 0.930010 ile 0.954464 arasında değiştiği görülmektedir. EPSA denemelerinden elde edilen sonuçlara göre EF değeri 0.898931 ile 0.964856 arasında değişmiştir. EPSM denemelerinden elde edilen sonuçlara göre de EF değeri 0.881354 ile 0.945577 arasındadır. Tüm sonuçlara bu şekilde bakıldığında, Wang ve Singh modeli hariç diğer tüm modellerdeki EF değeri 0.94' ün üzerindedir. Yani önişlemsiz ve EPSA uygulamaları için en uygun bulunan Midilli ve ark. ile EPSM uygulamaları için en uygun bulunan Logaritmik modellerinin EF değerleri, yapılacak tahminlerin gerçek değerlere yakın olacağını göstermektedir. RMSE değerlerine bakıldığında ise, önişlemsiz uygulamalardan elde edilen sonuçlarda bu değer 0.539904 ile 0.669356 arasında, EPSA uygulamalarından elde edilen sonuçlarda 0.452439 ile 0.767261 arasında ve EPSM uygulamalarından elde edilen sonuçlarda 0.571045 ile 0.843154 arasında olduğu görülmektedir. RMSE değerlerine göre de, Wang ve Singh modelindeki değerlerin diğer modeldekilere göre biraz daha yüksek çıkması, bu modelin uyum derecesinin biraz daha düşük olduğunu göstermektedir. Sacilik ve ark. (2006) da benzer olarak organik domates için Wang ve Singh modelinin uyumunu diğer modellerinkine göre daha düşük bulmuşlardır.

Midilli ve ark. ile Logaritmik modellerinin, birçok gıdanın kuruma davranışını en iyi tanımlayan modeller olduğu pek çok araştırmacı tarafından belirlenmiştir. Öyle ki, patlıcan (Ertekin ve Yıldız 2004), havuç (Singh ve Gupta 2007), mantar (Toğrul ve ark. 2005), zeytin kabuğu (Celma ve ark. 2008), dikenli incir (Lahsasni ve ark. 2004), nane yaprakları (Özbek ve Dadalı 2007) için Midilli ve ark. modeli en uygun model olarak bulunurken, erik (Goyal ve ark. 2007), organik elma (Sacilik ve Elicin 2006), kayısı (Doymaz 2004a), beyaz dut (Doymaz 2004c), kuşburnu (Erentürk ve ark. 2004) için de Logaritmik model kuruma davranışlarını tanımlayan en uygun model olarak bulunmuştur.

Günhan (2005), kükürtleyerek kuruttuğu domatesler için Midilli ve ark. modelini, tuzlayarak kuruttuğu domatesler için de Logaritmik modeli en uygun model olarak saptamıştır. Al-Harashsheh ve ark. (2009) ile Al-Muhtaseb ve ark. (2010), domates püresinin kurutulması için yaptıkları çalışmalarda, kuruma davranışını en iyi tanımlayanın Midilli ve ark. modeli olduğunu bildirmişlerdir. Öte yandan, Page modeli ise Doymaz (2006) ile Mogavharnejad ve Nikzad (2007) tarafından domatesin kurutulmasında en uygun model olarak saptanırken, difüzyon yaklaşım modeli ise Sacilik ve ark. (2006) tarafından en uygun model olarak saptanmıştır.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Domateste farklı kurutma yöntemlerinin ve önışlemlerin kuru ürün kalitesi üzerine etkilerinin saptanmasının amaçlandığı bu araştırmada elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda belirtilen şekilde özetlenmiştir.

1. Tüm kurutma yöntemlerinde domateslerin kuruma hızlarına bakıldığında en hızlı kurumanın 7 saatte gerçekleştiği görülmektedir. Sıcak havalı kurutucuda 85 °C sıcaklık, 1.5 m/s hava hızı ve EPSM uygulaması ile 2.5 m/s hava hızı ve EPSA uygulanan domatesler toplam 7 saatte kurumuşlardır. En uzun kuruma süresi ise güneşte kuruyan örneklerde görülmüş olup bu örneklerin kuruması toplam 57 saat sürmüştür. Kuruma süresi açısından bakıldığında 7 saat kısa bir süre olarak görünmesine karşın, kurutma sıcaklığı 85 °C' ye yükseltildiğinde domateste önemli bir renk kriteri olan kırmızılık, yani  $a^*$  değeri de düşme eğilimi göstermiştir. Bu sebeple sıcak havalı kurutucuda özellikle kırmızılık değeri açısından düşünüldüğünde 85 °C veya daha yüksek sıcaklıklar yerine düşük sıcaklıklarda ve önışlem uygulamalarıyla birlikte kurutma yapılması önerilebilir. Denemelerde sıcak havalı kurutucuda kırmızılık değeri açısından en iyi sonuç 65 ve 75 °C sıcaklık ve 1.5 m/s hava hızında EPSM uygulaması ile elde edilmiştir. EPSM uygulaması parlaklık değeri açısından da genel olarak tüm örneklerde olumlu sonuçlar vermiştir.

2. Kurutmanın minimum kahverengileşme üzerindeki etkisi, ya  $a^*/b^*$  oranı ya da  $b^*L^*/a^*$  oranı ile değerlendirilmektedir (Muratore ve ark., 2008). Buna göre en düşük kahverengileşme dondurarak kurutulmuş örneklerde meydana gelmiş, dilimlerin sodyum metabisüfit (EPSM) ve sitrik+askorbik asit çözeltilerine (EPSA) daldırılması şeklindeki her iki önışlem uygulamasının da, kahverengileşme oranını oldukça azalttığı görülmüştür.

3. Tüm denemelerde domateslerin bütün olarak etil oleat+potasyum karbonat çözeltilisine daldırılması kuruma süresini önemli ölçüde kısaltmıştır. Bu sebeple kurumayı hızlandırma amacıyla, domates kurutmada dilimleme işleminden önce bütün olarak etil oleat+potasyum karbonat çözeltilisine veya benzer etkiyi yaratacak başka bileşiklere daldırma uygulaması önerilebilir. Bunun yanı sıra, bütün haldeki domateslerin, daldırılacakları bileşiklerden eşit düzeyde etkilenmeleri, dolayısıyla da kuruma sürelerinin farklı uygulamalar için daha iyi sonuçlar verebilmesi için, işletme koşullarında ürüne bütün halde daldırma çözeltilisinin uygulandığı ekipmanların; uygun devirli, döner karıştırıcı sistemlere veya ürüne zarar verilmemesi açısından uygun ayarlanmış olan hidrolik karıştırma sağlayan pompalama sistemleri ya da gaz enjeksiyonuyla oluşan pnömatik karıştırma sistemlerine sahip olmaları tavsiye edilebilir.

4. Domateslerin sıcak havalı kabin tipi kurutucuda kurutulmaları sırasında tüm domateslerin homojen bir şekilde kurumadıkları görülmüştür. Her ne kadar kurutucuda hava akımı etkisi olsa bile domateslerin alt kısımlarının da eşit oranda kuruması amacıyla ızgaralı tepsiler kullanılmışsa da, sıcak havanın sağlandığı ısıtıcılara daha yakın olan örneklerin daha çabuk kuruma gösterdikleri saptanmıştır. Bu sebeple, tüm ürünün eşit oranda kuruma göstermesi ve birbirleriyle aynı kalitede ürün elde edilmesi için, ürünün hareket halinde olduğu sıcak havalı kurutucuların tercih edilmesi önerilebilir.

5. Bu araştırmada üzerinde durulan önemli noktalardan birisi domateslere uygulanan önışlemlerin kuru ürün üzerindeki etkilerinin saptanmasıdır. Meyvelerde olduğu gibi kurutulmuş sebzelerde de en önemli sorun renk esmerleşmesidir. Haşlanan sebzelerde enzimatik renk esmerleşmesi önlenbilse de, enzimatik olmayan esmerleşme, hem kurutma sırasındaki yüksek sıcaklık etkisiyle, hem de uygun olmayan depolama koşullarında kendini gösterir. Bu yüzden birçok sebze ve meyvelerde yapıldığı gibi kükürtleme işlemi uygulanmaktadır. Sebzelerde kükürtleme, kurutmadan önce çoğunlukla üzerine bir sülfid veya bisülfid çözeltisi püskürtme şeklinde yapılmaktadır (Cemeroğlu, 2004). Kükürtleme, bir taraftan rengi korumada, diğer taraftan askorbik asit ve karoten kaybını önlemede yararlı bir işlemdir. Kükürt dioksitin kurutma teknolojisindeki bu olumlu sonuçlarına karşın,  $SO_2$ 'nin kuvvetli korozif etkisinden dolayı her aşamada korozyon sorunu çıkarması, kurutulmuş üründe yabancı bir koku olarak daima hissedilmesi ve B<sub>1</sub> vitaminin kaybına neden olması gibi bazı olumsuzlukları da vardır. Gerek bu olumsuzluklar, gerekse bazı ülkelerde kullanılmasının yasak olması veya limitlerin gittikçe azalması sebebiyle,  $SO_2$  yerine başka madde ve yöntemlerin geliştirilmesi üzerinde çalışılmaktadır. Nitekim  $SO_2$  yerine askorbik asit, tokoferoller, sistein gibi bazı doğal antioksidanların kullanılmasının olumlu sonuçlar verdiği izlenmektedir.

6. Bu araştırmada önışlem amacıyla kullanılan solüsyonlardan biri olan sodyum metabisülfid de, kükürt dioksitle muhafazada yararlanılan kükürt tuzlarından bir tanesidir (Bal ve Çelik, 2005). Kurutma öncesi sodyum metabisülfid solüsyonuna daldırılan domateslerin renk ve parlaklıkları korunduğu için bu yöntem en iyi önışlem uygulamalarından biridir (Anonim 2007). Domatese sodyum metabisülfid uygulamasına yönelik çalışmalara rastlanmasına rağmen, sitrik asit+askorbik asit bileşiminin domates için uygulanmadığı görülmektedir.

7. Günümüzde tüketicilerin, ürünlerin kaliteli olması açısından hassasiyeti giderek artmaktadır. Bu yönden bakıldığında gerek kurutulmamış, gerekse kurutulmuş ürünlerde tüketici için kalite kriteri olarak ilk etapta ürünlerin dış görüntüsü önemlidir. Bu çalışmada

domatesin kurutulması sırasında renk değişiminin olumsuz yönde etkilenmesini önleyebilmek amacıyla, dilimlenmiş haldeki domatesler sodyum metabisülfite (%2 konsantrasyonda) ve sitrik+askorbik asit (her ikisi de %1 konsantrasyonda) çözeltilerine daldırılmışlardır. Burada özellikle sodyum metabisülfite çözeltisi domateste çok önemli bir renk kriteri olan kırmızılık değerini koruma açısından yararlı olmuştur. Literatürde de sodyum metabisülfite konsantrasyonunun artmasıyla rengin daha da olumlu etkilenmesine yönelik bilgiler mevcuttur. Öte yandan, bu çalışmada her ne kadar sodyum metabisülfite uygulamasıyla kurutulmuş örneklerdeki kükürt kalıntısına bakılmadıysa da, kükürtün olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir (üründe yabancı bir koku olarak hissedilmesi ve B<sub>1</sub> vitamininin kaybına neden olması gibi). Konsantrasyonun artmasıyla beraber bu olumsuz etkilerin de artacağı düşünülmektedir. Araştırmada sitrik askorbik asit karışımına tabi tutulan örneklerin de önışlemsizlere göre daha yüksek kırmızılık değerlerine sahip oldukları ve uygulamalara kendi içlerinde bakıldığında bu örneklerin doğal olarak diğerlerine göre daha yüksek askorbik asit içeriğine sahip oldukları görülmektedir. Ayrıca bu örnekler uygulamalar içinde önışlemsiz ve EPSM ile kurutulmuş örneklere göre daha düşük pH değerlerine sahiptirler, bu da daha uzun raf ömrü için avantaj sağlamaktadır. Hem daha uzun süreli depolama olanağı sağlayacağından, hem de renk, tat, askorbik asit gibi kriterler yönünden olumlu sonuçlar vermesinden dolayı, sitrik+askorbik asit uygulamasının, içindeki bileşenlerinin konsantrasyonlarının artırılarak dilim halindeki domateslere uygulanması önerilebilir.

**8.** Su aktivite değerleri açısından bakıldığında önışlem uygulamalarının daha düşük aktivite değerleri sağlanmasında etkili olduğu görülmektedir. Taze domateste su aktivitesi değeri 0.909 olarak tespit edilirken, en düşük su aktivitesi değeri 0.329 ile dondurarak EPSA uygulamasında, en yüksek değer ise 0.466 ile güneşte önışlemsiz olarak kurutulmuş domateslerde ve istatistiksel olarak bu örneklerle aynı grup içinde yer alan 65 ve 75 °C sıcaklıkta 1.5 m/s hava hızında sıcak hava uygulamasıyla önışlemsiz olarak kurutulmuş domateslerde saptanmıştır. Bu araştırmada, kurutulmuş örneklerde saptanan su aktivitesi değerleri de, bozulma ve küf üretmesi gibi olumsuz değişimlere izin vermeyecek sınırlar içindedir ve bu değerlerin depolama açısından da uygun olduğu düşünülmektedir.

**9.** Araştırma sonuçlarına göre kurutulmuş domateslerde yapılan askorbik asit analizleri sonucunda, sıcaklığın yükselmesi ile beraber kayıpların arttığı görülmektedir. Dondurarak kurutulmuş örneklerin oksijensiz ortamda ve düşük sıcaklıkta kurumuş olmalarından dolayı askorbik asit kaybının önemli derecede önlenmiş olduğu düşünülmektedir.

**10.** Yapılan likopen analizlerine göre taze domatesteki likopen miktarı 7.41 mg/100 g olarak bulunmuştur. Dondurarak yapılan kurutmanın üstünlükleri likopen içeriklerinde de

kendini göstermiş, dondurarak önişlemsiz olarak kurutulmuş domateslerdeki likopen miktarı 59.84 mg/100 g ile en iyi sonucu vermiştir. Yani, bu yöntemle kurutulan domatesin likopen oranı taze domatesinkine göre 8.08 kat yükselmiştir. Kurutma işlemleri sonucunda en düşük likopen miktarını içeren örneklerde dahi (75 °C sıcaklık-1.5 m/s hava hızı-EPSA uygulaması) likopen oranını 2.74 kat oranında yükselmiştir. Bu çalışmada likopen değerleri dondurarak kurutmadan sonra en yüksek güneşte kurutulmuş örneklerde görülmektedir. 85 °C' de kurutulan örneklerdeki likopen değerlerinin 75 °C' de kurutulan örneklerdeki likopen değerlerinden daha yüksek olduğu dikkat çekici bir durumdur. 65 °C' de kurutulan domateslerin likopen değerleri ise bu iki grubun değerlerinden daha da yüksektir. Bu durum, sıcak havalı kurutucuda düşük sıcaklığın etkisinden dolayı likopen değerlerinin yüksek kalmış olması, 85 °C' de ise, kuruma süresinin 75 °C' ye göre kısalmış olmasının likopen değerleri üzerinde daha olumlu etki yaratması ile açıklanabilir.

**11.** Kurutulmuş domatesler, önemli bir mineral olan potasyum açısından değerlendirildiğinde tüm örneklerde potasyumun önemli derecede yükseldiği görülmüştür. Taze domatesteki potasyum miktarı 196.4 mg/100 g olarak saptanmışken, en yüksek değer dondurarak önişlemsiz olarak kurutulan domateslerde 1986.36 mg/100 g olarak bulunmuştur. Sıcak havalı kurutma uygulamalarına bakıldığında da, sıcaklığın yükselmesi ile beraber potasyum kaybında artışlar görülmüştür. Tüm kurutma yöntemleri değerlendirildiğinde ise, önişlemsiz örneklerin potasyum değerlerinin önişlemli örneklerin değerlerinden daha yüksek olduğu saptanmıştır.

**12.** Tüm yöntemler kalite kriterlerine göre genel hatlarıyla değerlendirilecek olursa, L\* (parlaklık) değeri en yüksek sonuçları dondurarak kurutma uygulamalarında, en düşük sonuçları ise vakumlu kurutma uygulamalarında vermiştir. a\* (kırmızılık) değeri ise en iyi güneşte EPSM ve önişlemsiz uygulamalarda elde edilmiştir ve buna en yakın değerler sıcak havalı kurutucuda 65 ve 75 °C' de 1.5 m/s hava hızı ile EPSM uygulamasında kurutulan örneklerde dir. a\* değerinin en düşük olduğu uygulamalar ise vakumlu 75 °C önişlemsiz ve EPSM uygulamasıdır ve bunu vakumlu 65 °C' de önişlemsiz uygulama izlemektedir. a\* değeri açısından vakum 65 °C EPSA ve vakum 65 °C EPSM uygulamaları da vakum 65 °C önişlemsiz örneklerle aynı grupta yer almaktadırlar.

**13.** Raf ömrü uzunluğu açısından da önemli olan pH değerlerine bakıldığında en düşük pH değerleri güneşte kurutulmuş domateslerde tespit edilmiştir ve bu durum daha uzun raf ömrü için avantaj sağlamaktadır. En düşük pH değeri açısından güneşte kurutulmuş örneklere en yakın olanlar sıcak havalı kurutucuda 75 °C-1.5 m/s hava hızında EPSA ve EPSM uygulamalarıyla kurutulmuş örneklerdir. En yüksek pH değeri ise 85 °C-1.5 m/s hava hızı ile

EPSM uygulamasında bulunmuştur ve dondurarak EPSM uygulamasıyla kurutulanlarla aynı grupta yer almışlardır.

**14.** Dondurarak kurutulmuş domateslerin tümünde ve güneşte önışlemsiz olarak kurutulmuş örneklerde HMF bulgusuna rastlanmamıştır. En yüksek HMF değeri 85 °C-2.5 m/s hava hızı ile EPSM uygulamasında bulunmuştur. Bunu aynı sıcaklık ve hava hızında EPSA uygulaması izlemiştir. Vakumlu kurutmada 75 °C uygulamasında da HMF değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir.

**15.** Sodyum değerlerinin, domateslerin dilimlenmiş olarak sodyum metabisülfite çözeltilisine daldırılmış olmasının da etkisiyle EPSM uygulaması yapılmış örneklerde diğerlerine oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Genel olarak bakıldığında ise en yüksek sodyum değeri dondurarak EPSM uygulamasıyla kurutulmuş örneklerde dir. Bu örnekleri vakum 65 °C EPSM uygulaması ve sıcak havalı kurutmada 65 °C-1.5 m/s hava hızı ile EPSM uygulaması izlemektedir. Sodyum ile birlikte vücudun sıvı dengesini kontrol eden potasyum ise en yüksek dondurarak kurutulmuş örneklerde bulunmuştur.

**16.** Kurutulmuş domatesler askorbik asit içeriği bakımından değerlendirildiğinde, sitrik+askorbik aside daldırmanın da etkisiyle, EPSA uygulanmış örneklerin diğerlerine oranla daha yüksek askorbik asit içerdikleri görülmektedir. Askorbik asit içeriği en yüksek dondurarak EPSA ile kurutulmuş örneklerde, daha sonra güneşte EPSA ile kurutulmuş örneklerde dir. En düşük miktar ise sıcak havalı kurutucuda 85 °C’ de 1.5 m/s hava hızında EPSM uygulamasıyla kurutulan örneklerde dir. Denemeler süresince askorbik asit kayıplarının saptanması amacıyla örnek alımlarına yönelik yapılan çalışma sonucunda en az askorbik asit kaybı dondurarak kurutulmuş örneklerde saptanmıştır. Bu örnekleri güneşte kurutulmuş olanlar izlemektedir. Sıcak havalı kurutucuda ve vakumlu kurutucuda kurutma sıcaklıkları yükseldikçe kayıplar artmaktadır.

**17.** Önemli bir antioksidan olan likopen değerlerine bakıldığında ise en yüksek miktarın dondurarak kurutulmuş domateslerde olduğu, en düşük miktarın ise sıcak havalı kurutucuda 75 °C’ de 1.5 m/s hava hızında EPSA ile kurutulan örneklerde olduğu görülmektedir. Genel ortalamalara bakıldığında da güneşte kurutulan örnekler likopen bakımından dondurarak kurutulanlara yakındır. Güneşte kurutulan örnekler ısı işleme maruz kalmadıkları için likopen miktarı açısından iyi sonuç vermişlerdir.

**18.** Bu değerlendirmelerden sonra söylenebilir ki; kuruma süresi sıcak havalı kurutma yöntemlerine göre daha uzun olmasına rağmen, dondurarak kurutma özellikle askorbik asit, potasyum, likopen gibi önemli değerler açısından en iyi sonuçları vermiştir. Fakat dondurarak kurutma yapan sistemler ülkemiz koşullarına göre oldukça yüksek kurulum

maliyetlerine sahip pahalı sistemler oldukları için bu tip kurutucuların günümüz koşullarında domates kurutma amacıyla kullanılmasını önermemekteyiz.

**19.** Ülkemizde domateslerin tamamına yakın kısmı, maliyet olarak en avantajlı yöntem olması sebebiyle güneşe serilerek örtüler üzerinde kurutulmaktadır. Fakat domatesler bu şekilde kurutulduklarında toza, toprağa, yağmura, böcek ve kemirgen gibi zararlılara maruz kalmaktadırlar. Ayrıca kuruma süreleri de uzamaktadır. Bu sebeplerle domates kurutmada eğer güneşe serme yöntemi tercih edilecekse de, yerden belli bir yüksekliğe sahip ve ürünün altta kalan kısımlarının da havalanmasını sağlayacak ızgaralı sistemlerin kullanılması önerilebilir.

**20.** Bu araştırmada sıcak havalı kurutucuda yüksek kurutma sıcaklıklarında özellikle 85 °C’ de yapılan domates kurutma uygulamalarına bakıldığında kurutma sıcaklığının yükselmesiyle beraber birçok kalite kriterinin olumsuz yönde etkilendiği açıktır. Özellikle renk koyulaşmakta, HMF oluşumu artmakta, askorbik asit kayıpları yükselmektedir. Vakumlu kurutma ile kurutulan örneklerde ise, uzun süren kuruma periyodu sebebiyle ürün yine birçok yönden olumsuz etkilenmiştir. Fakat sıcak havalı kurutucuda düşük sıcaklık uygulamalarında özellikle 65 °C’ de yapılan domates kurutma uygulamalarına bakıldığında renk değişimi düşük düzeyde kalmakta, güneşte kurutulan örneklere yakın kırmızılık değeri elde edilmekte, likopen değerleri daha yüksek düzeyde kalmaktadır.

**21.** Yapılan tüm saptamalara göre, son ürün kalitesi açısından 65 °C kurutma sıcaklığında ve 1.5 m/s hava hızında yapılan domates kurutma uygulamalarının ülkemiz koşulları için en uygun yöntem olduğu önerilebilir. Fakat kuruma süresini kısaltmak açısından daha yüksek kurutma sıcaklığı kullanılacaksa ürünün sabit değil de, hareket halinde olduğu sıcak havalı kurutucuda, en yüksek 75 °C sıcaklık ve 1.5 m/s hava hızı uygulamasıyla yapılacak olan kurutma yöntemi domates kurutma için düşünülebilir.

**22.** Domateslerin kurutulmadan önce, ilk olarak bütün halde, kurumayı hızlandırıcı etki yapan ve karıştırıcı düzeneğe sahip olan sistemler içinde bulunan daldırma çözeltilerine tabi tutulduktan sonra, bu çalışmada uygulanan sitrik asit+askorbik asit konsantrasyonundan daha yüksek konsantrasyonda sitrik asit+askorbik asit çözeltisine dilimler halinde daldırılmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Ayrıca domates kurutma alanında yaygın olarak kullanılmakta olan kükürtleme uygulamalarına yönelik kuru ürünlerdeki kükürt kalıntısının saptanmasına, bu konunun depolama koşullarında da değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada kurutulmuş olan tüm domates örneklerinde su aktivitesi değerleri depolama koşullarına uygundur, yani bozulma ve küf üremesi gibi olumsuz değişimlere izin vermeyecek sınırlar içindedir. Su aktivitesi yönünden bu şekilde uygun değerlerdeki kuru

domateslerin 1 yıl süre ile depolanarak bu süre içinde belli zaman aralıklarıyla kalite kriterlerine yönelik analizlerin yapılması ve ele alınan konunun bir de depolama yönüyle değerlendirilmesine ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

**23.** Araştırmada, domatesin sıcak hava ile kurutulmasının matematiksel modellenmesi sonuçlarına bakıldığında ise, önişlemsiz domates örneklerinin ve EPSA uygulanmış domates örneklerinin kurumasını en iyi tanımlayan modelin Midilli ve ark. modeli olduğu, EPSM uygulanmış domates örneklerinin kurumasını en iyi tanımlayan modelin ise Logaritmik model olduğu saptanmıştır.

## 6. KAYNAKLAR

- Aghbashlo M, Kianmehr M H, Arabhosseini A (2009). Modeling of thin-layer drying of potato slices in length of continuous band dryer. *Energy Conversion and Management*, 50: 1348-1355.
- Akanbi C T, Oludemi F O (2004). Effect of processing and packaging on the lycopene content of tomato products. *International Journal of Food Properties*, 7: 139-152.
- Akanbi C T, Adeyemi R S, Ojo A (2006). Drying characteristics and sorption isotherm of tomato slices, *Journal of Food Engineering*, 73: 157-163.
- Akdeniz B. D, Bağdatlıoğlu N (2007). Değişik depolama koşullarının güneş kurusu domateslerin bazı kalite özellikleri üzerine etkileri, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1: 1-6.
- Aktas T, Ulger P, Daglıoğlu F, Hasturk F (2008). Effect of storage time on quality of plum osmotically pretreated with trehalose and sucrose solutions before drying, 10. International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, Proceedings, Antalya, 904-909.
- Aktas T, Polat R (2007). Changes in the drying characteristics and water activity values of selected pistachio cultivars during hot air drying. *Journal of Food Process Engineering*, 30(5): 607-624.
- Al-Harash M, Al-Muhtaseb A H, Magee T R A (2009). Microwave drying kinetics of tomato pomace: Effect of osmotic dehydration. *Chemical Engineering and Processing*, 48: 524-531.
- Al-Muhtaseb A H, Al-Harash M, Hararah M, Magee T R A (2010). Drying characteristics and quality change of unutilized- protein rich-tomato pomace with and without osmotic pre-treatment. *Industrial Crops and Products*, 31: 171-177.
- Anonim (1996a). CIE L\*a\*b\* Color Scale. Applications Note-Insight on Color, HunterLab. July 1-15, 8 (7), 1-4.
- Anonim (1996b). Hunter L\*a\*b\* Color Scale. Applications Note-Insight on Color, HunterLab. August 1-15, 8(9), 1-4.
- Anonim (2000). Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Yayını, Sim Matbaası, Genişletilmiş 2. Baskı, 522s.
- Anonim (2007). Sun and Solar Drying, Techniques and Equipment. [http://www.unido.org/fileadmin/import/32146\\_33SUNANDSOLARDRYING.16.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/import/32146_33SUNANDSOLARDRYING.16.pdf) (erişim tarihi, 13.11.2007)
- Anthony J, Fontana Jr (2000). Water Activity's Role in Food Safety and Quality, Second NSF International Conference on Food Safety, October 11-13, Savannah, GA USA.
- AOAC, (1990). Official Methods for the Analysis (15<sup>th</sup> ed.) Arlington, Washington DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Arslan N, Toğrul H (2005). Pul biberin nem sorpsiyon izotermelerinin belirlenmesi. III. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği Çalıştayı, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 82-90, Antalya.
- Ayensu A (1997). Dehydration of food crops using a solar dryer with convective heat flow. *Solar Energy*, 59(4-6): 121-126.
- Babalık Ö (1996). Domates Kurutulmasında Kükürt Dioksit Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir.
- Babalıs S J, Papanicolaou E, Kyriakis N, Belessiotis V G (2006). Evaluation of thin-layer drying models for describing drying kinetics of figs (*Ficus carica*). *Journal of Food Engineering*, 75: 205-214.
- Bal E, Çelik S (2005). Bazı çilek çeşitlerinin meyvesindeki anatomik yapılaşmanın muhafaza süresi üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(3): 260-267.



- Baloch W A, Khan S, Baloch A (1997). Influence of chemical additives on the stability of dried tomato powder. *International Journal of Food Science and Technology*, 32: 117-120.
- Barreiro J A, Milano M, Sandoval A J (1997). Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. *Journal of Food Engineering*, 33: 359–371.
- Brandt S, Pek Z, Barna E, Lugasi A, Helyes L (2006). Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 568-572.
- Bruno R S, Wildman R E C (2000). Sources, properties and nutraceutical of lycopene. *Journal of Nutraceuticals, Functional & Medical Foods*, 3(2): 9-23.
- Bozkurt H, Gogus F, Eren S (1999). Nonenzymic browning reactions in boiled grape juice and its models during storage. *Food Chemistry*, 64: 89-93.
- Camara M, Matallana M C, Sanchez-Mata M C, Lillo Ayue R, Labra E (2003). Lycopene and hydroxymethylfurfural (HMF) evaluation in tomato products. *Acta Hort.*, (ISHS) 613: 365-371.
- Celma A R, Rojas S, F. Rodriguez F L (2008). Mathematical modelling of thin-layer infrared drying of wet olive husk. *Chemical Engineering and Processing*, 47: 1810-1818).
- Cemeroğlu B, Karadeniz F, Özkan M (2003). *Kurutma Teknolojisi, Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 3. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, No. 28, 541s Ankara.
- Cemeroğlu B (2004). *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. 2. Cilt, 2. Baskı, Başkent Klişe Matbaacılık*, Ankara.
- Cemeroğlu, B (2005). *Gıda Mühendisliğinde Temel İşlemler. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Başkent Klişe Matbaacılık*, No. 29, 505s Ankara.
- Cemeroğlu B (2007). *Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları* No. 34, Ankara.
- Chang C H, Lin H Y, Chang C Y, Liu Y C (2006). Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air dried tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 77: 478-485.
- Chen C, Wu P C (2001). Thin layer drying model for rough rice with high moisture content. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 80(1): 45–52.
- Chhinnan M S (1984). Evaluation of selected mathematical models for describing thin-layer drying of in-shell pecans. *Transactions of the ASAE*, 27: 610–615.
- Cihan A, Ulger P (1995). A Proposal for drying process of rough rice. *Food Processing Automation IV, Proceedings of the FPAC IV Conference*, 445-450. Chicago, Illinois.
- Dandamrongrak R, Young G, Mason R (2002). Evaluation of various pre-treatments for the dehydration of banana and selection of suitable drying models. *Journal of Food Engineering*, 95: 139–146.
- Das S, Otani H, Maulik N, Das D K (2005). Lycopene, tomatoes and coronary heart disease. *Free Radical Research*, 39(4): 449-455.
- Davoodi M G, Vijayanand P, Kulkarni S G, Ramana K V R (2007). Effect of different pre-treatments and dehydration methods on quality characteristics and storage stability of tomato powder. *LWT*, 40: 1832-1840.
- Demir V, Günhan T (2002). Tarım ürünlerinin kuruma karakteristik değerlerinin belirlenmesi. *Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği Çalıştayı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü*, 17-31, Bornova-İzmir.
- Dermesonlouoglou E K, Giannakourou M C, Taoukis P (2007a). Stability of dehydrofrozen tomatoes pretreated with alternative osmotic solutes. *Journal of Food Engineering*, 78: 272-280.

- Dermesonlouoglou E K, Giannakourou M C, Taoukis P (2007b). Kinetic modelling of the degradation of quality of osmo-dehydrofrozen tomatoes during storage. *Food Chemistry*, 103: 985–993.
- Devrim E (2003). Domates ve sarımsağın beslenme ve insan sağlığındaki yeri. Seminer, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Ana Bilim Dalı.
- Doymaz I (2004a). Effect of pre-treatments using potassium metabisulphide and alkaline ethyl oleate on the drying kinetics of apricots. *Biosystems Engineering*, 89(3): 281-287.
- Doymaz I (2004b). Effect of dipping treatment on air drying of plums. *Journal of Food Engineering*, 64 (4): 465–470.
- Doymaz I (2004c). Drying kinetics of white mulberry. *Journal of Food Engineering*, 61(3): 341–346.
- Doymaz I (2006). Drying kinetics of black grapes treated with different solutions. *Journal of Food Engineering*, 76: 212-217.
- Doymaz I (2007). Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 78: 1291-1297.
- Durmuş E, Evranuz E Ö (2005). Su aktivitesi ölçmek için basit bir isopiestic yöntem: gliserin referans maddesi kullanarak su aktivitesi ölçümü. III. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği Çalıştayı, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 116-120, Antalya.
- Eren Ö, Soysal Y, Öztekin S, Doğantan Z S (2005). Mikrodalga sistemi ile donatılmış bir bantlı kurutucuda maydanoz kurutulması. III. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği Çalıştayı, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 13-25, Antalya.
- Eren I, Kaymak-Ertekin F (2007). Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 79: 344–352.
- Erentürk S, Gulaboglu M S, Gultekin S (2004). The thin layer drying characteristics of rosehip. *Biosystem Engineering*, 89(2): 159-166.
- Erentürk S, Gulaboglu M S, Gultekin S (2005). The effects of cutting and drying medium on the ascorbic acid content of rosehip during drying. *Journal of Food Engineering*, 68: 513-518.
- Erkan N, Özden Ö, Alakavuk D Ü, Tosun Ş Y, Varlık C, Baygar T (2007). İstanbul’ da satılan karideslerin sodyum metabisülfid düzeyinin tespiti. *Journal of Fisheries Sciences*, 1(1): 26-33.
- Ertekin C (2001). Yaş İncirin Nem Desorpsiyon Karakteristiklerinin Belirlenmesi, İnce Tabaka Halinde Güneş Enerjili Kurutucular ile Kurutulması, Desorpsiyon İzotermi ve Kuruma Davranışının Modellenmesi. Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Ertekin C (2002). Meyve ve sebzelerin kurutulması. Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği Çalıştayı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 33-57, Bornova-İzmir.
- Ertekin C, Yıldız O (2001). Patlıcan kurutmada kurumanın çeşitli modeller ile açıklanması. Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, 399-404, Şanlıurfa.
- Ertekin C, Yıldız O (2004). Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. *Journal of Food Engineering*, 63: 349-359.
- FAO (2010). Statistics, Faostat-Agriculture. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (erişim tarihi, 05.01.2010).
- Gann P H, Ma J, Giovanucci E, Willet W, Sacks F M, Hennekens C H, Stampfer M J (1999). Lower prostate cancer risk in men with elevated plasma lycopene levels. *Cancer Research*, 59: 1225-1230.

- George B, Kaur C, Khurdiya D S, Kapoor H C (2004). Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function of genotype. Food Chemistry, 84: 45-51.
- Giovanelli G, Zanoni B, Lavelli V, Nani R (2002). Water sorption, drying and antioxidant properties of dried tomato products. Journal of Food Engineering, 52: 135-141.
- Goula A M, Adamopoulos K G (2005). Stability of lycopene during spray drying of tomato pulp. LWT, 38: 479-487.
- Goyal R K, Kingsly A R P, Manikantan M R, Ilyas S M (2007). Mathematical modelling of thin layer drying kinetics of plum in a tunnel dryer. Journal of Food Engineering, 79: 176-180.
- Gökpınar Ş, Koray T, Akçiçek E, Göksan T, Durmaz Y (2006). Algal antioksidanlar. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 1/1: 85-89.
- Gunasekaran S (1999). Pulsed microwave-vacuum drying of food material. Drying Technology, 17(3): 395-412.
- Günhan T (2005). Farklı Kurutma Havası Şartlarının Rio Grande Çeşidi Domatesin Kuruma Karakteristiklerine Etkilerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Gürlek G (2005). Tünel Tipi Kurutucuda Domates Kurutma Koşullarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Güzel E, Ülger P, Kayışoğlu B (1996). Ürün İşleme ve Değerlendirme Tekniği. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No: 145, Ders Kitapları Yayın No: 47, 248s Adana.
- Heredia A, Barrera C, Andre's A (2007). Drying of cherry tomato by a combination of different dehydration techniques. Comparison of kinetics and other related properties. Journal of Food Engineering, 80: 111-118.
- Huang L, Zhang M, Mujumdar A S, Sun D, Tan G, Tang S (2009). Studies on decreasing energy consumption for a freeze-drying process of apple slices, Drying Technology, 27: 938-946.
- Karabayır C (2007). Kurutulmuş Sebzeler, T. C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İGEME (İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi), <http://www.iso.org.tr/tr/Documents/MKRaporlar/KurutulmusSebzeler%20igeme.pdf> (erişim tarihi, 04.07.2008).
- Karakaya S, Yılmaz N (2007). Lycopene content and antioxidant activity of fresh and processed tomatoes and in vitro bioavailability of lycopene. Journal of the Science of Food and Agriculture, 87: 2342-2347.
- Karathanos V T (1999). Determination of water content of dried fruits by drying kinetics, Journal of Food Engineering, 39: 337-344.
- Karathanos V T, Belessiotis V G (1999). Application of a thin layer equation to drying data of fresh and semi-dried fruits. Journal of Agricultural Engineering Research, 74: 355-361.
- Khazaei J, Chegini G R, Bakhshiani M (2008). A novel alternative method for modeling the effects of air temperature and slice thickness on quality and drying kinetics of tomato slice: superposition technique. Drying Technology, 26: 759-775.
- Kılıç M, Evranuz Ö (2005). Kurutulmuş gıda ürünlerinin depolanmasında camsılığa geçiş ve kalite ilişkisi. III. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği Çalıştayı, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 131-137, Antalya.
- Krokida M K, Karathanos V T, Maroulis Z B, Marinou-Kouris D (2003). Drying kinetics of some vegetables. Journal of Food Engineering, 59: 391-403.
- Lahsasni S, Kouhila M, Mahrouz M, Idlimam A, Jamali, A (2004a). Thin layer convective solar drying and mathematical modeling of prickly pear peel (*Opuntia Ficus Indica*). Energy, 29: 211-224.

- Lahsasni S, Kouhila M, Mahrouz M, Jaouhari J T (2004b). Drying kinetics of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*). *Journal of Food Engineering*, 61 (2): 173–179.
- Lapati G, Barrett D M (2003). Use of salt and sodium metabisulfite dips prior to sun-drying tomatoes. *Acta Hort. (ISHS)* 613: 391-397.
- Lapati G, Barrett D M (2006). Influence of pre-drying treatments on quality and safety of sun-dried tomatoes. Part II. Effects of storage on nutritional and sensory quality of sun-dried tomatoes pretreated with sulfur, sodium metabisulfite or salt. *Journal of Food Science*, 71(1): 32-37.
- Lewicki P P, Hoa V L, Lazuka W P (2002). Effect of pre-treatment on convective drying of tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 54. 141-146.
- Lewicki P P, Michaluk E (2004). Drying of tomato pretreated with calcium. *Drying Technology*, 22(8): 1813-1827.
- Lewicki P P (2006). Desing of hot air drying for better foods. *Trends in Food Science & Technology*, 17: 153-163.
- Liu Q, Bakker-Arkema F W (1997). Stochastic modelling of grain drying: Part 2. Model development. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66: 275–280.
- Madamba P S, Driscoll R H, Buckle K A (1996). The thin layer drying characteristics of garlic slices, *Journal of Food Engineering*, 29: 75–97.
- Marfil P H M, Santos E M, Telis V R N (2008). Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 41: 1642-1647.
- Marques L G, Freire J T (2005). Analysis of freeze-drying of tropical fruits. *Drying Technology*, 23: 2169-2184.
- Mengeş H O, Ertekin C, Aydın C (2005). Elma dilimlerinin konveksiyonla kurumasına uygun kuruma modelinin belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1(3): 229-236.
- Midilli A, Kucuk H, Yapar Z (2002). A new model for single layer drying. *Drying Technology*, 20(7): 1503-1513.
- Mogavharnejad K, Nikzad M (2007). Modeling of tomato drying using artificial neural network. *Computers and Electronics in Agriculture*, 59: 78-85.
- Muratore G, Licciardello F, Restuccia C, Puglisi M L, Giudici P (2006). Role of different factors affecting the formation of 5-hydroxymethyl-2-furancarboxaldehyde in heated grape must. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 860–863.
- Muratore G, Rizzo V, Licciardello F, Maccarone E (2008). Partial dehydration of cherry tomato at different temperature, and nutritional quality of the products. *Food Chemistry*, 111: 887-891.
- Müftüoğlu O (2003). Potasyum, <http://www.neosante.com/content/sag6> (erişim tarihi, 27.06.2008).
- Mwithiga G, Olwal J O (2005). The drying kinetics of kale (*Brassica oleracea*) in a convective hot air dryer. *Journal of Food Engineering*, 71: 373-378.
- Nkondjock A, Ghadirian P, Johnson K J, Krewski D and Canadian Cancer Registries Epidemiology Research Group (2005). Dietary intake of lycopene is associated with reduced pancreatic cancer risk. *The American Society for Nutritional Sciences, J. Nutr.* 135: 592-597.
- Orikasa T, Wu L, Shiina T, Tagawa A (2008). Drying characteristics of kiwifruit during hotair drying. *Journal of Food Engineering*, 85: 303-308.
- Özbek B, Dadali G (2007). Thin-layer drying characteristics and modelling of meat leaves undergoing microwave treatment. *Journal of Food Engineering*, 83:541-549.
- Pal U S, Chakraverty A (1997). Thin layer convection drying of mushrooms. *Energy Conversion and Management*, 38(2): 107–113.
- Panchariya P C, Popovic D, Sharma A L (2002). Thin layer modeling of black tea drying

- process. *Journal of Food Engineering*, 52: 349–357.
- Pani P, Leva A A, Riva M, Maestrelli A, Torreggiani D (2008). Influence of an osmotic pre-treatment on structure–property relationships of air-dehydrated tomato slices. *Journal of Food Engineering*, 86: 105-112.
- Parakash S, Jha S K, Datta N (2004). Performance evaluation of blanched carrots dried by three different dryers. *Journal of Food Engineering*, 62: 305-313.
- Parin H (2004). Enginarın Kurutulmasında Ön İşlem ve Hava Sıcaklığının Ürünün Kuruma Hızı, Su Çekme Sığası ve Rengi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Park K J, Vohnikova Z, Brod F P R (2002). Evaluation of drying parameters and desorption isotherms of garden mint leaves (*Mentha crispa* L.). *Journal of Food Engineering*, 51(3): 193–199.
- Polydera A C, Stoforos N G, Taoukis P S (2003). Comparative shelf life study and vitamin C loss kinetics in pasteurised and high pressure processed reconstituted orange juice. *Journal of Food Engineering*, 60: 21-29.
- Queiroz R, Gabas A L, Telis V R N (2004). Drying kinetics of tomato by using electric resistance and heat pump dryers. *Drying Technology*, 22(7): 1603-1620.
- Rahman M S, Perera C O, Thebaud C (1998). Desorption isotherm and heat pump drying kinetics of peas. *Food Research International*, 30(7): 485–491.
- Rajkumar P, Kulanthaisami S, Raghavan G S V, Garipey Y, Orsat V (2007). Drying kinetics of tomato slices in vacuum assisted solar and open sun drying methods. *Drying Technology*, 25: 1349-1357.
- Rao A V, Agarwal S (1999). Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: A review. *Nutrition Research*, 19: 305-323.
- Resnik S, Chirife J (1979). Effect of moisture content and temperature on some aspects of nonenzymatic browning in dehydrated apple. *Journal of Food Science*, 44: 601–605.
- Rojas A M, Gerschenson L N (2001). Ascorbic acid destruction in aqueous model system: An additional discussion. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81: 1433-1439.
- Roldan-Gutierrez J M, Luque de Castro M D (2007). Lycopene: the need for better methods for characterization and determination. *Trends in Analytical Chemistry*, 26(2): 163-170.
- Ross A F (1959). *Dinitrophenol Method for Reducing Sugars*. The Avi. Publishing Company, First Edition, Westport pp. 469-470.
- Sacilik K, Keskin R, Elicin A K (2006). Mathematical modelling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato. *Journal of Food Engineering*, 73: 231-238.
- Sacilik K, Elicin A K (2006). Thin layer drying characteristics of organic apple slices. *Journal of Food Engineering*, 73: 281-289.
- Sacilik K (2007). Effect of drying methods on thin-layer drying characteristics of hull-less seed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Journal of Food Engineering*, 79(1): 23-30.
- Sablani S S, Rahman M S, Al-Kuseibi M K, Al-Habsi N A, Al-Belushi R H, Al-Marhubi I, Al-Amri I S (2007). Influence of shelf temperature on pore formation in garlic during freeze-drying. *Journal of Food Engineering*, 80: 68–79.
- Saldamlı İ, Saldamlı E (2004). *Gıda Endüstrisi Makineleri*. Savaş Yayınları, 547 s. Ankara.
- Santos P H S, Silva M A (2008). Retention of vitamin C in drying processes of fruits and vegetables-A review. *Drying Technology*, 26(12): 1421-1437.
- Sekin Y, Bağdatlıoğlu N, Kırdinli Ö (2005). Domates konservesi üretiminde çeşitli faktörlerin likopen niceliğine etkisi. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1: 7-13.
- Shi J, Maguer M L, Kakuda Y, Liptay A, Niekamp F (1999). Lycopene degradation and

- isomerization in tomato dehydration. *Food Research International*, 32: 15-21.
- Shi J (2000). Lycopene in tomatoes: Chemical and physical properties affected by food processing. *Critical Reviews in Biotechnology*, 20(4): 293-334.
- Singh B, Gupta A K (2007). Mass transfer kinetics and determination of effective diffusivity during convective dehydration of pre-osmosed carrot cubes. *Journal of Food Engineering*, 79: 459-470.
- Soponronnarit S, Swasdisevi T, Wetchacama S, Wutiwiwatchai W (2001). Fluidised bed drying of soybeans. *Journal of Stored Products Research*, 37(2): 133-151.
- Soysal Y, Öztekin S, Işıkber A A, Duman A D, Dayısoylu K S (2005). Kurutulmuş kırmızı biberde rengin bir kalite parametresi olarak önemi. III. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği Çalıştayı, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 74-81, Antalya.
- Sun D W, Woods J L (1994). Low temperature moisture transfer characteristics of wheat in thin layers. *Transactions of the ASAE*, 37: 1919-1926.
- Tabatabaee R, Jayas D S, White N D G (2004). Thin-layer drying and rewetting characteristics of buckwheat. *Canadian Biosystems Engineering*, 46(3): 19-24.
- Takeoka G R, Dao L, Flessa S, Gillespie D M, Jewell W T, Huebner B, Bertow D, Ebeler S E (2001). Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. *J. Agric. Food Chem.*, 49(8), 3713-3717.
- 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.
- Thuwapanichayanan R, Prachayawarakorn S, Soponronnarit S (2008). Drying characteristics and quality of banana foam mat. *Journal of Food Engineering*, 86: 573-583.
- Timoumi S, Mihoubi D, Zagrouba F (2007). Shrinkage, vitamin C degradation and aroma losses during infra-red drying of apple slices. *LWT*, 40: 1648-1654.
- Tiris C, Özbalta N, Tiris M, Dincer I (1994). Experimental testing of a new solar dryer. *International Journal of Energy Research*, 18: 483-490.
- Togrul I T, Pehlivan D (2003). Modeling of drying kinetics of single apricot. *Journal of Food Engineering*, 58: 23-32.
- Toğrul H, Toğrul I T, İspir A (2005). Mantarın ince tabaka kuruma karakteristiklerinin incelenmesi. III. Tarımsal Ürünleri Kurutma Tekniği Çalıştayı, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, 163-73, Antalya.
- TÜİK (2007). Haber Bülteni, Bitkisel Ürün Denge Tabloları; Sebzeler, 2007/08. Sayı: 62. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=4034> (erişim tarihi, 13.01.2010).
- TÜİK (2008). Haber Bülteni, Bitkisel Üretim 2008. Sayı: 50. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=4025> (erişim tarihi, 05.01.2010).
- TÜİK (2009). Haber Bülteni, Birkisel Üretim, II. Tahmini 2009. Sayı: 206. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=4152> (erişim tarihi, 05.01.2010).
- TÜİK (2010). Bitkisel Üretim İstatistikleri, Meyvesi İçin Yetiştirilen Sebzeler. [http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb\\_id=45&ust\\_id=13](http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=45&ust_id=13) (erişim tarihi, 05.01.2010).
- Unadi A, Fuller R J, Macmillan R H (2002). Strategies for drying tomatoes in a tunnel dehydrator. *Drying Technology*, 20(7): 1407-1425.
- Ülger P (1986). Ürün İşleme İlkeleri ve Makinaları. TZD Kurumu Yayınları, No. 37, 196 s. Ankara.
- Vega A, Uribe E, Lemus R, Miranda M (2007). Hot-air drying characteristics of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) and influence of temperature on kinetic parameters. *LWT*, 40: 1698-1707.
- Verma L R, Bucklin R A, Endan J B, Wratten F T (1985). Effects of drying air parameters on rice drying models. *Transactions of the ASAE*, 28: 296-301.

- Wang C Y, Singh R P (1978). A single layer drying equation for rough rice. ASAE Paper, No: 78-3001, ASAE, St. Joseph, MI.
- Wilcox J K, Catignani G L, Lazarus S (2003). Tomatoes and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(1): 1-18.
- Wu L, Orikasa T, Ogawa Y, Tagawa A (2007). Vacuum drying characteristics of eggplants. *Journal of Food Engineering*, 83: 422-429.
- Yağcıoğlu A (1999). *Tarım Ürünleri Kurutma Tekniği (I. Basım)*, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 536, 348 s. Bornova-İzmir.
- Yaldız O, Ertekin C, Uzun H İ (2000). Çekirdeksiz üzümün güneş enerjili kurutucular ile kurutulması üzerine bir araştırma. *Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı*, 338-344, Erzurum.
- Yaldız O, Ertekin C (2000). Bazı sebzelerin güneş enerjili kurutucular ile kurutulma olanakları üzerine araştırmalar. *Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı*, 332-337, Erzurum.
- Yaldız O, Ertekin C (2001). Thin layer solar drying of some vegetables. *Drying Technology*, 19(3&4): 583-597.
- Yaldız O, Ertekin C, Uzun H İ (2001). Mathematical modeling of thin layer solar drying of sultana grapes. *Energy*, 26: 457-465.
- Yıldız H, Baysal T (2007). Color and lycopene content of tomato puree effected by electroplasmolysis. *International Journal of Food Properties*, 10(3): 489-495.
- Yılmaz H N (2000). *Güneş Pili Tahrikli Model Bir Güneşli Kurutucunun Geliştirilmesi ve Kurutulmuş Domates Üretiminde Teorik ve Deneysel İncelenmesi*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yılmaz E (2001). The chemistry of fresh tomato flavor. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25(3): 149-155.
- Zakaria M, Simpson K, Brown P R, Krstulovic A (1979). Use of reversed-phase high-performance liquid chromatographic analysis for the determination of provitamin A carotenes in tomatoes. *Journal Of Chromatography A*, 176(1): 109-117.
- Zanoni B, Peri C, Nani R, Lavelli V (1999). Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. *Food Research International*, 31(5): 395-401.

## ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Tekirdağ' da doğan Füsün HASTÜRK ŞAHİN, ilk, orta ve lise öğrenimini Tekirdağ' da tamamlamıştır. 1995 yılında Trakya Üniversitesi Tekirdağ Meslek Yüksek Okulu Tarım Alet ve Makinaları Bölümünde ön lisans öğrenimime başlayarak, 1997 yılında bu bölümden mezun olmuştur. Aynı yıl Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları bölümüne dikey geçiş yapmış ve buradan 2000 yılında Ziraat Mühendisi olarak mezun olmuştur. 2001 yılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başlamış, 2002 yılında Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak atanmıştır. 2004 yılında Yüksek Lisans öğrenimini tamamlayıp Ziraat Yüksek Mühendisi ünvanını alarak, aynı yıl aynı anabilim dalında doktora öğrenimine başlamıştır. Namık Kemal Üniversitesinin kurulmasını takiben, 2007 yılında Trakya Üniversitesinden Namık Kemal Üniversitesine geçip, bu üniversitenin Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya devam etmiştir. 2009 yılında Namık Kemal Üniversitesi Hayrabolu Meslek Yüksek Okulu Tarım Makinaları Programına Öğretim Görevlisi olarak atanmıştır ve halen bu görevini sürdürmektedir, evlidir.