

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI KURUTMA ÖN İŞLEMLERİ VE METODLARININ DOĞRANMIŞ
KURU SOĞANLARIN KURUTMA KİNETİĞİ VE KALİTESİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

Cengiz ÇETİN

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2014**

**T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI KURUTMA ÖN İŞLEMLERİ VE METODLARININ DOĞRANMIŞ
KURU SOĞANLARIN KURUTMA KİNETİĞİ VE KALİTESİ ÜZERİNE
ETKİSİ**

Cengiz ÇETİN

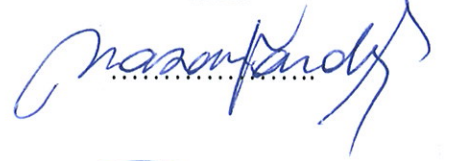
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2014**

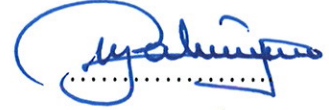
Doç. Dr. Hasan VARDİN danışmanlığında, Cengiz ÇETİN'in hazırladığı "Farklı Kurutma Ön İşlemleri ve Metodlarının Doğranmış Kuru Soğanların Kurutma Kinetiği ve Kalitesi Üzerine Etkisi" konulu bu çalışma 23/10/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: Doç. Dr. Hasan VARDİN



Üye : Prof. Dr. Ayşe Yıldız PAKYÜREK



Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN



Bu Tezin Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım

Prof. Dr. Sinan UYANIK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 13085

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
SİMGELER DİZİNİ	vi
1.GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
2.1.Fiziksel Özellikler	7
2.2.Kurutma Yöntemi.....	8
2.3.Soğan Kurutmada Uygulanan Ön İşlemler	10
2.4. Kurutma Kinetiği.....	10
2.5.Toplam Fenolik Madde Tayini.....	11
2.6.Antioksidan Kapasitesi Tayini ve L-Askorbik Asit Tayini.....	12
2.7.Rehidrasyon Kapasitesi	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	14
3.1. Materyal	14
3.1.1. Bitki materyali.....	14
3.1.2. Kimyasal maddeler	14
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Kurutma ve Yöntemleri.....	16
3.2.1.1. Açık Havada Kurutma (Güneşte Kurutma)	16
3.2.1.2. Güneş Enerjili Kurutma	17
3.2.1.3. Kabin Kurutucuda Kurutma (Hava Akımlı)	18
3.2.1.4. Vakum Kurutucuda Kurutma.....	19
3.3.Fiziko-Kimyasal Analizler	20
3.3.1. Ekstraksiyon İşlemi.....	20
3.3.2. pH Tayini.....	20
3.3.3. Kuru Madde Tayini.....	20
3.3.4. Suda Çözünür Kuru Madde (S.Ç.K.M.) Tayini	20
3.3.5. Kül Tayini	21
3.3.6. Titrasyon Asitliği	21
3.3.7. Kurutma Kinetiği.....	21
3.3.8. Su Aktivitesi.....	21
3.3.9. Renk Analizi	22
3.3.10. Toplam Fenolik Madde İçeriği	22
3.3.11.Antioksidan Kapasitesi	22
3.3.12. Esmerleşme İndeksi (Sayısı)	23
3.3.13. Rehidrasyon Kapasitesinin Ölçümü	23
3.3.14. L-Askorbik Asit Tayini.....	23
3.3.15.Kurutulmuş Soğan Dilimlerinde Duyusal Değerlendirme	23
3.3.16. Sonuçların Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler	24
4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	25
4.1. Kurutulacak Soğanın Fizikokimyasal Özellikleri.....	25
4.2. Soğanların Kurutma İşlemleri	26
4.3. Kurutma Sistemlerinde Verim	31

4.4. Kurutma İşleminin Matematiksel Modellenmesi.....	32
4.5. Kurutma Sırasında Soğanların Su Aktivitesindeki Değişimi	34
4.6. Kurutma Sırasında Soğanların Renk Değerlerindeki Değişimi	38
4.6.1. Kurutma Sırasında Soğanların L Değerindeki Değişimleri	38
4.6.2. Kurutma Sırasında Soğanların Hue Değerindeki Değişimleri	43
4.6.3. Kurutma Sırasında Soğanların Kroma Değerindeki Değişimleri	48
4.6.4. Kurutma Sırasında Soğanların Esmerleşme İndeksindeki Değişimleri.....	52
4.7. Kurutma Sırasında Soğanların Toplam Fenolik Madde Değerindeki Değişimleri	56
4.8. Kurutma Sırasında Soğanların Antioksidan Kapasitesindeki Değişimleri.....	60
4.9. Kurutma Sırasında Soğanların L-Askorbik Asit Miktarı Değişim Oranları.....	64
4.10. Kurutma Sonrası Soğanların Rehidrasyon Kapasitesi	69
4.11. Kurutulmuş Soğanlarda Duyusal Değerlendirme	73
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	75
KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	84
EKLER.....	85

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI KURUTMA ÖN İŞLEMLERİ VE METODLARININ DOĞRANMIŞ KURU SOĞANLARIN KURUTMA KİNETİĞİ VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Cengiz ÇETİN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hasan VARDİN
YIL: 2014, Sayfa:92

Bu çalışmada Akgün 12 soğan çeşidine dört farklı ön işlem (suya daldırma, tuzlu su çözeltisine daldırma, maltodekstrin çözeltisine daldırma, patates nişastası çözeltisine daldırma) uygulanarak dört farklı kurutma yönteminde (kabin kurutucu, vakum kurutucu, güneş enerjili kurutucu ve açık havada kurutma) kurutma sırasında zamana bağlı nem oranındaki değişiminin kinetiğine bakılarak kalite değişimleri incelenmiştir. Kurutma sırasında örneklerde su aktivitesi, renk değerleri, esmerleşme indeksi, toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasitesi, L-Askorbik asit miktarı ve son üründe ise rehidrasyon kapasitesi değerleri incelenmiştir. Ağırlık değişim süresinde kurutma süresi bakımından vakum kurutucunun kurutma işlemi için en uygun kurutma yöntemi olduğu sonucuna varılmıştır. Kurutulan soğanların kalite özelliklerini optimum miktarlarda koruyan kurutma koşulları vakum kurutucu ile elde edilmiştir. Açık havada ($27.38 \pm 1.13^{\circ}\text{C}$, rüzgar hızı 1.35 ± 0.31 m/s) yapılan kurutma işleminin uzun sürede gerçekleştiği ve ürün kalitesinde yüksek kayıplar olduğu saptanmıştır. Kurutulan soğanların toplam fenolik madde miktarı, antioksidan kapasitesi, L-askorbik asit miktarının vakum kurutucuda yüksek düzeyde korunduğu saptanmıştır. Tüm kurutma yöntemleri ve koşullarında kurutma işlemi sonunda ürünün renk değerlerinden L^* ve h^* değerlerinin azaldığı C^* değerinin ise arttığı gözlemlenmiştir. Farklı kurutma yöntemleri ve ön işlem uygulanan soğanlara altı farklı matematiksel modelleme uygulanarak elde edilen verilere göre, açık havada kurutma için en uygun matematiksel modellemelere ait R^2 değerleri $0.9331-1$ değerleri arasında, χ^2 $0.002836-0$ değerleri arasında, MBE $(-0.01357-0$ ve RMSE $0.08084-0$ değerleri arasında, güneş enerjili kurutucu için R^2 değerleri $0.9699-0.9972$ değerleri arasında, χ^2 $0.002515-0.000289$ değerleri arasında, MBE $0.009508-0.003712$ ve RMSE $0.04888-0.016455$ değerleri arasında, kabin kurutucu için R^2 değerleri $0.9351-1$ değerleri arasında, χ^2 $0.005677-0$ değerleri arasında, MBE $0.020473-0$ ve RMSE $0.072501-0$ değerleri arasında, vakum kurutucu için R^2 değerleri $0.9537-1$ değerleri arasında, χ^2 $0.004827-0$ değerleri arasında, MBE $0.010697-0$ ve RMSE $0.064679-0$ değerleri arasında değişmektedir. Elde edilen istatistiksel veriler sonucunda nem oranı değişimi için en uygun modellemenin Page ve Modifiye Page modeli olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Soğan, Ön işlemler, Kurutma yöntemleri, Kurutma kinetiği, Toplam fenolik madde içeriği

ABSTRACT

M.Sc.Thesis

THE EFFECT OF DIFFERENT DRYING PROCESSES AND METHODS ON DRYING KINETICS AND QUALITY OF PRE-CHOPPED ONIONS

Cengiz ÇETİN

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

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hasan VARDİN
Year: 2014, Page :92

In this study the quality changes of Akgün 12 onion variety during drying of the samples after four pre-treatments (water soaking, salted-water solution soaking, malto-dextrin soaking, potato-starch soaking) and by using four different drying methods (cabinet drying, vacuum drying, solar drying, open air drying) with regard to alterations in moisture content changes relative to time were investigated. The water activity, color values, browning index, total phenolic substances content, antioxidant capacity, L-ascorbic acid content and rehydration capacity of the samples and final products were investigated during drying of the samples. Vacuum drying was determined as the most suitable drying method with regard to drying time while considering weight changes. The optimum drying conditions conserving quality attributes of the dried onions were provided with vacuum drying method. It was determined that open air drying ($27.38 \pm 1.13^\circ\text{C}$, wind velocity 1.35 ± 0.31 m/s) takes a long time and causes significant losses in the product quality. It was also determined that total phenolic content, antioxidant capacity and L-ascorbic acid contents were best conserved in the dried onions processed in vacuum dryer. It was observed that in all drying applications L^* and h^* values were decreased and C^* value was increased in the processed products. Six different mathematical equations were applied to drying process under different drying conditions and were found that R^2 values were between 0.9331–1, χ^2 values were between 0.002836–0, MBE values were between (-) 0.01357–0 and RMSE values were between 0.08084–0 for the samples dried in open air conditions while R^2 values were between 0.9699–0.9972, χ^2 values were between 0.002515–0.000289, MBE values were between 0.009508–0.003712 and RMSE values were between 0.04888–0.016455 for the solar dried samples; while R^2 values were between 0.9351–1, χ^2 values were between 0.005677–0, MBE values were between 0.020473–0 and RMSE values were between 0.072501–0 for the samples dried in cabinet dryer, and finally R^2 values were between 0.9537–1, χ^2 values were between 0.004827–0, MBE values were between 0.010697–0 and RMSE values were determined between the values of 0.064679–0. According to the obtained statistical data in this study Page and Modified page models were determined as the best models describing the moisture changes in the samples.

KEYWORDS: Onion, Pre-treatments, Drying methods, Drying kinetics, Total phenolic content

TEŞEKKÜR

Araştırmanın yürütülmesinden değerlendirilmesine kadar bana her konuda yardımcı olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hasan Vardin ve Yrd. Doç. Dr. Mehmet KARAASLAN'a, Sigma Plot 12.0 programında kullanılan modellerin yazımı ve teknik desteklerinden dolayı Gıda Mühendisi şahabettin DAĐHAN'a, çalışmamın laboratuvar aşamalarında yardımlarını gördüğüm Gıda Mühendisi Hüseyin SAMANCI ve başta Okay SARI olmak üzere Harran Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü öğrencilerine ve ayrıca hayatım boyunca maddi ve manevi büyük fedakarlıklar yaparak benim bu noktaya gelmemi sağlayan değerli AİLEM'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.Bazı ürünlerin yeterlilik dereceleri (%).....	4
Şekil 3.Soğan Kurutması Üretiminin Akış Şeması.....	15
Şekil 4.1.Açık havada (güneşte) kurutulan soğanların kuruma eğrisi.....	28
Şekil 4.2.Güneş enerjili kurutucuda kurutulan soğan dilimlerinin kuruma eğrisi.....	29
Şekil 4.3.Kabin kurutucuda kurutulan soğanların kuruma eğrisi.....	30
Şekil 4.4.Vakum kurutucuda kurutulan soğanların kuruma eğrisi.....	31
Şekil 4.5.Soğanların açık havada (güneşte) kurutulmasında su aktivitesi değişimi.....	36
Şekil 4.6.Soğanların güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında su aktivitesi değişimi.....	36
Şekil 4.7.Soğanların kabin kurutucuda kurutulmasında su aktivitesi değişimi.....	37
Şekil 4.8.Soğanların vakum kurutucuda kurutulmasında su aktivitesi değişimi.....	37
Şekil 4.9.Ön işlemsiz soğanların kurutulmasında L* değerindeki değişimler.....	41
Şekil 4.10.TS ön işlemlili soğanların kurutulmasında L* değerindeki değişimler.....	41
Şekil 4.11.SD ön işlemlili soğanların kurutulmasında L* değerindeki değişimler.....	42
Şekil 4.12.PN ön işlemlili soğanların kurutulmasında L* değerindeki değişimler.....	42
Şekil 4.13.MD ön işlemlili soğanların kurutulmasında L* değerindeki değişimler.....	43
Şekil 4.14.Ön işlemsiz soğanların kurutulmasında hue (h) değerindeki değişimler.....	45
Şekil 4.15.TS ön işlemlili soğanların kurutulmasında hue (h) değerindeki değişimler.....	46
Şekil 4.16.SD ön işlemlili soğanların kurutulmasında hue (h) değerindeki değişimler.....	46
Şekil 4.17.PN ön işlemlili soğanların kurutulmasında hue (h) değerindeki değişimler.....	47
Şekil 4.18.MD ön işlemlili soğanların kurutulmasında hue (h) değerindeki değişimler.....	47
Şekil 4.19.Ön işlemsiz soğanların kurutulmasında kroma (C*) değerindeki değişimler.....	50
Şekil 4.20.TS ön işlemlili soğanların kurutulmasında kroma (C*) değerindeki değişimler.....	50
Şekil 4.21.SD ön işlemlili soğanların kurutulmasında kroma (C*) değerindeki değişimler.....	51
Şekil 4.22.PN ön işlemlili soğanların kurutulmasında kroma (C*) değerindeki değişimler.....	51
Şekil 4.23.MD ön işlemlili soğanların kurutulmasında kroma (C*) değerindeki değişimler.....	52
Şekil 4.24.Ön işlemsiz soğanların kurutulmasında esmerleşme indeksindeki değişimler.....	54
Şekil 4.25.TS ön işlemlili soğanların kurutulmasında esmerleşme indeksindeki değişimler.....	54
Şekil 4.26.SD ön işlemlili soğanların kurutulmasında esmerleşme indeksindeki değişimler.....	55
Şekil 4.27.PN ön işlemlili soğanların kurutulmasında esmerleşme indeksindeki değişimler.....	55
Şekil 4.28.MD ön işlemlili soğanların kurutulmasında esmerleşme indeksindeki değişimler.....	56
Şekil 4.29.Ön işlemsiz soğanların kurutulmasında TFM'deki değişimler.....	58
Şekil 4.30.TS ön işlemlili soğanların kurutulmasında TFM'deki değişimler.....	58
Şekil 4.31.SD ön işlemlili soğanların kurutulmasında TFM'deki değişimler.....	59
Şekil 4.32.PN ön işlemlili soğanların kurutulmasında TFM'deki değişimler.....	59
Şekil 4.33.MD ön işlemlili soğanların kurutulmasında TFM'deki değişimler.....	60
Şekil 4.34.Ön işlemsiz soğanların kurutulmasında A.K değerinde değişimler.....	62
Şekil 4.35.TS ön işlemlili soğanların kurutulmasında A.K değerinde değişimler.....	62
Şekil 4.36.SD ön işlemlili soğanların kurutulmasında A.K değerinde değişimler.....	63
Şekil 4.37.PN ön işlemlili soğanların kurutulmasında A.K değerinde değişimler.....	63
Şekil 4.38.MD ön işlemlili soğanların kurutulmasında A.K değerinde değişimler.....	64
Şekil 4.39.Ön işlemsiz soğanların kurutulmasında L-A.A miktarı değişim oranları.....	66
Şekil 4.40.TS ön işlemlili soğanların kurutulmasında L-A.A miktarı değişim oranları.....	67
Şekil 4.41.SD ön işlemlili soğanların kurutulmasında L-A.A miktarı değişim oranları.....	67
Şekil 4.42.PN ön işlemlili soğanların kurutulmasında L-A.A miktarı değişim oranları.....	68
Şekil 4.43.MD ön işlemlili soğanların kurutulmasında L-A.A miktarı değişim oranları.....	68
Şekil 4.44.Açıkta kurutulmuş soğanların rehidrasyon kapasiteleri.....	71
Şekil 4.45.Güneş Enerjili Kurutucuda kurutulmuş soğanların rehidrasyon kapasiteleri.....	72
Şekil 4.46.Kabin kurutucuda kurutulmuş soğanların rehidrasyon kapasiteleri.....	72
Şekil 4.47.Vakum kurutucuda kurutulmuş soğanların rehidrasyon kapasiteleri.....	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1.Dünyada başlıca kuru soğan üreten ülkeler ve üretim miktarları	1
Çizelge 1.2. Kuru soğanda bulunan besin maddeleri, vitaminler ve mineral maddeler (Yenilebilir 100 gram soğan).....	3
Çizelge 1.3.Yıllara göre soğan üretim değerleri.....	3
Çizelge 2.Yüksek basınç altında işlenecek soğanlara ait özellikler	8
Çizelge 4.1.Kurutma işlemi öncesinde Akgün 12 soğan çeşidinin bazı fizikokimyasal özellikleri	26
Çizelge 4.2.Kurutulan soğanların kurutma süreleri, son nemleri ve verim değerleri	27
Çizelge 4.3.Kurutma modelleri ve denklemleri	32
Çizelge 4.4.Kurutulmuş soğanların su aktivitesi değerleri.....	38
Çizelge 4.5.Kurutulmuş soğanların L* değerleri	40
Çizelge 4.6.Kurutulmuş soğanların h değerleri.....	45
Çizelge 4.7.Kurutulmuş soğanların C* değerleri	49
Çizelge 4.8.Kurutulmuş soğanların esmerleşme indeksi değerleri.....	56
Çizelge 4.9.Kurutulmuş soğanların TFM içeriği değerlerindeki değişimler (birimsiz)	60
Çizelge 4.10.Kurutulmuş soğanların antioksidan kapasitesi değerleri (%).....	64
Çizelge 4.11.Kurutulmuş soğanların L-A.A değişimi (birimsiz)	69
Çizelge 4.12.Kurutulmuş soğanların rehidrasyon kapasiteleri (birimsiz)	71
Çizelge 4.13.Tuzlu su ön işlemlenmiş soğanların kurutulmasında uygulanan farklı kurutma yöntemleri için duyusal analiz değerlendirme sonuçları.....	74
Çizelge 4.14.Soğanların kabin kurutucuda uygulanan ön işlemler için duyusal analiz değerlendirme sonuçları	74

SİMGELER DİZİNİ

A	Absorbans
a,b,c, n	Model sabitleri
A.K	Antioksidan kapasitesi
BI	Browning İndeks-Esmerleşme indeksi
C*	Kroma değeri
CAE	Klorojenik asit eşdeğeri
dk	Dakika
DE	Dekstroz ekivalenti
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
g	Gram
GAE	Gallik asit eşdeğeri
G.E	Güneş enerjili kurutucu
h	Hue açısai değeri
k	Model katsayısı
kg	Kilogram
L	Litre
L-A.A	L-Askorbik asit
M	Anlık nem miktarı
MBE	Mean beas error
M.D	Maltodekstrin ön işlemlı soğanlar
M _e	Denge nem miktarı
mg	Miligram
mL	Mililitre
M ₀	Başlangıç nem miktarı
MR	Nem oranı (birimsiz)
nm	Nanometre
P.N	Patates nişastası ön işlemlı soğanlar
R ²	Regresyon katsayısı
RH	Bağıl nem
RMSE	Root mean square error
SÇKM- BRİKS	Suda çözünür kuru madde
S.D	Su ön işlemlı soğanlar
T.E	Trolox eşdeğeri
TFM	Toplam fenolik madde
T.S	Tuzlu su ön işlemlı soğanlar
X ²	Chi-square
w/v	Ağırlık/hacim

1.GİRİŞ

Soğan, *Monocotyledonea* sınıfının *Liliiflorae* takımında yer alan *Liliaceae* familyasının *Allium* cinsinde yer alan bir sebze olup latince adı *Allium cepa* (soğan) dır. Soğan ilk olarak Mısır'da M.Ö. 3200-2780 yılları arasında tüketilmeye başlanmış bir gıdadır. Ortaçağda, Avrupa ve Amerika'da ise pişmiş halde tüketilmektedir. Soğan ile ilgili ilk araştırmalar 1900'lü yıllarda yapılmıştır (Anonim, 2014a).

Dünyada kuru soğan üretim alanı sürekli artmaktadır. En büyük kuru soğan üreticisi ülke Çin'dir. Çizelge 1.1'de gösterildiği gibi Çin'i Hindistan ve ABD'den sonra Pakistan ile ülkemiz takip etmektedir (Anonim, 2014b).

Çizelge 1.1. Dünyada başlıca kuru soğan üreten ülkeler ve üretim miktarları

Sıra	Ülke	Kuru Soğan (ton)
1	Çin	20.817.295
2	Hindistan	13.565.000
3	ABD	3.407.370
4	Pakistan	2.015.200
5	Türkiye	2.007.120
6	İran	1.849.275
7	Mısır	1.728.417
8	Rusya	1.712.500
9	Brezilya	1.367.066
10	Japonya	1.271.000

Yemeklik soğan hem üretim açısından geniş tarım alanlarına sahip olması nedeniyle hem de her mutfakta yaygın olarak tüketildiğinden geniş bir tüketici kitlesine hitap etmektedir. Yemeklik soğan (*Allium cepa* L.) en eski sebzelerden birisi olup anavatanı Orta Asya'dır. Daha sonra Doğu Asya ve Orta Avrupa 'ya doğru yayılmıştır. Yemeklik soğanın sıcaklık değişimlerine uyum sağlayabilen bir bitki olması ülkeler arasında yaygınlaşmasında büyük etken olmuştur (Kaynas ve Ertan, 1986; Özmen, 1991).

Ülkemizde bulunan soğanları taze ve kuru soğan olmak üzere iki grupta sınıflandırabiliriz. Taze soğanlar, küçük soğan oluşturan veya düz bir yalancı gövdeye sahip yaz ve kış aylarında yaprakları ve beyaz gövde kısmı kullanılan

soğanlardır. *A.cepa* ve *A.fistulosum* türlerine giren soğanlar bu gruba girmektedir. Muhafaza ömürleri kısadır. Kuru soğanlar ise, çeşitlere göre farklı irilik ve şekilde soğan oluştururlar. Muhafaza ömürleri çeşitlere göre değişmekle birlikte uzundur. Soğanların muhafaza ömürleri dikkate alınarak iki grup altında toplanırlar. Bunlar yazlık ve kışlık çeşitlerdir. Yazlık çeşitler; kalın etli, sulu, açık renkli, uzun şekilli, kaba, gevşek, tatlı ve bekletmeye dayanıksızdırlar. Kışlık çeşitler; sıkı başlı, az sulu, koyu renkli, basık şekilli ve acıdır (Anonim, 2014a).

Türkiye'de Radar, Mísille, Daytona F1, Sedona F1, Gladstone, White Wing F1, Yalova 5, Rosalı, Electric ve Red Beauty F1 gibi bazı soğan çeşitleri üretilmektedir.

Soğanlar güneşten ışıklanma isteğine göre kısa gün, orta gün ve uzun gün olmak üzere üçe ayrılırlar. Kısa gün soğanları (erkenci) güneş ışığından günde 8-10 saat, orta gün soğanları (orta erkenci) günde 10-12 saat yararlanırken uzun gün soğanlarında (geççi) bu süre günde 13-15 saattir. Ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen Texas Early Grono, Granex 33, Globix, Alix, Aldobo ve Aki soğan çeşitleri kısa gün soğanlarına; Kantartopu 3, Çorum, Banko ve Valenciana soğan çeşitleri orta gün soğanlarına; Akgün 12, Yalova 15 ve Cache soğan çeşitleri uzun gün soğanlarına örnek verilebilir (Anonim, 2014c).

Soğan, enerji miktarı yüksek, protein miktarı orta düzeyde, Ca ve riboflavin yönünden zengindir. Soğanlar aminoasitlerden arjinin ve glutamik asit yönünden zengin bir gıda maddesidir. Soğan kabukları pektin yönünden zengindir. Renkli kabuğa sahip soğanlarda fenolik bileşikler daha fazladır. Beyaz kabuklularda fenolik bileşikler daha az bulunmaktadır. Soğanlardaki koku maddesinin esasını Allicin adı verilen aromatik bileşik oluşturur. Antibiyotik özelliği olan bu madde soğanın kesilmesi sonrası hava teması ile açığa çıkar. Soğanda bulunan benzyli-isothiocynate, allicin ve alliin, cycloartenol maddeleri doğal antibiyotiklerdir. Soğanı bu anlamda değerli kılan cycloartenol maddesidir ve genel olarak soğan içerdiği biyoaktif maddeler ve mikro besin elementleri nedeniyle insan beslenmesinde yer almaktadır (Anonim, 2014a).

Çizelge 1.2' de gösterildiği gibi soğanın besleyici değerleri dikkate alındığında kuru soğanda bulunan kalsiyum, potasyum, vitamin A ve karoten (UB) miktarları taze soğana göre daha fazladır. Su, protein, enerji, yağ, tiamin ve riboflavin değerlerinin ise kuru ve taze soğanda birbirlerine çok yakın olduğu görülmektedir (Anonim, 2014a).

Çizelge 1.2. Kuru soğanda bulunan besin maddeleri, vitaminler ve mineral maddeler (Yenilebilir 100 gram soğan)

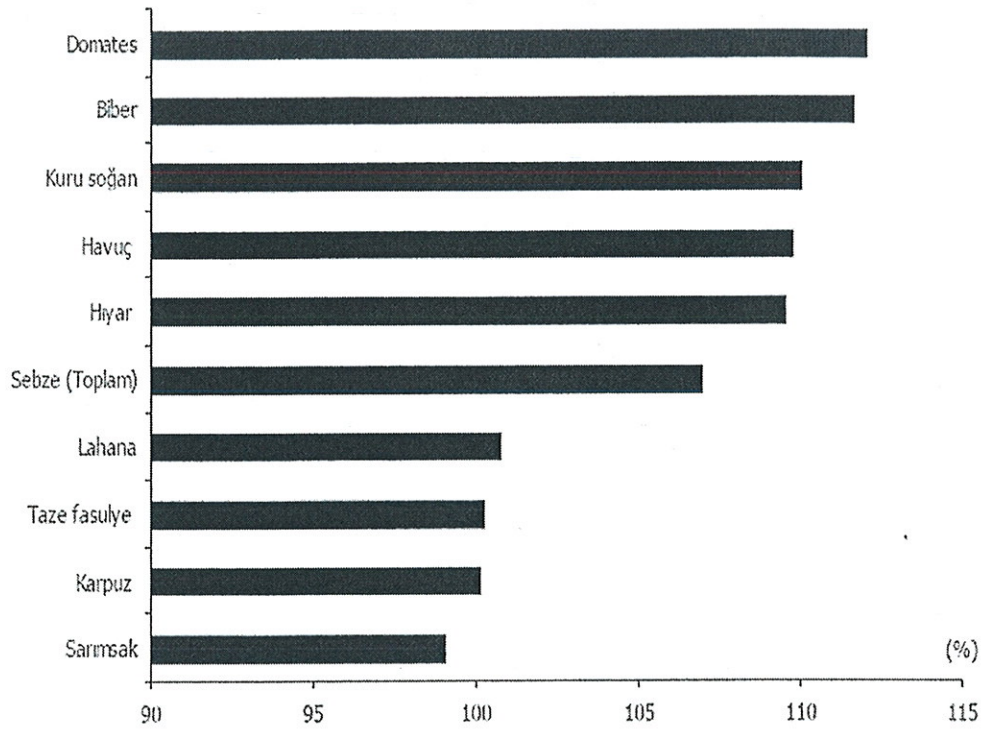
Besin maddesi	Taze	Kuru	Toz
Su (%)	89.1	89.4	5.0
Enerji (Kcal)	38.0	36.0	347.0
Protein (g)	1.5	1.5	10.1
Yağ (g)	0.1	0.2	1.1
Karbonhidrat (g)	8.7	8.2	80.7
Kül (g)	0.6	0.7	3.2
Kalsiyum (mg)	27.0	51.0	363.0
Demir (mg)	0.5	1.0	2.6
Fosfor (mg)	36.0	39.0	340.0
Potasyum (mg)	157.0	231.0	943.0
Sodyum (mg)	10.0	5.0	54.0
Vitamin A ve Karoten (UB)	40.0	2000.0	İz
Tiamin (mg)	0.03	0.03	0.42
Riboflavin (mg)	0.04	0.04	0.06
Niasin (mg)	0.2	0.2	0.6
C vitamin (mg)	10.0	32.0	15.0
Artık (%)	9.0	4.0	0.0

Ülkemizde en yaygın üretilen sebzelerden biri olan soğan hemen hemen her ilde üretimi yapılmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) yıllara göre taze soğan üretimi ve kuru soğan üretimi Çizelge 1.3'de gösterilmiştir (Anonim, 2014d).

Çizelge 1.3.Yıllara göre soğan üretim değerleri

Yıl	Taze Soğan (ton)	Kuru Soğan (ton)
1990	186.000	1.550.000
1995	235.000	2.850.000
2000	228.000	2.200.000
2005	200.000	2.070.000
2006	200.875	1.765.396
2007	185.140	1.859.442
2008	168.223	2.007.118
2009	169.271	1.849.582
2010	165.478	1.900.000
2011	153.823	2.141.373
2012	150.928	1.735.587
2013	153.478	1.904.846

2008-2009 piyasa döneminde tüm sebzelerin yeterlilik derecesi % 106.9 olarak belirlenmiştir. Bir gıdanın yurtiçi üretiminin, yurtiçi talebini karşılamasına yeterlilik derecesi denir. Toplam sebze arzının büyük bir kısmı yurt içinde tüketilmiş, sadece % 6.7'lik kısmı ihraç edilmiştir. Bu ürün döneminde kök ve yumru sebzelerden olan kuru soğanın yeterlilik derecesi %110 ile en yüksek değere sahiptir. Kuru soğanı; havuç, taze soğan ve turp takip etmektedir. Şekil 1'de bazı ürünlerin yeterlilik dereceleri gösterilmektedir (Kahyaoğlu-Aytaç, 2009).



Şekil 1. Bazı ürünlerin yeterlilik dereceleri (%)

Kurutulmuş meyve-sebze sektörü geleneksel güneşte kurutma (açıkta) yönteminin yanında kullandığı modern kurutma yöntemleri ile birlikte gıda sanayisinde önemli bir alt sektör haline gelmiştir. Ülkemizde üretilmekte olan kurutulmuş sebzelerin çoğu Avrupa Birliği ve ABD başta olmak üzere birçok ülkede gıda sanayi firmalarınca kullanım alanı bulmaktadır. Türkiye'de son yıllarda kurutulmuş sebzelerin gıda sanayilerinde kullanım miktarının giderek arttığı görülmektedir. Kurutulmuş sebzeler genellikle hazır çorbalar, soslar, hazır yemekler,

bebek mamaları, çeşitli et, balık ve süt ürünleri gibi çok farklı ürünlerde kullanım alanı bulmaktadır. Kurutulmuş sebzeler; dilimlenmiş, toz, granül ve flake gibi çeşitli formlarda da üretilmektedir. Organik kurutulmuş sebzelerin de üretiminde son yıllarda önemli bir artış görülmektedir (Kahyaoğlu-Aytaç, 2009).

Soğan yılın her döneminde severek tüketilen, birçok geleneksel, bölgesel, kültürel yemeklerin yanında fast-food yemeklerde de kullanılan bir sebzedir. Kuru soğanın direkt kullanımı yanında son yıllarda kurutulmuş olarak endüstriyel mutfaklarda ve hazır yemek üretimlerinde kullanımı artmıştır. Mutfaklarda soğanın ön işlemlerinde (soyma-kesme vb.) zaman kaybı, hazırlama güçlüğü gibi sebeplerden dolayı soyma-kesme işlemlerinden sonra kurutularak tüketime hazır hale getirilmiş soğana son yıllarda (özellikle hazır yemek, çorba sektörü) büyük talep artışı olmuştur. Soğan; hazır çorbalar, yemekler, soslar, turşular, çeşitli et ve balık ürünleri, baharat, bazı ilaçların yapımında, bazı fast-food tarzı yiyeceklerin sunumunda (pizza, hamburger gibi) kullanılmaktadır.

Kurutulmuş soğan üretiminde talebin artması ile birlikte ticaretinde de belirli spesifikasyonlar oluşmaktadır. Bunların başında renk, su tutma kapasitesi ve duyuşal özellikler gelmektedir. Kurutulmuş soğanın üretiminde özellikle renk, su tutma kapasitesi ve duyuşal özelliklerin istenilen değerlere ulaştırılabilmesi için farklı ön işlemler ve farklı kurutma yöntemlerinin araştırıldığı bu çalışmada Akgün 12 soğan çeşidi kullanılmıştır.

Bu tez kapsamında Akgün 12 soğan çeşidi doğranarak/dilimlenerek, farklı ön işlemler ve farklı kurutma yöntemleri uygulanarak kurutma kinetiği çıkarılmıştır. Türkiye'nin ve özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgemizin güneş enerjisi açısından zengin bir potansiyele sahip olmasından dolayı, kurutma uygulamalarında güneş enerjisinin verimli bir şekilde kullanımı enerji ekonomisi açısından son derece önemlidir. Bu çalışmada, kuru soğan için belirli ön işlemler uygulandıktan sonra açık havada (güneşte), vakum kurutucuda, kabin kurutucuda ve güneş enerjili kurutucuda kurutma sırasında zamana bağlı nem oranının değişimlerinin kinetiği çıkarılarak en uygun modeller belirlenmiştir. Çalışmamız 2 tekerrür, analizler 3 paralel olarak

yürütülmüştür. Elde edilen örneklerde belirli analizler yapılarak soğanların kurutulmasında uygun ön işlemler ve kurutma yöntemleri belirlenmiştir. Kurutma sırasında fenolik madde içeriği, su aktivitesi, antioksidan kapasitesi, L-askorbik asit, renk kayıplarının zamana bağlı değişim grafiği çıkarılmıştır. Ayrıca farklı ön işlemler uygulanarak kurutulan soğanların rehidrasyon yetenekleri ve bileşim değerleri de karşılaştırılmıştır. Bu verilerle hazırlanan çalışmamız endüstriyel soğan kurutma işlemlerinde önemli bir yardımcı kaynak olacaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Fiziksel Özellikler

Soğan işleme sırasında soğanın lezzet veya aroma kayıpları üzerine kinetik modellemeler ile ilgili literatür oldukça sınırlıdır. Soğan dilimlerine karakteristik tat ve koku veren tiosulfinat bileşiminde kayıplar meydana gelmektedir (Samaniego-Esguerre ve ark., 1991).

Kuru madde miktarı %7 ile %18 arasında değişen Sweet Vidalia, Spirit ve Niz adlı üç soğan çeşidi üzerine Abhayawick ve ark. (2002), yaptıkları çalışmada soğanların protein, yağ, şeker ve kül değerlerini belirlemişlerdir. Taze soğan olarak Niz çeşidinin (0.58 ± 0.04 g/100g); kuru soğan olarakda Sweet Vidalia çeşidinin (6 g/100g) en yüksek kül değerine sahip olduklarını tespit etmişlerdir.

Kurutma sırasında su buharı iletim oranı (water vapor transmission rate, WVTR) ve su buharı geçirgenliğinin (water vapor permeability, WVP) bağıl nem (relative humidity, RH) ve sıcaklık ile etkilendiği görülmüştür. RH'nin WVP üzerine etkisinin artan sıcaklık ile daha belirgin hale geldiği belirlenmiştir (Kaya ve Maskan, 2003).

Kurutulacak soğanların kuru madde düzeyinin, irilik ve şeklinin uygun bulunması, renginin beyaz olması ve kuvvetli bir aromaya sahip olması aranan başlıca özelliklerdir. Soğanların kuru maddesi %5-20 arasında değişmekte olduğundan kurutma amacıyla yüksek düzeyde kuru madde içerenlerin seçilmesi randıman açısından son derece önemlidir (Cemeroğlu, 2004a).

Yapılan bir çalışmada Roldan-Marin ve ark. (2009), yüksek basınç altında (100-500 MPa) soğanları işleyerek soğanların beslenme niteliklerini artırmak istemişlerdir. Çalışmada kullanılan soğana ait özelliklerin değerleri Çizelge 2'de gösterilmiştir. Soğanların 500 MPa yüksek basınç altında beslenme değerlerinin korunduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 2.Yüksek basınç altında işlenecek soğanlara ait özellikler

Özellik	Değer
pH	5.02±0.06
Titrasyon Asitliği (g sitrik asit/100 g)	2.00±0.01
Briks	6.51±0.12
L değeri	56.22±1.08
a değeri	-5.95±0.62
b değeri	7.81±0.84
h (hue) değeri	-0.91±0.03
C (kroma) değeri	9.82±0.84
Toplam Fenolik (mg CAE/100 g kurubazda)	438.88±15.05

Mota ve ark. (2010), konveksiyonla soğanın farklı sıcaklık (30 °C ile 70 °C arası) aralığında kurutulduğunda bazı kimyasal bileşenlerinin (kül, yağ, protein ve lif) kurutma işleminden etkilenmediğini, bazılarının ise (şeker, asitlik, C vitamini) etkilendiğini gözlemlemişlerdir.

2.2. Kurutma Yöntemi

Sharma ve ark. (1993), başlangıç nemi % 80 olan soğanları güneş enerjili kurutucu ile % 4 neme kadar düşürmüşler ve güneş enerjisinde tolere edilen maksimum sıcaklığın 55 °C olduğunu bildirmişlerdir.

Güneş enerjili kurutucuda ve güneşte doğal kurutulmuş soğan örneklerinden elde edilen duyusal değerlendirme verilerinin hemen hemen aynı olduğu görülmüştür. Güneş enerjili kurutucuda panelistlerin %36'sı lezzeti, %33'ü tekstürü ve %36.5'i rengin yüksek olanını kabul ederken doğal kurutmada örneklerin tüm kalite özellikleri (lezzet, tekstür, renk) iyi olarak kabul görmüştür (Gallali ve ark., 2000).

Soğan dilimlerinin kurutma esnasında farklı sıcaklık (50 °C, 60 °C, 70 °C, 75 °C) ve akış hızlarında tiosulfinat kaybı ve enzimatik olmayan esmerleşme kinetiği incelenmiştir. Ayrıca soğanın kurutulması ve depolanması esnasında kalite kayıpları üzerine sıcaklık, su aktivitesi ve nem içeriğinin etkisi kinetik modellemelerle belirlenmiştir (Kaymak-Ertekin ve Gedik, 2005).

Sharma ve ark. (2005a), soğan dilimlerinin kızılötesi radyasyon altında ince tabaka kurutma davranışlarını en iyi Page Modelinin açıkladığını belirtmişlerdir. Page Modelinin yüksek bir korelasyon katsayısı ve düşük ki-kare değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Soğan dilimlerinin sıcak hava yardımıyla farklı kızılötesi radyasyon uygulanarak farklı koşullarda kurutulmasında kurutma sıcaklığı, kesit kalınlığı, giren havanın sıcaklığı ve havanın hızının kurutma üzerine etkili olduğu bildirilmiştir. Page, Modified Page, Fick's ve Eksponansiyel modeller kullanılarak çıkarılan kurutma kinetiğinde Page ve Modified Page modelleri Fick's ve Eksponansiyel modellerine göre daha iyi bir lineer grafik vermiştir (Kumar ve ark., 2006).

Güneş enerjili zorlamalı konveksiyon kurutucularda soğan dilimlerinin nem içeriğinin yaklaşık % 86'dan yaklaşık % 7'ye düştüğü, hava resirkülasyonu kullanmadan uzaklaştırılan birim miktar su için gereken enerji ise 23,548 ile 62,117 Mj/kg su arasında bulunmuştur (Sarsavadia, 2007).

Güneşte, fırında (50 °C, 70 °C) ve mikrodalga fırında (210 W, 700 W) kurutulan soğan dilimlerinin kalite kriterlerine bakıldığında güneşte ve mikrodalga fırında (210 W) kurutulmuş ürünlerin daha iyi renk değeri verdiği belirlenmiştir. Ayrıca mikrodalga fırında kurutulmuş örneklerin toplam fenolik madde içeriğinin diğer kurutma yöntemlerine göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Arslan ve Özcan, 2010).

Perez-Gregorio ve ark. (2011), dondurarak kurutulmuş soğanlarda kurutulmamış soğanlara göre flavonollerin %32, antosiyaninlerin ise %25 oranında daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu artışları dondurarak kurutulmuş soğanların dokusunda meydana gelen değişikliklerle açıklamışlardır. Dondurarak kurutulmuş soğanların oda sıcaklığında, karanlıkta kapalı cam kaplarda altı aya kadar muhafaza edilebileceği ifade edilmiştir.

2.3. Soğan Kurutmada Uygulanan Ön İşlemler

Lewicki ve Wiltrowa-Rajkhert (1998), kurutulmuş soğan örneklerinin rehidrasyon kapasitelerini artırmak için uyguladıkları suya daldırma, nişasta çözeltisine daldırma işlemlerinde, örneklerin rehidrasyon yeteneklerinin kontrol örneğine göre gelişmiş olduğunu tespit etmişlerdir.

Baroni ve Hubinger (2007), soğanları 22 °C'de %10 ve %15 NaCl çözeltilerinde 1/10 oranında 60 dk daldırıldıktan sonra vakum altında (40, 50 ve 60 °C) kurutmaya bırakmışlardır. Soğanların %10 NaCl çözeltisi ön işlemi uygulananların daha hızlı kuruma gerçekleştirdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca ön işlem uygulanan soğanların doğal bir renk sunduğunu da belirtmişlerdir.

Mitra ve ark. (2011), soğanları 1, 3 ve 5 mm kalınlığında doğradıktan sonra %5 NaCl ve %0.2 K₂S₂O₅ çözeltilerine ¼ oranında daldırarak oda sıcaklığında 15 dakika bekletmişlerdir. Vakumda kurutmaya (50, 60 ve 70 °C) alınan soğanlara kinetik modelleme yapılmış ve Page modelinin uygun olduğu bildirilmiştir.

Siddiq ve ark. (2013), taze dilimlenmiş soğanları 1 dk. süreyle 50, 60 ve 70 °C'deki suya daldırılmışlar ve sonra depolamaya almışlardır. Depolama esnasında antioksidan kapasitesi ve renk değerlerini gözlemlediklerinde; 50 °C'deki suya daldırılmış soğan dilimlerinde bu değerlerin depolama öncesine göre korunduğunu bildirmişlerdir.

2.4. Kurutma Kinetiği

Yaldız ve Ertekin (2001), yaptıkları bir çalışmada Antalya'da güneş enerjili kurutucu altında soğanları kurutmaya alarak kurutmanın kinetik modellemesini hesaplamışlardır. Yüksek R² (0.9980) değeri veren Two-term modelinin uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Wang (2002), soğan dilimlerini kızılötesi radyasyon altında kurutarak kurutma kinetiğini çıkarmış, soğan dilimlerinin kurutma sürecini açıklamada Page Modelinin

Exponential Model ve Approximation of Diffusion Modeline göre daha uygun olduğunu bildirmiştir.

Kurutmada başlangıç nem içeriği tüm deneyler için aynı olmadığından kurutma eğrilerinin kinetik modellenmesi nem verilerinin nem oranına dönüştürülmesi ile hesaplanmıştır. Nem oranı $MR=(M-M_e)/(M_0-M_e)$ olarak ifade edilmiştir. Ancak M_e (denge nem içeriği) sıfır olduğundan bu eşitlik $MR=M/M_0$ olarak basitleştirilmiştir (Jena ve Das, 2007).

Güneşte, fırında (50 ve 70°C) ve mikrodalga fırın (210 W, 700 W) kullanılarak yapılan bir çalışmada; kurutulan soğan dilimlerine sekiz farklı kinetik modelleme (Lewis, Page, Modified Page, Henderson and Rabis, Logaritmik, Two-term Modeli, Midilli ve Küçük ve Simplified Fick's diffusion equation) uygulanarak R^2 ve X^2 değerleri hesaplanmıştır. Bu modellemelerden Page, Modified Page ve Küçük ve Midilli modellemelerinin tüm kurutma yöntemlerinde R^2 değeri 0.9992 ile 0.9999 arasında değişen yüksek bir korelasyon katsayısı verdiğini, X^2 değerinin $0.87 \cdot 10^{-6}$ ile $1.83 \cdot 10^{-4}$ arasında değişen düşük bir değer aldığını bildirilmiştir (Arslan ve Özcan, 2010).

Yapılan bir diğer çalışmada vakum altında 50-70°C sıcaklık aralığında, soğan dilimlerinin kurutulması üzerine ön işlemler, kurutma sıcaklığı ve soğan dilimlerinin kalınlığının etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada ayrıca, kurutulan soğanların neminin zamana karşı azalmasında dört farklı kinetik modelleme (Lewis, Page, Logaritmik ve Fick's) kullanılarak, R^2 ve standart hata değerleri belirlenmiştir. Page modelinin diğer modellemelere göre daha yüksek R^2 değeri verdiği bildirilmiştir (Mitra ve ark., 2011).

2.5. Toplam Fenolik Madde Tayini

Prakash ve ark. (2007), dört çeşit soğanın (kırmızı, mor, yeşil, sarı) iç, orta ve dış katmanındaki toplam fenolik madde içeriğini incelemiştir. Bunlardan sarı soğanın dış, orta ve iç katmanlarında sırasıyla kuru bazda 7.6 mg GAE/g, 6.4 mg GAE/g ve 5.7 mg GAE/g olarak toplam fenolik madde içeriği belirlenmiştir.

Soğanın farklı çeşitlerinde fenolik bileşiklerle ilgili yapılan bir çalışmada Kaur ve ark. (2009), toplam fenolik madde içeriğinin 41.74 ile 146.90 mg GAE/100 g aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

Arslan ve Özcan (2010), farklı kurutma yöntemleri ile yaptıkları çalışmada soğanların toplam fenolik madde miktarını incelemişlerdir. Taze soğanda 28 mg/100 g, kurutulmuş örneklerde ise güneşte (açıkta) 472 mg/100 g, kabin kurutucuda (50°C) 512 mg/100 g, kabin kurutucuda (70°C) 780 mg/100 g olarak soğanların toplam fenolik madde içeriğini belirlemişlerdir.

Gökçe ve ark. (2010), beyaz soğanın toplam fenolik madde içeriğinin 9-13 mg GAE/100g gibi düşük değerlerde olduğunu bildirmişlerdir.

Singapur'da tüketilen 66 farklı sebze için yapılan çalışmada Isabelle ve ark. (2010), %88.15 neme sahip olan taze soğanın 0.90 mg GAE/g toplam fenolik madde içerdiğini bildirmişlerdir.

Gökçe ve ark. (2010), soğan çeşitlerinin toplam fenolik madde içeriğini incelediklerinde sarı soğanın kuru bazda 3.7 mg GAE/g olarak en yüksek değere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca antioksidan kapasitesi ile toplam fenolik madde içeriği arasında bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir.

Machavarapu ve ark. (2013), soğan kabuklarının farklı çözücüler, farklı çözücü oranları ve farklı miktardaki örnekler kullanarak fiziko-kimyasal analiz parametrelerinin optimizasyonunu incelemişler ve elde edilen sonuçlara göre toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesinde en iyi optimizasyonu %80 metanol içeren çözücüde 19.412 mg/L toplam fenolik madde olarak belirlemişlerdir.

2.6. Antioksidan Kapasitesi Tayini ve L-Askorbik Asit Tayini

Gallali ve ark. (2000), C vitamini ile ilgili yapılan bir çalışmada taze soğanın 4.25 mg/100g askorbik asit içeriğine sahip olduğunu doğal kurutmada ise bu değer 2.15 mg/100 g olduğunu belirtmişlerdir.

Sarı soğanın iç, orta ve dış katmanındaki antioksidan kapasitesi incelenen bir çalışmada; iç katmanın %13.6, orta katmanın %18.1 ve dış katmanın %23.4 antioksidan kapasitesine sahip olduğu bildirilmiştir (Prakash ve ark., (2007).

Gorinstein ve ark. (2009), çiğ kırmızı soğan, beyaz soğan, yeşil soğan, sarımsak, kırmızı biber, yeşil biber ve beyaz lahananın farklı yöntemlere göre antioksidan kapasitelerini incelediklerinde DPPH yöntemine göre kırmızı soğanın antioksidan kapasitesi $41.32 \pm 3.9 \mu\text{M TE/g}$ olarak bulmuşlardır. Antioksidan kapasitesi sıralaması ise kırmızı soğan>beyaz soğan=yeşil soğan>kırmızı biber>sarımsak=yeşil biber>beyaz lahanadır.

Isabelle ve ark. (2010), Singapur'da yapılan bir çalışmada taze soğanın 60 $\mu\text{g AA/g}$ Askorbik asit içerdiğini bildirmişlerdir.

Mota ve ark. (2010), konveksiyonla soğanın farklı sıcaklık (30°C ile 70°C arası) aralığında kurutulduğunda C vitamini miktarının sıcaklıktan etkilendiğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca soğanların kuru bazda içerdikleri askorbik asit değerlerinin; taze soğanda yaklaşık 1889 mg/100 g, 30°C'de kurutulanlarda yaklaşık 137 mg/100g, 40°C'de kurutulanlarda yaklaşık 136 mg/100g, 50°C'de kurutulanlarda yaklaşık 134 mg/100g, 70°C'de kurutulanlarda ise yaklaşık 89 mg/100g olduğunu bildirmişlerdir.

2.7. Rehidrasyon Kapasitesi

Pawar ve ark. (1988), NaCl ön işlemi uygulamanın soğanın son rehidrasyon kapasitesi üzerinde çok az azalış etkisi olduğunu açıklamışlardır.

Olivera ve Ilincanu (1999), bir ürünün rehidrasyon kapasitesinin kimyasal bileşim, ön kurutma işlemleri, ürünün formülasyonu, kurutma teknikleri ve koşulları, sıcaklık, daldırma ortamı ve hidrodinamik koşullardan etkilendiğini belirtmişlerdir.

Kızılötesi konveksiyon koşulları altında kurutulan soğan dilimlerinin rehidrasyon oranı geleneksel yolla kurutulan örneklerle kıyasla kalite açısından yaklaşık iki katı kadar daha iyi sonuç vermiştir (Sharma ve ark., 2005b).

3. MATERYAL ve YÖNTEM**3.1. Materyal****3.1.1. Bitki materyali**

Araştırmada bitki materyali olarak Akgün 12 soğan çeşidi kullanılmıştır. Soğanlar Gaziantep ilinin Nurdağı ilçesine bağlı Sakçagöze beldesindeki çiftçilerden tarladan 50 kg'lık çuvallar halinde alınarak uygun şartlarda laboratuvara getirilmiş, analiz ve kurutma işlemleri yapılanaya kadar oda şartlarında (22 °C) muhafaza edilmiştir.

Akgün 12 üretimi arpacıkla yapılan uzun gün soğan çeşitidir. Baş büyüklüğü orta irilikte, baş şekli yuvarlak olup kabuk rengi sarı-kahverengidir. Depolanma özellikleri çok iyi, kışlık bir çeşittir. Orta erkenci, sanayi tipi, sofralık, ihracatta talep gören ve tarlada yetiştiricilik için önerilen bir çeşittir (Anonim, 2014e).

3.1.2. Kimyasal maddeler

Çalışmada kullanılan Methanol çözücüsü ve Folin-Ciocalteu ayracı Merck (Almanya), diğer tüm kimyasallar ise SIGMA-ALDRICH Co. Ltd (Steinheim, Almanya) firmasından sağlanmıştır. Kurutma yardımcı maddeleri olarak kullanılan patates nişastası Arı Gıda Sanayi A.Ş.'den (Pendik, İstanbul), tuz Cihan-kur A.Ş.'den (Cihanbeyli, Konya) ve maltodekstrin As Kimya Sanayi ve Dış Ticaret Anonim Şirketinden (Başakşehir, İstanbul) temin edilmiştir.

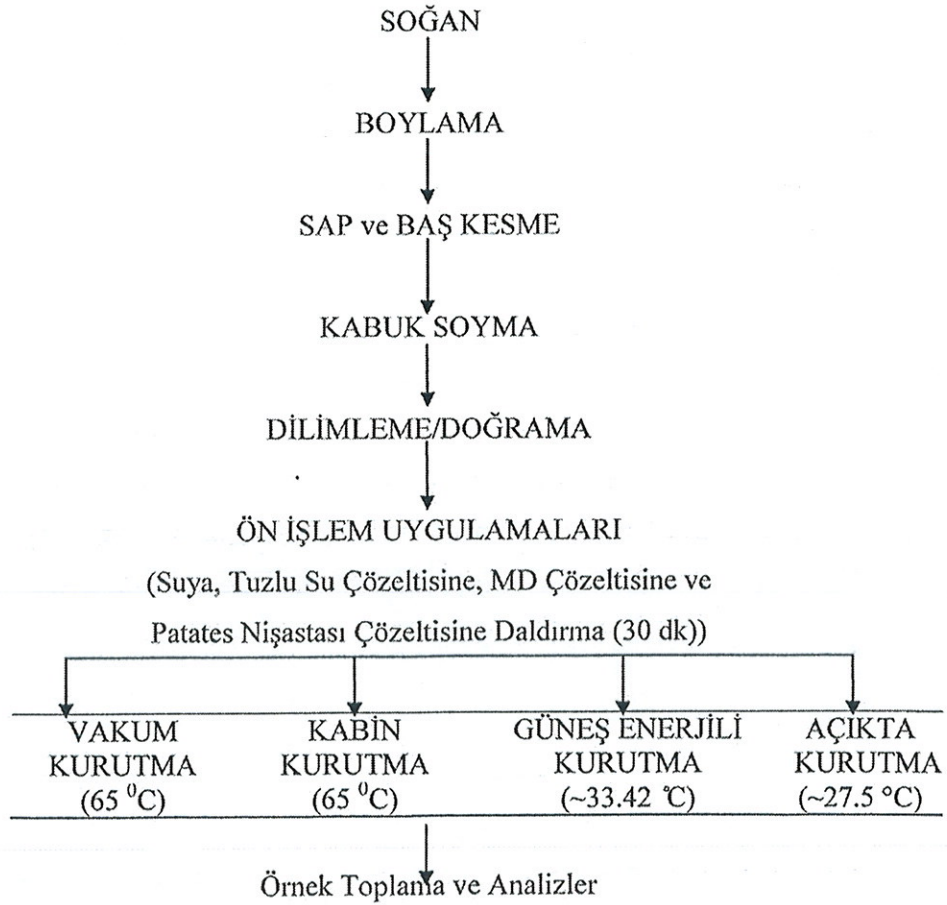
3.2. Yöntem

Kurutulacak soğanlar boyutlandırılarak, çapı 5 cm den büyük olanlar kurutmaya alınmıştır. İlk işlem olarak soğanların başları ve kökleri kesilmiştir. Sap ve baş kesme sonucu serbest kalan kabuklar soyulmuştur ve daha sonra kabukları

soğanlar küp şeklinde doğranmıştır. Kurutma için hazır hale getirilen soğanlara şu ön işlemler uygulanmıştır:

- (1) Suyu daldırma,
- (2) %5'lik Maltodekstrin (MD) (13 DE) çözeltisine daldırma,
- (3) %5'lik nişasta çözeltisine daldırma,
- (4) %5'lik tuzlu su çözeltisine daldırma.

Bu ön işlemler uygulanarak, kurutma öncesi doğranmış soğanlar oda sıcaklığında 30 dakika boyunca soğan/ön işlem uygulama çözeltisi oranı ½ olacak şekilde (w/v) ilgili çözeltilere daldırılmıştır. Doğranmış soğanlara bu ön işlemler uygulandıktan sonra kurutmaya alınmıştır. Soğan kurutması Şekil 3'de görüldüğü gibi 2 tekerrürlü olarak yapılmıştır.



Şekil 3.Soğan Kurutması Üretiminin Akış Şeması

Hammadde olarak kuru soğan ve elde edilen kurutulmuş soğanlarda fiziko-kimyasal olarak; pH tayini, kuru madde tayini, S.Ç.K.M. (suda çözünür kuru madde), kül, titrasyon asitliği tayini, su aktivitesi, renk analizleri, toplam fenolik madde tayini, antioksidan kapasitesi, L-Askorbik asit tayini, esmerleşme indeksi (sayısı) ve rehidrasyon kapasitesinin ölçümü yapılmıştır. Her bir örnek için analizler üçer paralelli olarak yapılmıştır.

3.2.1. Kurutma ve Yöntemleri

Kurutma, insanların ilk çağlardan beridir doğadan öğrendiği bilinen en eski dayandırılma yöntemidir. Kurutmadaki amaç ürünlerdeki suyun istenilen orana kadar buharlaştırılmasıdır. Diğer bir deyişle kurutma, %80-95 su oranına sahip meyve sebzelerin %5-20 su oranına kadar düşürülerek mikroorganizma faaliyetlerinin engellenmesi ve uzun süre depolanmasını sağlama işlemidir (Anonim, 2006).

Kurutulmuş ürünlerin kalite özellikleri mümkün olduğunca az değişmelidir. Renk, tat, görünüş, besin değeri ve rehidrasyon kapasitesi gibi özellikler birer kalite özelliğidir. Kurutulmuş ürüne pişirmek için su eklendiğinde taze halindeki su miktarına yakın suyu bünyesine alabilmelidir.

Hammadde özellikleri ve tüketicinin son üründen beklentilerine bağlı olarak pek çok kurutma yöntemi geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları; açık havada kurutma (güneşte kurutma), güneş enerjili kurutma, dondurarak kurutma (liyofilizasyon), kabin kurutucuda kurutma, vakum kurutucuda kurutma, tünel kurutucuda kurutma gibi.

Bu tez kapsamında soğanlar açık havada (güneşte kurutma) kurutma, güneş enerjili kurutucuda, kabin kurutucuda ve vakum altında kurutulmaya bırakılmıştır.

3.2.1.1. Açık Havada Kurutma (Güneşte Kurutma)

Güneş enerjisinden yararlanılarak açık havada yapılan kurutma işlemidir. Bilinen en eski kurutma yöntemidir. Ülkemizin çeşitli bölgeleri güneşte kurutmaya

elverişli olduğundan çeşitli meyve ve sebzeler başarılı bir şekilde kurutulmaktadır. İklim koşullarının uygun olduğu yörelerde enerji maliyeti gerektirmeden güneş enerjisinden yararlanıldığı için tercih edilmektedir. Ancak açık alanda kurutulmuş ürünün tozlanması, kuş ve böcek gibi hayvanların gıdaya verdikleri zararlar, kurutma süresinin uzun sürmesi, kurutma için geniş alanlara gereksinim duyulması ve istenilen nem seviyesine ulaşılamaması dezavantajlarıdır.

Bu çalışmanın amaçlarından birisi soğanın açık havada kurutulmasının diğer kurutma yöntemlerine (güneş enerjili kurutma, kabin kurutucuda kurutma ve vakum kurutucuda kurutma) göre avantaj ve dezavantajlarının araştırılmasıdır. Ayrıca ön işlemin açık havada kurutmadaki etkileri de incelenmiştir.

Açık havada yapılan bu kurutma çalışması Şanlıurfa'da Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsünde 23.10.2013 ve 04.11.2013 tarihlerini arasında ortalama sıcaklığın $27.38 \pm 1.13^\circ\text{C}$ olarak rüzgar hızının ise 1.35 ± 0.31 m/s olarak tespit edildiği güneşin yoğun olduğu 07:30-16:00 saatleri arasında (~8.5 saat/gün) gerçekleştirilmiştir (EK 3).

3.2.1.2. Güneş Enerjili Kurutma

Güneş enerjisi ve çeşitli yakıtlardan yararlanılarak yapılan kurutmadır. Güneşli mevsimlerde güneş enerjisinden, güneş enerjisinin yeterli olmadığı günlerde ise katı, sıvı ve gaz yakıtlardan sıcak hava elde edilmektedir. Fazla yatırım gerekli olmadığı ve kaliteli ürün elde etme imkanı olduğu için özellikle güneşte kurutmanın yerine tavsiye edilir (Anonim, 2006). Bu tip kurutmada, kurutma sırasında güneşte kurutmada görülen ürünün açık alanda tozlanması, kuş ve böcek gibi hayvanların gıdaya verdikleri zararlar, ürünün neminin kısa sürede uzaklaştırılmadığı durumlarda ortaya çıkan mikrobiyal aktivite sonucundaki küflenme ve verim kayıpları gibi olumsuzluklar giderilmeye çalışılır. Açık havada kurutmaya (güneşte kurutma) göre daha kontrollü bir kurutma yöntemidir.

Kurutma havasının güneş enerjisi ile ısıtıldığı yöntem, havanın uygun bir güneş kolektörü üzerinden geçirilerek ısıtılması ve ürün üzerine doğal konveksiyon veya zorlamalı konveksiyon yolu ile iletilmesi esasına dayanır (Scanlin, 1997).

Sıcak hava ile ürün kurutma işleminde kurutma havası belli bir sıcaklığa kadar ısıtılarak nem alabilme özelliği artırılmakta, doğal veya zorlamalı olarak kurutulacak ürün üzerine belli bir hızda gönderilmektedir. Ürün ile temas eden sıcak hava ürünün nemini alır ve bu işlem ürün istenilen nem oranına kadar devam eder. Kontrollü ortamda kurutulan ürünler açık havada kurutulan ürünlere göre daha temizdir ve kuruma sonunda doğal renk, tat, koku ve besin maddelerinde daha az değişim olmakta ve böylece kontrollü kurutma ile ürün çevre şartlarından korunmaktadır (Ertekin ve ark., 2001).

Bu çalışmada soğan kurutmada güneş enerjili kurutucunun açık havada kurutma ve diğer endüstriyel kurutuculara göre avantaj ve dezavantajları araştırılarak soğanların bileşimindeki kalite kriterleri incelenmiştir.

Bu çalışma Şanlıurfa'da Harran Üniversitesi Osmanbey Kampüsünde 29.10.2013 ve 07.11.2013 tarihlerini arasında, kurutma odasının ortalama giriş sıcaklığı 33.42 ± 1.21 °C, ortalama çıkış sıcaklığı 31.34 ± 1.79 °C, kurutma havasının kurutma odasına giriş hızı 3.5 ± 0.42 m/s çıkış hızı ise 2.13 ± 0.35 m/s olarak tespit edildiği güneşin yoğun olduğu 07:00-16:00 saatleri arasında (~9 saat/gün) gerçekleştirilmiştir (EK 3).

Kurutma odası toplam 5 raftan oluşmaktadır. Yukarıdan aşağıya doğru raflara sırasıyla ön işlem uygulanmamış, %5 tuzlu su çözeltisine daldırılmış, %5'lik patates nişastasına daldırılmış, %5 maltodekstrin çözeltisine daldırılmış ve suya daldırılmış soğanlar yerleştirilerek kurutma odasına konulmuştur (EK 3).

3.2.1.3. Kabin Kurutucuda Kurutma (Hava Akımlı)

Kabin kurutucular gıdaların kurutulmasına elverişliliği nedeni ile tercih edilmektedir. İç hacmindeki plakalar üzerinde ince tabakalar halinde kurutma yapılır.

Sahip olduğu fan ile içeriye temiz hava girişi sağlanmaktadır. Sıcak hava kurutulacak ürünün içinden, üzerinden ve arasından geçirilir. Hava akış hızı da kontrol edilebilmektedir.

Bu çalışmada soğanların bileşimindeki toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasitesi, L-Askorbik asit değerleri, renk değerleri gibi kalite kriterlerinin diğer kurutma yöntemlerine göre değişimini incelemek amacıyla kabin kurutucu kullanılmıştır.

Hava akımlı kabin kurutucuda sıcaklık 65°C olarak alınmış ve kurutma sırasında sabit tutulmuştur. Kurutma yapılırken saatte bir örneklerin ağırlık kaybının belirlenmesi için tartım yapılmıştır.

3.2.1.4. Vakum Kurutucuda Kurutma

Uzun sürelerde kuruyan meyve ve sebzeler için kullanılan alternatif kurutma yöntemidir. Ürün içindeki suyun vakum yapılarak alınması ile yapılan kurutma şeklindedir. Vakum altında yapılan kurutmalarda daha kaliteli ürün elde edilmesine rağmen yüksek maliyet giderleri nedeni ile çok fazla endüstride kullanılan bir metot değildir.

Vakum üründe bulunan nemin/suyun düşük sıcaklıklarda atmosferik koşullardan daha kolay buharlaşmasını sağlamaktadır. Üründen suyun uzaklaştırılması sırasında ortamda hava bulunmadığı için oksidasyon reaksiyonları azalmaktadır (Erbay ve Küçüköner, 2008).

Bu çalışmada soğan dilimlerinin bileşimindeki toplam fenolik madde içeriği, antioksidan kapasitesi, L-Askorbik asit değerleri, renk değerleri gibi kalite kriterlerinin diğer kurutma yöntemlerine göre değişimini incelemek amacıyla vakum kurutucu kullanılmıştır.

Vakum kurutucuda sıcaklık 65°C olarak alınmış ve kurutma sırasında sabit tutulmuştur. Kurutma yapılırken saatte bir örneklerin ağırlık kaybı belirlemek için tartım yapılmıştır.

3.3. Fiziko-Kimyasal Analizler**3.3.1. Ekstraksiyon İşlemi**

Açık havada (güneşte) kurutulan soğanlardan, güneş enerjili kurutucudan, kabin kurutucudan ve vakum kurutucudan kurutma sırasında belirli zaman aralıkları ile yaklaşık 5'er gram örnekler alınmıştır. Ekstraksiyon işlemi için soğanlar havan yardımıyla boyutları küçültülmüş ardından 50 ml %60 metanol çözeltisi ile (%0.01 HCl) 50 ml'lik falkon tüplere alınmıştır. Çalkalamalı inkübatörde (Labline, ABD) 50°C'de 30 dakika bekletilmiş ve 8 dakika 6000 rpm'de santrifüj (Hitachi CT6E, Taiwan) edilmiştir. Santrifüj işlemi sonucunda falkon tüplerde oluşan üst sıvı faz pipet yardımıyla ayrı bir falkon tüpe alınarak -20°C'de toplam fenolik madde miktarı, antioksidan kapasitesi ve L-Askorbik asit tayininde kullanılmak üzere muhafaza edilmiştir.

3.3.2. pH Tayini

Kuru soğanlar kabukları ayrıldıktan sonra blenderdan geçirilerek suyu alınmıştır. Soğan suyuna dijital pH metrenin (Orion 420) cam elektrotları daldırılarak pH ölçümü yapılmıştır (IFFJP, 1968).

3.3.3. Kuru Madde Tayini

Kuru madde miktarı AOAC 934.01 metodu ile hesaplanmıştır. Bu metoda göre partiküllerine ayrılmış olan örneklerden 2 g tartılarak vakum fırınında (Binder, Almanya) 105°C'de 100 mmHg basınç altında 5 saat kurutulmuştur (AOAC, 2000).

3.3.4. Suda Çözünür Kuru Madde (S.Ç.K.M.) Tayini

Ön işlem uygulanmamış soğanların suda çözünür kuru madde miktarı Abbe Refraktometresi (2WAJ, Çin) ile doğrudan yüzde olarak belirlenmiştir (Gould, 1977).

3.3.5. Kül Tayini

Hammadde olarak kuru soğanın kül tayini AOAC (1985)'ye göre belirlenmiştir.

3.3.6. Titrasyon Asitliği

Hammadde olarak kullanılacak soğanlar blenderdan geçirilerek suyu alınmıştır. Soğan suyundan 10 ml alınarak üzerine 2-3 damla fenolftaleyn indikatörü karıştırılmıştır. 0.1 N NaOH ile pH 8.1 olana kadar titre edilmiştir. Aşağıdaki formül yardımı ile susuz sitrik asit (g/100mL) cinsinden hesaplanmıştır (Altan, 1992).

$$\text{Titrasyon asitliği} = \frac{S \times N \times m_e \times F}{(\text{g/100mL}) \quad (\text{örnek miktarı})} \times 100$$

S ; NaOH sarfiyatı
 N ; NaOH'in normalitesi
 m_e; Sitrik asitin milieşdeğer ağırlığı
 F ; Kullanılan NaOH'in faktörü

3.3.7. Kurutma Kinetiği

Kurutma yöntemlerine göre, düzenli zaman aralıkları ile ağırlık ölçümleri yapılan soğan örneklerinden elde edilen nem oranlarından yararlanılarak kurutmanın en uygun matematiksel modeli belirlenmiştir. Aşağıdaki formül ile nem oranı birimsiz olarak hesaplanmıştır.

$$MR = \frac{M - Me}{Mo - Me}$$

MR:Nem Oranı Mo:Başlangıç Nem İçeriği
 M:Anlık Nem İçeriği Me:Denge Nem İçeriği

3.3.8. Su Aktivitesi

Su aktivitesi değeri enstrümental olarak su aktivitesi cihazı (Hygropalm AW1; Rotronic, Basserdorf, İsviçre) ile doğrudan belirlenmiştir.

3.3.9. Renk Analizi

Soğanlarda ve kurutma işlemi uygulanmış soğanlarda Hunter Lab kolorimetresi (Color Quest XE, USA) kullanılarak L*, a*, b* değerleri belirlenmiştir. Elde edilen L* değeri parlaklık, a* değeri kırmızılık, b* değeri sarı rengi ifade etmektedir (Krokida ve ark., 2001).

Soğanların kurutma sırasındaki hue (h) açısal değeri ile kroma (C*) değeri Hunter Lab. Kolorimetresinde belirlenen a*, b* renk parametreleri kullanılarak aşağıdaki formüller yardımı ile hesaplanmıştır (Kocabıyık ve Demirtürk, 2008).

$$h = \arctan(b^* / a^*)$$

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

3.3.10. Toplam Fenolik Madde İçeriği

Toplam fenolik madde miktarı yaygın metod olan FC (Folin-Ciocalteu) kolorimetrik yöntemine göre belirlenmiştir. Ekstraktlar seyreltilerek Folin-Ciocalteu ile okside edilmiş ve sodyum karbonat çözeltisi ile nötrallenmiştir. Karışım vortekste karıştırıldıktan sonra 90 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Son olarak Biochrom marka (İngiltere) spektrofotometrede 765 nm de absorbansı ölçülmüştür. Sonuçlar gallik asit kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak gallik asit eşdeğeri miligram olarak ifade edilmiştir. (Meyers ve ark., 2003; Öztan, 2006).

3.3.11. Antioksidan Kapasitesi

Analiz için hazırlanan ekstrakt 0.1 ml alınarak 2.9 ml 0.1 mM DPPH solüsyonuna eklenmiş ve 30 dak. karanlıkta bekletilmiş; daha sonra 517 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçüm yapılmıştır. Antioksidan kapasitesi aşağıdaki bağıntıya göre hesaplanmıştır (Blois, 1958).

$$\% \text{ Antioksidan Kapasitesi} = [A_K - A_O / A_K] \times 100$$

A_K: Kontrol (antioksidan içermeyen) örneğin absorbansı

A_O: Örneğin (antioksidan içeren) absorbansı

3.3.12. Esmerleşme İndeksi (Sayısı)

Esmerleşme indeks değeri (BI-Browning Index) Hunter Lab. Kolorimetresinde belirlenen L*, a*, b* renk parametreleri kullanılarak hesaplanmıştır (Maskan, 2001).

$$BI = \frac{100(x-0.31)}{0.17} \quad x = \frac{(a+1.75L)}{(5.645L+a-3.012b)}$$

3.3.13. Rehidrasyon Kapasitesinin Ölçümü

Rehidrasyon kapasitesinin ölçümü Lewicki ve ark. (1998), tarafından açıklanan yönteme göre yapılmıştır. Kurutma işlemi sonrasında elde edilen örneklerden 1 g alınmış bir behere konularak üzerine 100 mL su eklenmiştir. Rehidrasyon işlemine 0.5, 1, 2, 3, 4, 5 saat boyunca oda sıcaklığında devam edilerek ve her zaman noktasında örnekler bir filtre kağıdı üzerinde bekletilmiş, dış kısımlarındaki (absorbe edilmeyen) nem uzaklaştırılarak tartım işlemi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar zamana bağlı olarak grafik üzerinde ifade edilerek rehidrasyon kapasitesi ölçülmüştür.

3.3.14. L-Askorbik Asit Tayini

Askorbik asit, oksidasyon-redüksiyon indikatör boyasını (2-6 diklorofenol- indefenol) renksizliğe indirger. Reaksiyon sonunda indikatör boyanın fazlası asit çözeltide gül pembesi renk gösterir. Bu yönteme göre örnekler okzalik asitli ortamda boya ile reaksiyona girmesi sağlanarak, boyanın fazlasında oluşan renk Biochrom marka (İngiltere) çift ışın yollu spektrofotometrede 1 cm optik yollu küvet içerisinde 518 nm dalga boyunda absorbans ölçümü ile belirlenmiştir. Sonuçlar askorbik asit standart eğrisinden faydalanılarak, mg/100 g örnek olarak ifade edilmiştir (Hışıl, 1997; Yurdağül, 2007).

3.3.15. Kurutulmuş Soğan Dilimlerinde Duyusal Değerlendirme

Duyusal değerlendirmede ürünler Renk, Gevreklik, Koku, Lezzet ve Genel İzlenim gibi özellikleri bakımından değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Duyusal

analizler Altuğ (1993)'e göre dört temel tada duyarlılıkları test edilmiş 10 kişilik bir panelist grubu tarafından yapılmıştır. Örneklerin duysal özellikleri kalitenin derecelendirilmesinde kullanılan *Grafik Skala* metodu ile değerlendirilmiştir. Kullanılan duysal analiz formu EK-1'de verilmiştir.

3.3.16. Sonuçların Değerlendirilmesi ve İstatiksel Analizler

Araştırmadan elde edilen sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS (versiyon 16.0) istatistiksel paket programı kullanılarak DUNCAN çoklu karşılaştırma testi ($p < 0.05$) uygulanmıştır. Grafiklerin çizimi ise SigmaPlot (12.0) ile yapılmıştır.

4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Kurutulacak Soğanın Fizikokimyasal Özellikleri

Çalışmada ilk olarak hammaddenin tanımlanması ve genel özelliklerinin belirlenmesi için soğanların çeşitli fizikokimyasal analizleri yapılmıştır. Gıdaların renk, tat ve aroma gibi kalite özellikleri pH'ın değişimi ile farklılık göstermektedir. Soğanlarda koku müşteri memnuniyeti açısından önemli bir kriterdir. Kokunun gelişimi pH ile alakalıdır. Genellikle yüksek pH değerlerinde istenmeyen kokular oluşur.

Gıdalarda asitlik ve pH en çok ölçülen önemli özelliklerin başında gelmektedir. Bir gıdanın pH derecesi bilinmeden ona uygulanması gereken ısıl işlem koşullarının saptanması olanaksızdır. Meyve ve sebzelerde şeker/asit oranı, tadı oluşturan ve birçok gıdanın lezzet dengesinin oluşmasında önemli role sahiptir (Cemeroğlu, 2010). Bu nedenle gıdanın asitlik ve pH derecesinin ölçülmesi zorunludur. Bu araştırmada kullanılan Akgün 12 çeşidi soğanlarda pH değeri 5.21 ± 0.01 olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.1). Elde edilen bu değer in ülkemizdeki soğanların genel pH değerlerine uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Bitkisel ürünlerde titrasyon asitliği ürünün olgunluk derecesinin belirlenmesinde önemli bir ölçüttür. Gıdalarda renk, tat, tekstür ve hoş koku oluşumu üzerinde etkilerini belirlemek amacıyla titrasyon asitliği değeri sitrik asit cinsinden tayin edilmiştir. Akgün 12 soğan çeşidinde ölçülen titrasyon asitliği değeri ortalama 0.24 ± 0.01 g/ml olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).

Gıdalarda mikrobiyal stabilite için sahip olduğu kül miktarı önemlidir. Çünkü yüksek mineral konsantrasyonu mikroorganizma gelişmesini geciktirebilir. Beslenme açısından da olumlu bir kalite özelliğidir. Akgün 12 soğan çeşidinde ölçülen kül miktarı % 0.60 ± 0.01 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Türk Gıda Kodeksi verilerine göre soğanda toplam kül miktarı en çok % 5 olması istenir. Elde ettiğimiz değer in standartlarda belirtilen değerlere uygun olduğu tespit edilmiştir.

Soğanlarda briks ölçümü ürünün olgunluğunu ve hasat zamanını belirlemek amacıyla yapılır. Akgün 12 soğan çeşidinde briks değeri % 14.50±0.07 olarak tayin edilmiştir (Çizelge 4.1) ve soğanların işlemeye uygun olgunlukta olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4.1.Kurutma işlemi öncesinde Akgün 12 soğan çeşidinin bazı fizikokimyasal özellikleri

ANALİZLER	DEĞER
Nem %	
Ön İşlem Uygulanmamış	86.19±0.38
Tuzlu su ön işlemi uygulanmış (% 5)	86.91±0.55
Su ön işlemi uygulanmış	89.17±0.11
Maltodekstrin ön işlemi uygulanmış (% 5)	87.95±0.48
Patates Nişastası ön işlemi uygulanmış (% 5)	87.34±0.30
Kül %	
ön işlem uygulanmamış (kuru bazda)	0.60±0.01
pH	
ön işlem uygulanmamış	5.21±0.01
Briks %	
ön işlem uygulanmamış	14.50±0.07
Asitlik g/ml (sitrik asit cinsinden)	0.24±0.01

Ön işlem uygulanmayan ve ön işlem uygulanan soğanların ilk nem içeriği Çizelge 4.1'de gösterilmiştir. Ön işlem uygulanmayan soğanların ilk nemi % 86.19±0.38, %5 tuzlu su çözeltisine daldırılmış soğanların ilk nemi % 86.91±0.55, suya daldırılmış soğanların ilk nemi % 89.17±0.11, %5 patates nişastası ön işlemi uygulanan soğanların ilk nemi % 87.34±0.30 ve %5 maltodekstrin (13 DE) çözeltisine daldırılan soğanların ilk nemi ise % 87.95±0.48 olarak hesaplanmıştır.

4.2. Soğanların Kurutma İşlemleri

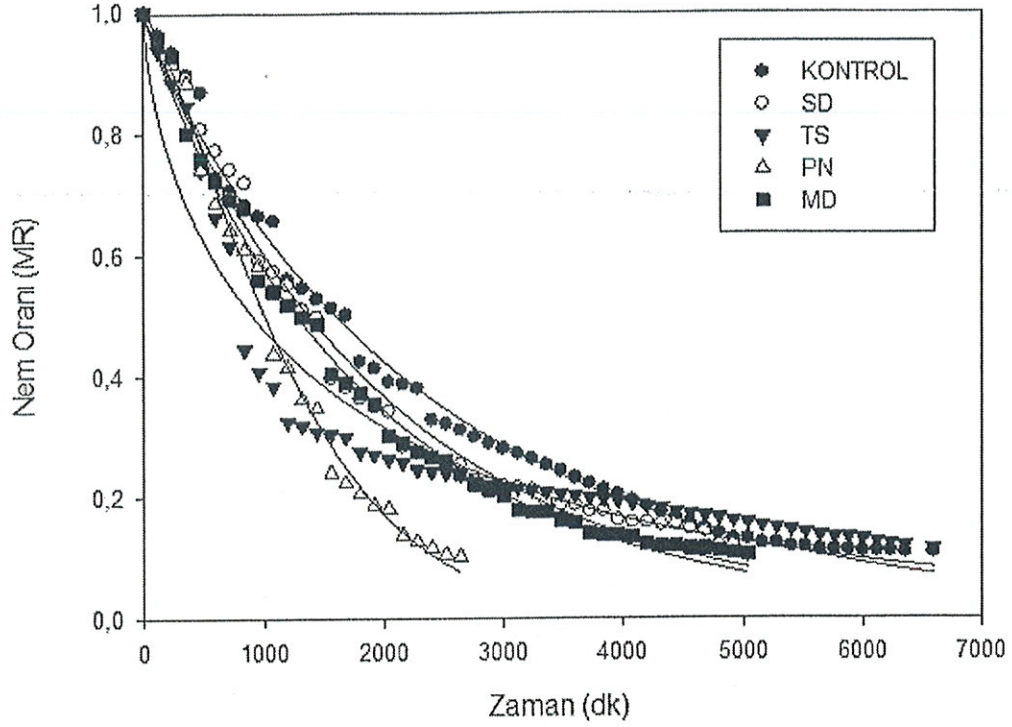
Kurutma için hazır hale getirilen soğanlara 30 dakika süresince oda sıcaklığında soğan/çözelti oranı ½ olacak şekilde %5'lik Maltodekstrin (MD) (13 Dekstroz Ekvivalenti (DE) değerlerinde) çözeltisine daldırma, suya daldırma, %5'lik nişasta çözeltisine daldırma ve %5'lik tuzlu su çözeltisine daldırma ön işlemleri uygulanmıştır. Doğranmış soğanlara bu ön işlemler uygulandıktan sonra ön işlem uygulanmayan örneklerle birlikte açık havada kurutma (güneşte kurutma), güneş enerjili kurutucuda kurutma, kabin kurutucuda kurutma (hava akış hızı 1.2 m/s) ve vakum kurutucuda kurutmaya alınmıştır.

Açık havada kurutmada ortalama sıcaklık $27.38 \pm 1.13^\circ\text{C}$ ve rüzgar hızı ise 1.35 ± 0.31 m/s; güneş enerjili kurutucuda kurutma odasının ortalama giriş sıcaklığı $33.42 \pm 1.21^\circ\text{C}$, ortalama çıkış sıcaklığı $31.34 \pm 1.79^\circ\text{C}$, kurutma havasının kurutma odasına giriş hızı 3.50 ± 0.42 m/s çıkış hızı ise 2.13 ± 0.35 m/s olarak tespit edilmiştir. Kabin kurutucuda (fanlı) ve vakum kurutucuda sıcaklık 65°C olarak alınmış ve kurutma sırasında sabit tutulmuştur.

Açık havada (güneşte kurutma) kurutma yönteminde ön işlem uygulanmayan soğanlar 6600 dk.da kurutulmuş ve son nemi %9.20 olarak belirlenmiştir. %5 tuzlu su çözeltisine daldırılan soğanlar %9.98 neme 6600 dk.da ulaşmıştır. Soğanlardan suya daldırılanlar ile %5'lik 13 DE maltodekstrin çözeltisine daldırılanlar sırasıyla %9.01 ve %9.12 neme 5040 dk.da ulaşmışlardır. %5 patates nişastasası çözeltisi uygulanan soğanlar 2640 dk.da son nemi %8.84 olarak kurutulmuştur (Çizelge 4.2). Açık havada kurutulan soğanlardan ön işlemlili olan soğanların tamamının kurutma süresinin ön işlemsiz olana göre yaklaşık 1500 dakika kısaldığı, kuruma özellikleri üzerinde ön işlemin etkisi olduğu saptanmıştır (Şekil 4.1).

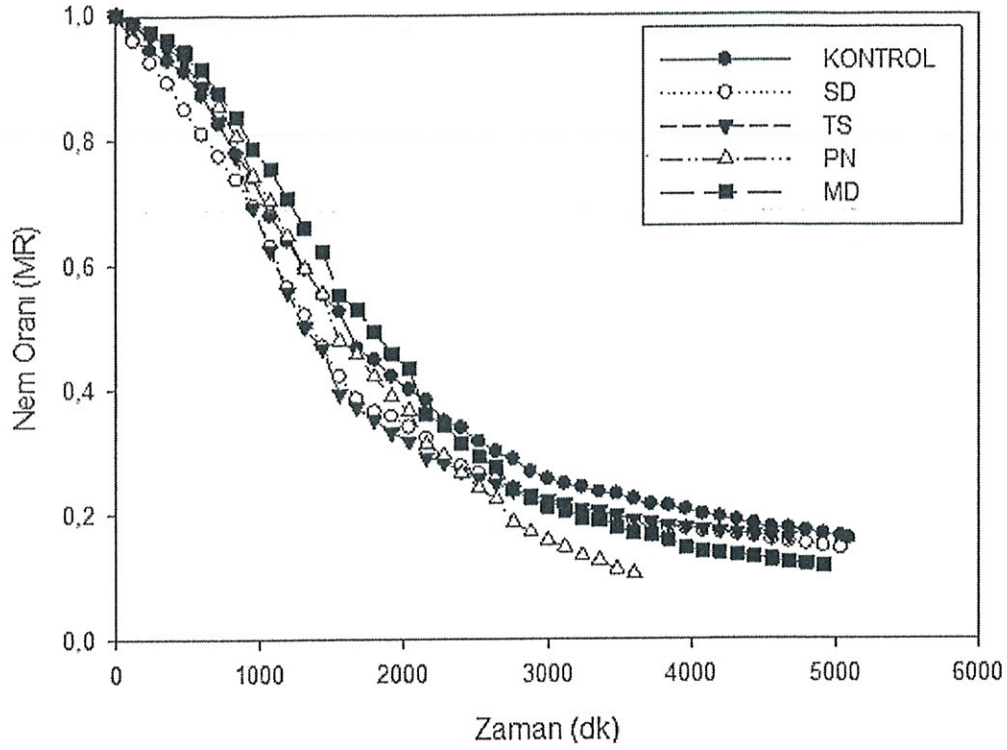
Çizelge 4.2.Kurutulan soğanların kurutma süreleri, son nemleri ve verim değerleri

Kurutma Yöntemi	Ön İşlem Türü	Kurutma Süresi (dk.)	Son Nem (%)	Verim (%)
Açık	Ön işlemsiz	6600	9.20	15.21
	Tuzlu suya daldırılmış (%5)	6600	9.98	15.98
	Suya daldırılmış	5040	9.01	13.02
	Maltodekstrine daldırılmış (5 Bx)	5040	9.12	14.72
	Patates nişastasasına daldırılmış (% 5)	2640	8.84	15.27
Güneş Enerjili Kurutucu	Ön işlemsiz	5100	13.67	16.00
	Tuzlu suya daldırılmış (% 5)	4680	14.03	16.94
	Suya daldırılmış	5040	12.78	14.88
	Maltodekstrine daldırılmış (5 Bx)	4920	10.12	14.64
	Patates nişastasasına daldırılmış (% 5)	3600	8.99	15.47
Kabin Kurutucu	Ön işlemsiz	1560	9.24	15.21
	Tuzlu suya daldırılmış (% 5)	3120	9.90	14.81
	Suya daldırılmış	1680	10.42	14.51
	Maltodekstrine daldırılmış (5 Bx)	2520	10.00	13.83
	Patates nişastasasına daldırılmış (% 5)	2040	9.01	15.23
Vakum Kurutucu	Ön işlemsiz	600	8.63	15.11
	Tuzlu suya daldırılmış (% 5)	1680	15.36	15.96
	Suya daldırılmış	1200	10.37	13.31
	Maltodekstrine daldırılmış (5 Bx)	1200	10.74	16.20
	Patates nişastasasına daldırılmış (% 5)	720	8.47	15.18



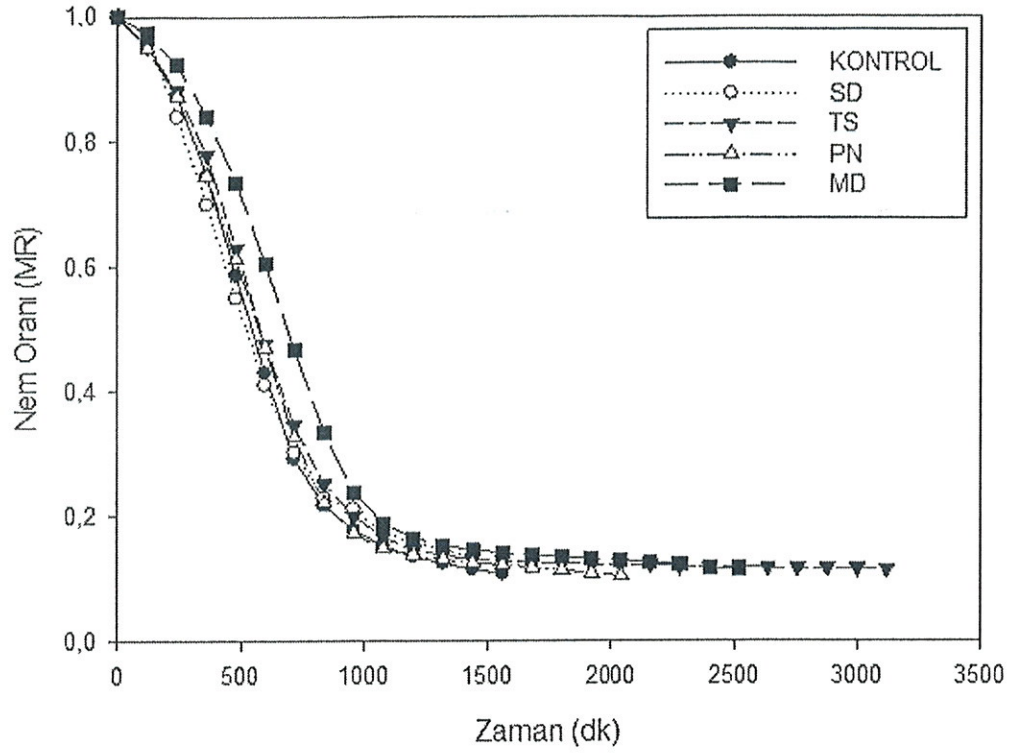
Şekil 4.1. Açık havada (güneşte) kurutulan soğanların kuruma eğrisi

Güneş enerjili kurutma yönteminde ön işlemsiz soğanlar 5100 dk.da %13.67 son neme ulaşmıştır. %5 tuzlu su çözeltisine daldırılan soğanlar %14.03 son neme 4680 dk.da, suya daldırılan soğanlar 5040 dk.da %12.78 son neme, %5 patates nişastası çözeltisine daldırılan soğanlar %8.99 neme 3600 dk.da ve %5'lik (13 DE) maltodekstrin çözeltisine daldırılan soğanlar ise 4920 dk.da %10.12 son neme ulaşmışlardır (Çizelge 4.2). Güneş enerjili kurutucuda ön işlemlili ve ön işlemsiz soğanların aynı anda kurutma odasına yerleştirilmesi ve buna bağlı olarak kurutma odasına giren havanın sıcaklığının raflar arasında değişmesinin sonucunda soğanların son nemlerinin farklı olduğu tespit edilmiştir. Güneş enerjili kurutucuda kurutulan soğanlardan ön işlem uygulanan soğanların kuruma özellikleri üzerinde ön işlemin etkisi olduğu görülmüştür. Soğanlardan %5 patates nişastası çözeltisine daldırılanların diğer ön işlem uygulananlara göre daha hızlı kuruma özelliği (yaklaşık 1250 dakika) gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.2).



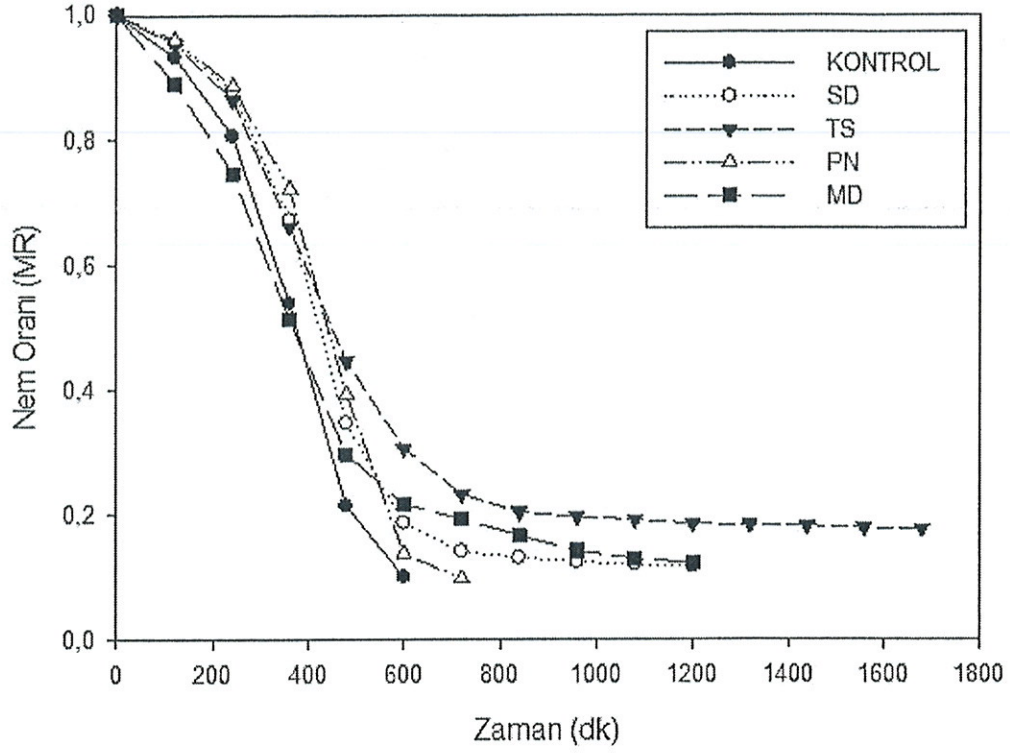
Şekil 4.2.Güneş enerjili kurutucuda kurutulan soğan dilimlerinin kuruma eğrisi

Kabin kurutucuda (fanlı) 65 °C kurutulan ön işlem uygulanmayan soğanlar 1560 dk.da %9.24 son neme ulaşmıştır. Suya daldırılan soğanlar %10.42 neme 1680 dk.da, %5 tuzlu su çözeltisine daldırılan soğanlar %9.90 neme 3120 dk.da, %5 patates nişastası çözeltisine daldırılan soğanlar %9.01 neme 2040 dk.da ve 13 DE %5'lik maltodekstrin çözeltisine daldırılan soğanlar ise %10.00 neme 2520 dk.da ulaşmışlardır (Çizelge 4.2). Kabin kurutucuda kendi kurutma şartlarında en kısa sürede (1560 dakika) kurutulan soğanların ön işlem uygulanmayan soğanlar olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3.Kabin kurutucuda kurutulan soğanların kuruma eğrisi

Vakum altında 65°C kurutulan soğanlardan ön işlem uygulanmayan soğanların %8.63 neme 600 dk.da ulaştığı belirlenmiştir. Soğanlardan %5 tuzlu su çözeltisine daldırılanlar %15.36 neme 1680 dk.da ulaşmıştır. Suya daldırılan soğanlar %10.37 neme ve %5'lik maltodekstrin (13 DE) çözeltisine daldırılan soğanların %10.74 neme 1200 dk.da ulaştığı belirlenmiştir. Soğanlardan %5 patates nişastasına daldırılanlar 720 dk.da kurutulmuş ve son nemi %8.47 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Vakum kurutucuda kurutulan soğanlardan en kısa sürede (600 dakika) kuruma süresine ulaşan ön işlemsiz soğanlar olurken %5 patates nişastası çözeltisine daldırılan soğanlar hemen hemen ön işlem uygulanmayan soğanlar ile aynı kuruma hızı özelliklerini göstermiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4.Vakum kurutucuda kurutulan soğanların kuruma eğrisi

4.3. Kurutma Sistemlerinde Verim

Açık havada (güneşte kurutma), güneş enerjili kurutucuda, kabin kurutucuda ve vakum kurutucuda kurutulmaya bırakılan soğanların verimlerine bakıldığında şu sonuçlar gözlemlenmektedir:

Ön işlem uygulanmayan soğanlarda randıman değeri güneş enerjili kurutucuda en yüksek (%16.00) değerdedir. Açık havada ve kabin kurutucuda ön işlemsiz soğanlardan aynı verim (%15.21) alınmıştır. Vakum altında ise bu değer %15.11 ile en düşük değerdir (Çizelge 4.2).

Soğanlardan %5 tuzlu su çözeltisi ön işlemi uygulananlardan verim değeri %16.94 ile en yüksek güneş enerjili kurutucudan alınmıştır. Vakum kurutucu ile açık havada (güneşte) kurutulanların verim değeri hemen hemen aynıdır ve sırasıyla %15.96, %15.98 olarak hesaplanmıştır. Kabin kurutucuda verim %14.81 ile en düşük

değeri almıştır. Çizelge 4.2’de de görüldüğü gibi % verim değerleri üzerine kurutulan örneklerin % son nem değerleri de etkili olmaktadır.

Suya daldırılan soğanlarda randıman güneş enerjili kurutucuda %14.88 ile en yüksek değere sahip olurken açık havada %13.02 ile en düşük değeri almıştır. Kabin kurutucu ve vakum kurutucuda sırasıyla verim değerleri %14.51 ve %13.31 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

Soğanlara uygulanan 13 DE sahip % 5’lik maltodekstrin çözeltisinde verim değeri vakum altında %16.20, açık havada %14.72, güneş enerjili kurutucuda %14.64 ve kabin kurutucuda %13.83 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

Soğanlardan %5 patates nişastası çözeltisine daldırılarak kurutulanların verim değerlerinin açık havada, güneş enerjili kurutucuda, kabin kurutucuda ve vakum kurutucuda sırasıyla %15.27, %15.47, %15.23 ve %15.18 olduğu ve yaklaşık aynı sonuçların tespit edildiği gözlenmiştir (Çizelge 4.2).

4.4. Kurutma İşleminin Matematiksel Modellenmesi

Kurutma özellikleri etkin kurutma davranışının modellenmesi ile araştırılabilir. Çeşitli matematiksel modeller kurutma işlemini tanımlamada geliştirilmiştir. Açık havada, güneş enerjili kurutucuda, kabin kurutucuda ve vakum kurutucuda kurutulan ön işlemlili ve ön işlemsiz soğan örneklerinden elde edilen nem içeriği değerlerinden nem oranları elde edilmiş, bu nem oranları matematiksel modellemelerde kullanılmıştır (Akpınar ve ark., 2006). Çalışmamızda soğanların kurutulmasında uygulanan altı farklı matematiksel modelleme Çizelge 4.3’de sunulmuştur.

Çizelge 4.3.Kurutma modelleri ve denklemleri

Model adı	Denklem	Kaynak
Page	$MR = \exp(-kt^n)$	Page, 1949
Modified Page	$MR = \exp[-(kt)^n]$	White ve ark., 1981
Henderson ve Pabis	$MR = a \exp(-kt)$	Henderson ve Pabis, 1961
Wangh ve Singh	$MR = 1 + at + bt^2$	Wangh ve Singh, 1978
Lewis	$MR = \exp(-kt)$	Bruce, 1985
Logaritmik	$MR = a \exp(-kt) + c$	Toğrul ve Pehlivan, 2002

Bu modellerde nem oranının bulunmasında $MR=(M-Me)/(Mo-Me)$ eşitliği kullanılmıştır. Ancak Me değeri M ve Mo değerleri ile karşılaştırıldığında nispeten küçük olduğundan (denge nem içeriği 0 (sıfır)) bu denklem $MR=M/Mo$ olarak basitleştirilmiştir (Akgün ve Doymaz, 2005; Toğrul ve Pehlivan, 2002; Thakor ve ark., 1999).

Nem oranlarının zamana karşı grafikleri Sigma Plot 12.0 programı ile çizilmiş ve altı ayrı matematiksel modellemenin istatistik parametreleri belirlenmiştir. Matematiksel modellemeler için ince tabaka kurutma yöntemi ve eşitlikleri kullanılmıştır. Korelasyon katsayısı olan R^2 en uygun modellemenin belirlenmesi için en önemli kriter olarak kabul edilmiştir. Ayrıca tahmin edilen ve deneysel veriler kullanılarak elde edilen χ^2 , Root Mean Square Error (RMSE), Mean Bias Error (MBE) değerleri en uygun modelin saptanmasını sağlamışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda R^2 değerinin en yüksek; χ^2 , RMSE ve MBE değerlerinin en düşük olduğu modelleme en uygun model olarak ifade edilmiştir (Kingsly ve Singh, 2007; Mitra ve ark., 2011).

Uygulanan modellemeler sonucunda elde edilen verilere göre açık havada kurutma için en uygun matematiksel modellemelere ait R^2 değerleri 0.9331–1 değerleri arasında, χ^2 0.002836–0 değerleri arasında, MBE (-)0.01357–0 ve RMSE 0.08084–0 değerleri arasında, güneş enerjili kurutucu için R^2 değerleri 0.9699–0.9972 değerleri arasında, χ^2 0.002515–0.000289 değerleri arasında, MBE 0.009508–0.003712 ve RMSE 0.04888–0.016455 değerleri arasında, kabin kurutucu için R^2 değerleri 0.9351–1 değerleri arasında, χ^2 0.005677–0 değerleri arasında, MBE 0.020473–0 ve RMSE 0.072501–0 değerleri arasında, vakum kurutucu için R^2 değerleri 0.9537–1 değerleri arasında, χ^2 0.004827–0 değerleri arasında, MBE 0.010697–0 ve RMSE 0.064679–0 değerleri arasında değişmektedir. Elde edilen istatistiksel veriler sonucunda nem oranı değişimi için en uygun modellemenin Page ve Modifiye Page modeli olduğu belirlenmiştir (EK 2.1-2.4).

Mitra ve ark. (2011), yaptıkları soğan dilimlerini vakum altında kurutma çalışmasında Page modelini en uygun model olarak belirlemişlerdir. Arslan ve Özcan

(2010), güneşte, fırında (50 °C, 70 °C) ve mikrodalga fırın (210 W, 700 W) kullanarak yaptıkları bir çalışmada; kurutulan soğan dilimlerine sekiz farklı kinetik modelleme uygulamışlar, en iyi modellemenin Page, Modified Page ve Küçük ve Midilli modellemeleri olduğunu bildirmişlerdir. Sharma ve ark. (2005a), soğan dilimlerinin kızılötesi radyasyon altında ince tabaka kurutma davranışlarını en iyi Page Modelinin açıkladığını belirtmişlerdir.

4.5. Kurutma Sırasında Soğanların Su Aktivitesindeki Değişimi

Kurutma işlemi esnasında saatte bir su aktivitesi miktarı enstrümental olarak Rotronic marka su aktivitesi cihazı ile doğrudan belirlenmiştir. Kurutmaya alınmadan önce soğanlardan ön işlemsiz olanların su aktivite değeri 0.978, suya daldırılan soğanların su aktivitesi değeri 0.965, %5 tuzlu su çözeltisine daldırılan soğanların su aktivitesi değeri 0.954, %5 patates nişastası çözeltisine daldırılan soğanların su aktivitesi değeri 0.995 bulunurken 13 DE %5'e sahip maltodekstrin çözeltisinde bekletilen soğanların su aktivite değerinin ise 0.986 olduğu tespit edilmiştir.

Açık havada (güneşte) kurutulan soğanların su aktivitesi değerleri 0.995-0.163 arasında değişmiştir. Açık havada ön işlem uygulanan soğanların su aktivite değerleri ön işlem uygulanmayan soğanlar ile paralel bir görüntü vermektedir (Şekil 4.5).

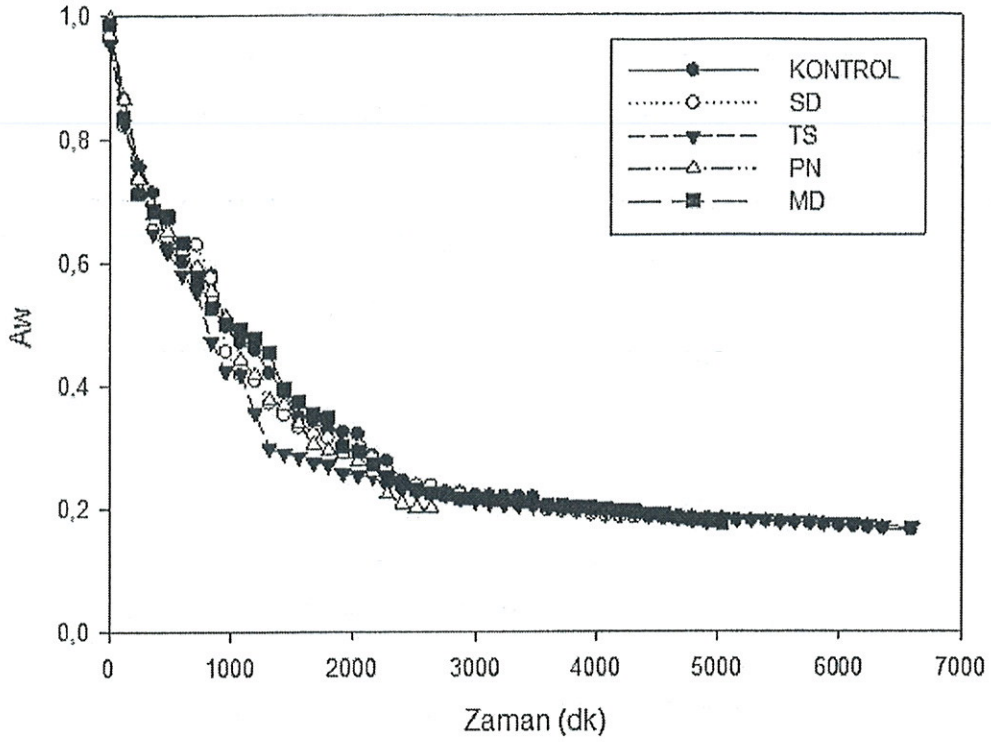
Güneş enerjili kurutucuda kurutmaya alınan soğanların su aktivite değerleri 0.995'den başlayarak kurutma işlemi sonuna kadar 0.153 değerine ulaşmıştır. Güneş enerjili kurutucuda ön işlemsiz soğanlar ile ön işlemlili soğanların su aktivitesi değerleri yaklaşık aynı şekilde azalma göstermiştir (Şekil 4.6).

Kabin kurutucuda kurutulan soğanların su aktivitesi değerlerinin 0.995 ile 0.206 aralığında değiştiği görülmüştür. Ön işlem uygulanan ve ön işlem uygulanmayan soğanların su aktivite değerleri belli bir yere kadar aynı düşüşü sergilerken daha sonra suya daldırılan soğanların su aktivitesi diğer ön işlem uygulanan ve ön işlem uygulanmayan soğanların su aktivitesi değerine göre daha çok düşüş göstermiştir (Şekil 4.7).

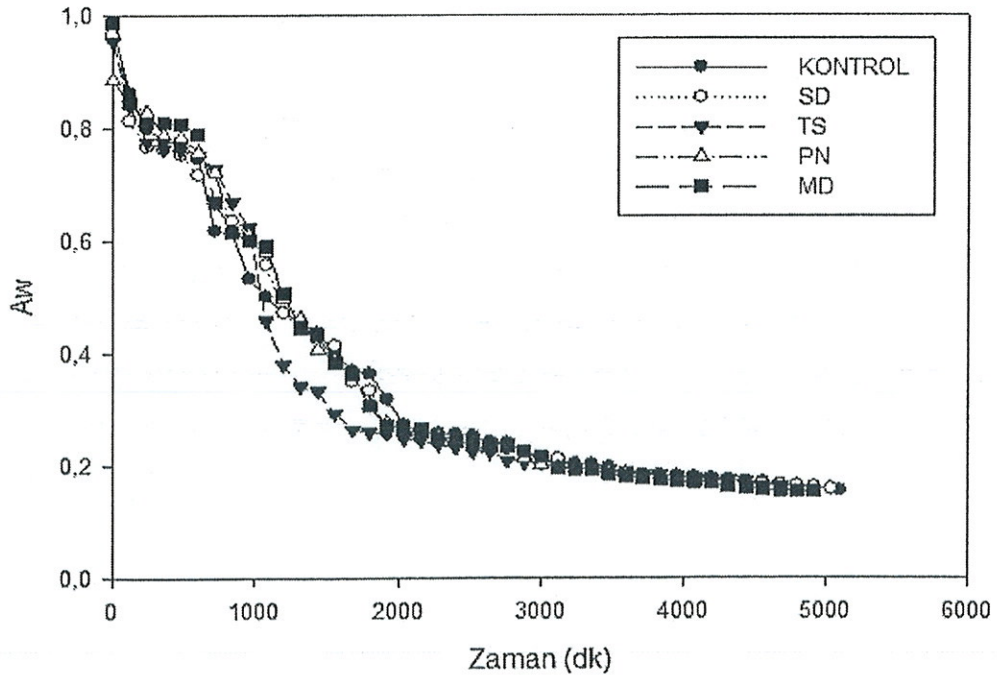
Vakum altında kurutmaya alınan soğanların su aktivitesi değerlerinin 0.995-0.230 arasında olduğu tespit edilmiştir. Ön işlem uygulanarak kurutulan soğanların (suya daldırılanlar hariç) su aktivitesi değerlerinin ön işlem uygulanmayan soğanların su aktivitesi değerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.8).

Su aktivitesi kurutulmuş ürünlerin raf ömrünün artırılmasında önemli bir kriterdir. Çünkü su aktivitesi yüksek ürünler mikrobiyal gelişmelere açık olduğundan ürünün kısa sürede bozulmasına olanak sağlar. Kurutulan tüm soğan örneklerinin su aktivitesi değerleri güvenli sınırlara ulaşmıştır.

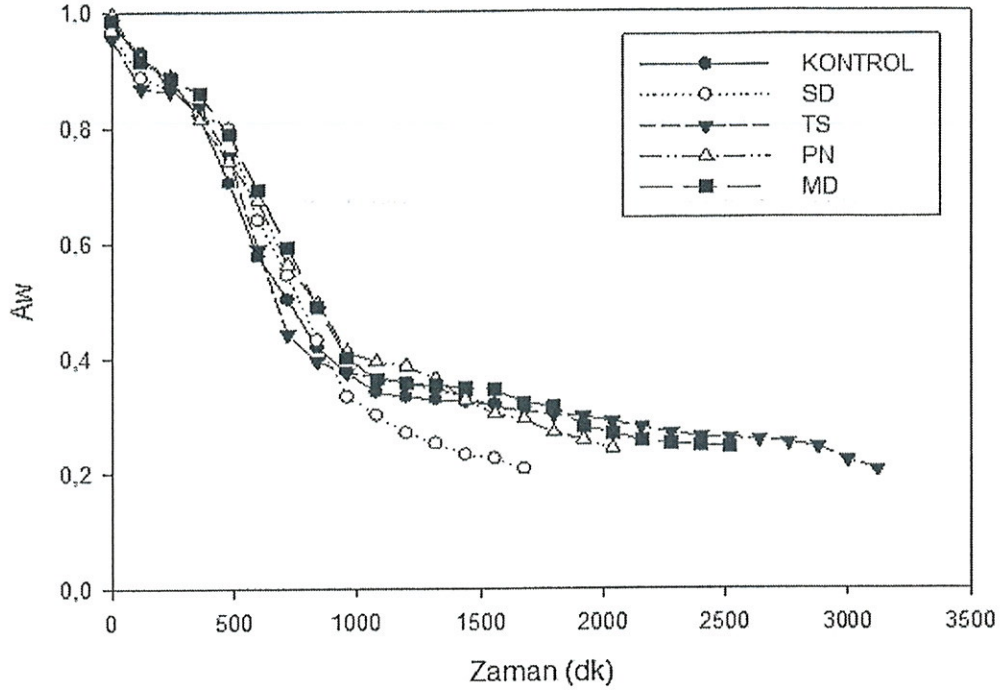
Wang ve Zhou (2013), soyaya % 20'lik çeşitli maltodekstrin DE (5,10,15) sprey kurutma işlemi uygulamışlardır. Soyanın 25°C'de depolamadaki kritik su aktivitesi değerlerini; maltodekstrin uygulanmayanlarda 0.0032, 5 DE maltodekstrin uygulananlarda 0.132, 10 DE maltodekstrin uygulananlarda 0.123 ve 15 DE maltodekstrin uygulananlarda 0.114 olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada Udomkun ve ark. (2014), papayayı 30 briks sukroz çözeltisine daldırdıktan sonra 3 farklı CaCl₂ konsantrasyonlu (% 0.5, % 1.5, % 2.5) ön işlemler uygulayarak 70°C'de tepsi kurutucuda kurutma işlemi uygulamışlardır. Kurutmaya alınmadan önce kontrolün ve CaCl₂ uygulananların su aktivitesi 0,972 ile 0.982 arasında değişmiştir. Kurutma işleminden sonra bu su aktivite değerlerinin 0.517 ile 0.530 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Joshi ve ark. (2008), domatesleri %2'lik CaCl₂ çözeltisine daldırarak 3, 6 ve 9 saat belettikten sonra 65°C'de kabin kurutucuda kurutmuşlar ve son ürünlerdeki su aktivitesi değerlerini sırasıyla 0.550, 0.469 ve 0.481 olduğunu tespit etmişlerdir. Kontrol örneğinde ise su aktivitesi değerinin 0.449 olduğunu saptamışlardır. Bu tez kapsamında ölçülen tüm kurutma yöntemlerinde de su aktivitesi değerleri yukarıdaki örneklerde olduğu gibi güvenli sınırlara ulaştığı görülmüştür.



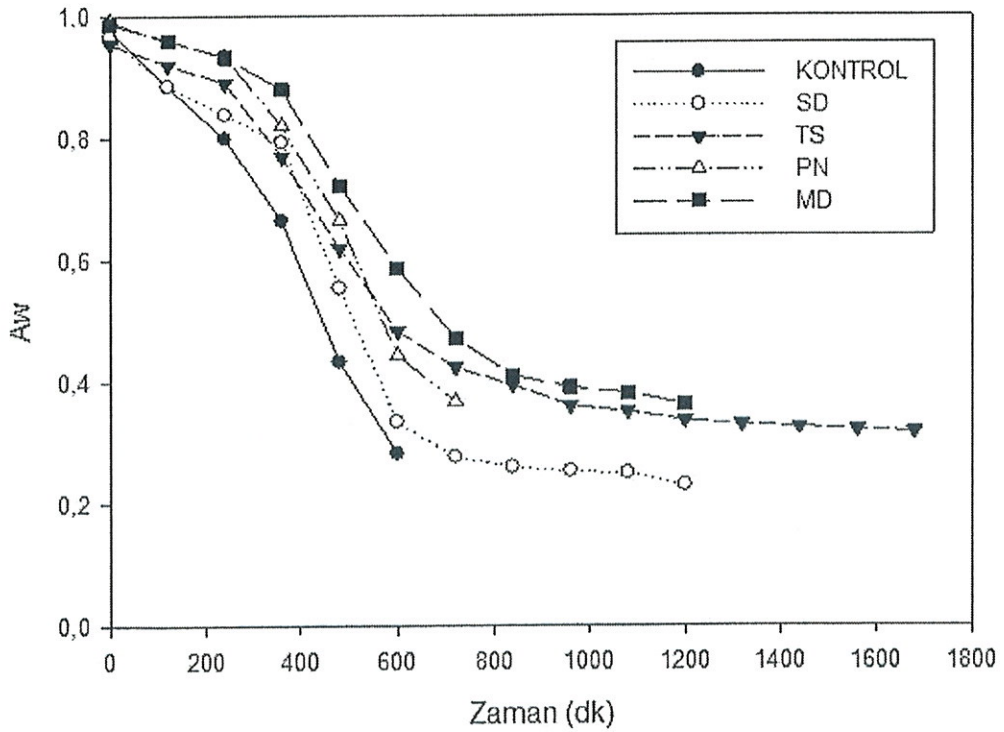
Şekil 4.5.Soğanların açık havada (güneşte) kurutulmasında su aktivitesi değişimi



Şekil 4.6.Soğanların güneş enerjili kurutucuda kurutulmasında su aktivitesi değişimi



Şekil 4.7.Soğanların kabin kurutucuda kurutulmasında su aktivitesi değişimi



Şekil 4.8.Soğanların vakum kurutucuda kurutulmasında su aktivitesi değişimi

Çizelge 4.4.Kurutulmuş soğanların su aktivitesi değerleri

	AÇIK	GÜNEŞ EN.	KABİN	VAKUM
Kontrol	0.163±0.001 ^{a,B}	0.155±0.004 ^{b,A}	0.320±0.001 ^{c,D}	0.283±0.002 ^{b,C}
SD	0.172±0.003 ^{c,B}	0.158±0.003 ^{c,A}	0.207±0.004 ^{a,C}	0.230±0.002 ^{a,D}
TS	0.168±0.002 ^{b,B}	0.163±0.004 ^{d,A}	0.216±0.004 ^{b,C}	0.318±0.004 ^{c,D}
PN	0.200±0.004 ^{c,B}	0.186±0.004 ^{c,A}	0.243±0.003 ^{c,C}	0.368±0.006 ^{e,D}
MD	0.176±0.004 ^{d,B}	0.153±0.002 ^{a,A}	0.246±0.005 ^{d,C}	0.363±0.004 ^{d,D}

^{abcde} Aynı sütun içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

^{ABCD} Aynı satır içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

Açıkta ve güneş enerjili kurutucuda kurutulan soğanların su aktivitesi değerlerinin kabin kurutucu ve vakum kurutucudan elde edilenlere göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Açıkta kurutulan soğanların son üründe su aktivitesi değerleri 0.163-0.200 arasında, güneş enerjili kurutucuda kurutulanlarda ise bu değer 0.153-0.186 arasında tespit edilirken kabin kurutucuda kurutulan son ürünlerin su aktivitesi 0.207-0.320 değerlerini alırken vakum kurutucuda 0.230-0.368 değerlerini almaktadır. Bunun açıkta ve güneş enerjili kurutucuda soğanların kuruma süresinin uzamasına bağlı olarak su aktivitesinde düşüşün devam etmesinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Ön işlem uygulamanın kurutulmuş soğanların su aktivitesi üzerine önemli etkisi olduğu görülmüştür (p<0.05) (Çizelge 4.4).

4.6. Kurutma Sırasında Soğanların Renk Değerlerindeki Değişimi

Renk önemli kalite kriterlerinden bir tanesidir. Tüm diğer kurutulmuş ürünlerde olduğu gibi kurutulmuş soğanlarda da ürün renginin soğanın doğal rengine mümkün olduğunca benzer olması istenir. Kurutma işlemi sırasında saatte bir Hunter Lab. Kolorimetresinde renk değerlerindeki değişimler tespit edilmiştir.

4.6.1. Kurutma Sırasında Soğanların L Değerindeki Değişimleri

Müşterilerin kaliteli gıda algısını belirleyen en önemli faktörlerden birisi ürünün sahip olduğu doğal parlak rengidir. L* değeri parlaklığı ifade etmekte olup, 0-100 arasında değerler almaktadır. Siyahı 0 değeri, beyazı 100 değeri gösterir (Mc Guire, 1992).

Ön işlem uygulanmayan soğanlarda ilk L* değeri 69.75, suya daldırılan soğanlarda ilk L* değeri 68.53, %5 tuzlu su çözeltisine daldırılan soğanların ilk L* değeri 68.63, %5 patates nişastası çözeltisinde bekletilen soğanların ilk L* değeri 71.79 ve %5'lik (13 DE) maltodekstrin çözeltisine daldırılan soğanların ise ilk L* değeri 65.95 olarak tespit edilmiştir.

Roldan-Marin ve ark. (2009), yüksek basınç altında (100-500 MPa) işlenecek soğanların L* değerini 56.22 olarak belirlemiştir. Arslan ve Özcan (2010), ise açıkta kurutulacak soğanların L* değerini 58 ± 4.83 olarak tespit etmişlerdir. Diğer bir çalışmada ise Gökçe ve ark. (2010), Karbeyazı çeşidi soğanın L* değerinin 69.1 ± 3.7 olduğunu tespit etmişlerdir. Bu araştırmacıların elde ettiği sonuçlarla bizim çalışmamız kapsamında ölçülen L* değerleri arasında çok yakın benzerlik gözlenmiştir.

Ön işlem uygulanmayan soğanların kurutma yöntemlerine göre değerlendirilmesinde açık havada (güneşte) kurutulan soğan dilimlerinin L* değerinin diğer kurutma yöntemlerine göre daha düşük olduğu görülmektedir. (Şekil 4.9).

Soğanlara uygulanan %5 tuzlu su çözeltisinde L* değerinin kurutma yöntemlerine göre bakıldığında vakum kurutucuda kurutulan soğanların diğer kurutma yöntemlerine göre daha düşük değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Açık havada (güneşte) kurutulan soğanlarda L* değerinin diğer kurutma yöntemlerine göre daha iyi korunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.10).

Suya daldırılan soğanların L* değeri bütün kurutma yöntemlerinde aynı aralıkta yer alırken soğanların renginin en iyi korunduğu kurutma yönteminin güneş enerjili kurutucu olduğu görülmektedir (Şekil 4.11).

Soğanlardan %5 patates nişastası çözeltisine daldırılanların L* değerleri kurutma esnasında benzer dağılım gösterirken L* değerinin en iyi korunduğu soğanların vakum altında kurutulanlarda olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.12).

Maltodekstrin çözeltisine (%5, 13 DE) daldırılan soğanlarda açık havada (güneşte) kurutulanların diğer kurutma yöntemleri göre L* değeri daha iyi korunmuştur. Güneş enerjili kurutucuda kurutma sırasında L* değerinde önemli derecede azalma (%44.58) gözlemlenerek renk değişikliği (kararma) sergilediği tespit edilmiştir (Şekil 4.13). Bunun sebebi olarak soğanların güneş enerjili kurutucunun kurutma odasına giren havanın etkisiyle oksidasyona maruz kaldığı öngörülmüştür.

Ön işlemsiz ve ön işlem uygulanan soğanların bütün kurutma yöntemlerinde (açık havada kurutma, güneş enerjili kurutucuda kurutma, kabin kurutucuda kurutma ve vakum kurutucuda kurutma) L* (parlaklık) değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Soğan dilimlerinin ilk rengine göre koyuluğun artığı gözlenmiştir (p<0.05) (Çizelge 4.5).

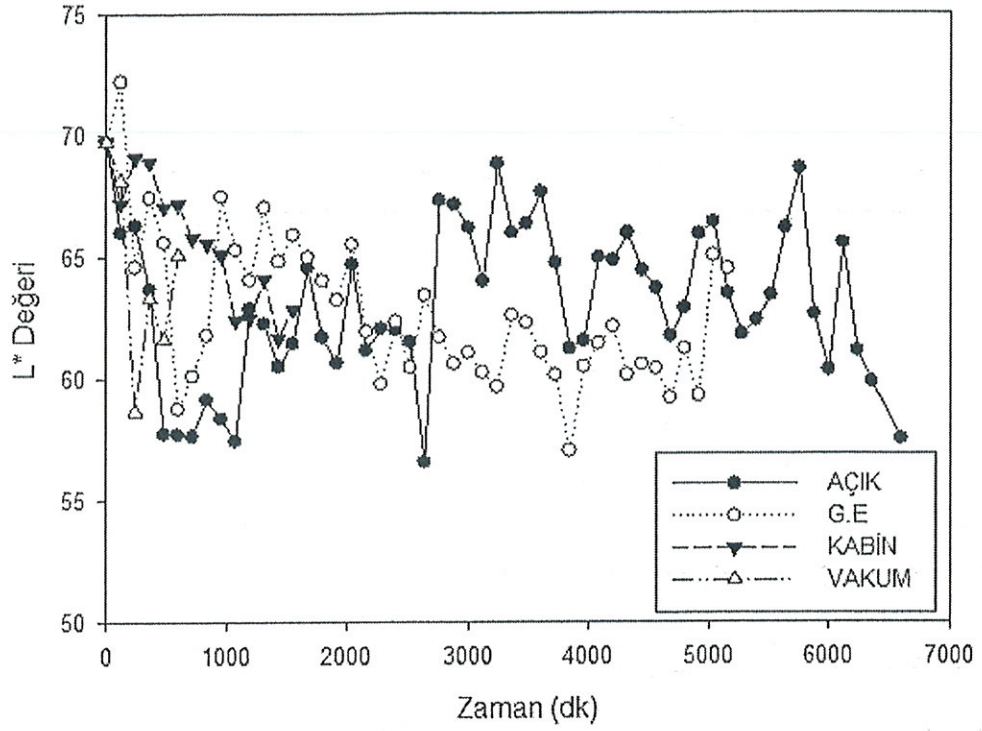
Alam ve ark. (2013), havuç posasını açıkta % 10.65 neme, güneş enerjili kurutucuda % 9.87 neme kadar kurutmuşlardır. Kurutmaya başlamadan önce havuç posasının L değerinin 78.34 olduğunu tespit ederken kurutulduktan sonra L değerinin açıkta 64.7 güneş enerjili kurutucuda 62.7 olduğunu saptamışlardır. Alam ve ark.'nın çalışmasında, havuç örneklerinde açıkta L değerinde %17.41, güneş enerjili kurutucuda ise %19.97 oranında L değerinde azalma meydana geldiği ifade edilmiştir. Bu çalışmadaki açık havada kurutulan soğanlarda da L* değerinde ortalama %17.60 oranında bir azalma gözlenmiş ve L* değerindeki azalma oranının diğer araştırmacıların sonuçları ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5.Kurutulmuş soğanların L* değerleri

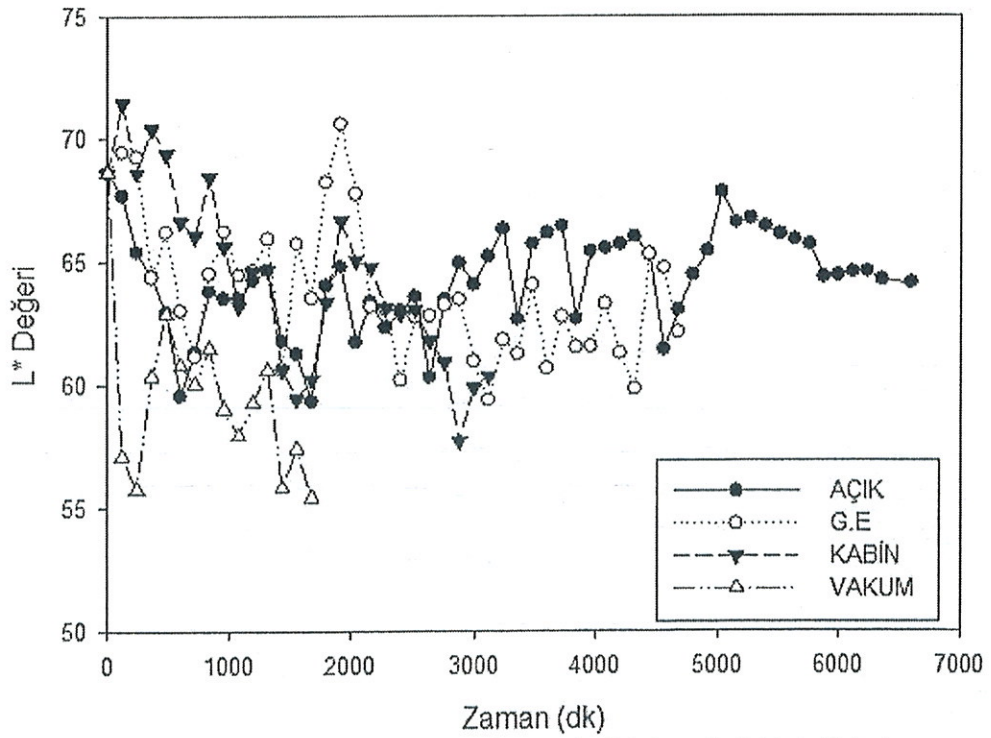
	AÇIK	GÜNEŞ EN.	KABİN	VAKUM
Kontrol	57.48±0.71 ^{a,A}	64.50±2.29 ^{d,C}	62.88±1.15 ^{c,B}	65.09±1.56 ^{d,D}
SD	61.27±0.28 ^{b,B}	66.68±3.69 ^{e,D}	60.63±0.58 ^{d,A}	63.96±1.78 ^{c,C}
TS	64.12±2.64 ^{c,D}	62.12±4.05 ^{c,C}	60.36±1.23 ^{c,B}	55.41±2.45 ^{a,A}
PN	67.36±3.49 ^{e,C}	59.10±2.35 ^{b,B}	58.77±0.23 ^{a,A}	68.63±3.17 ^{e,D}
MD	64.44±3.06 ^{d,D}	36.55±2.74 ^{a,A}	60.02±2.36 ^{b,C}	56.05±2.81 ^{b,B}

^{abcde} Aynı sütun içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

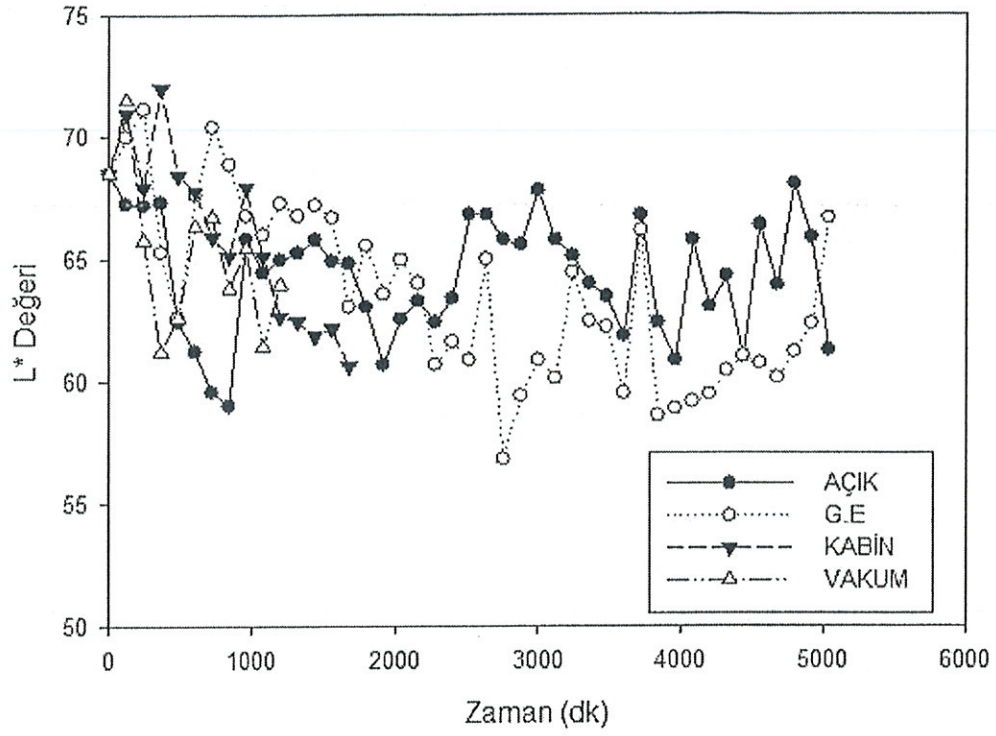
^{ABCD} Aynı satır içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).



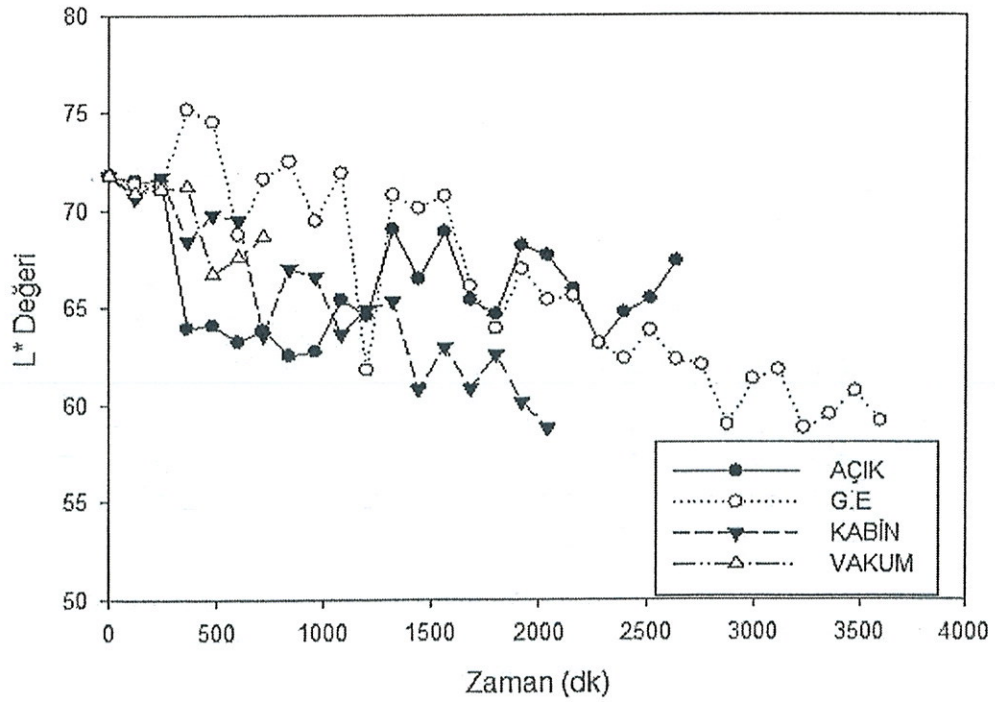
Şekil 4.9.Ön işlemsiz soğanların kurutulmasında L* değerindeki değişimler



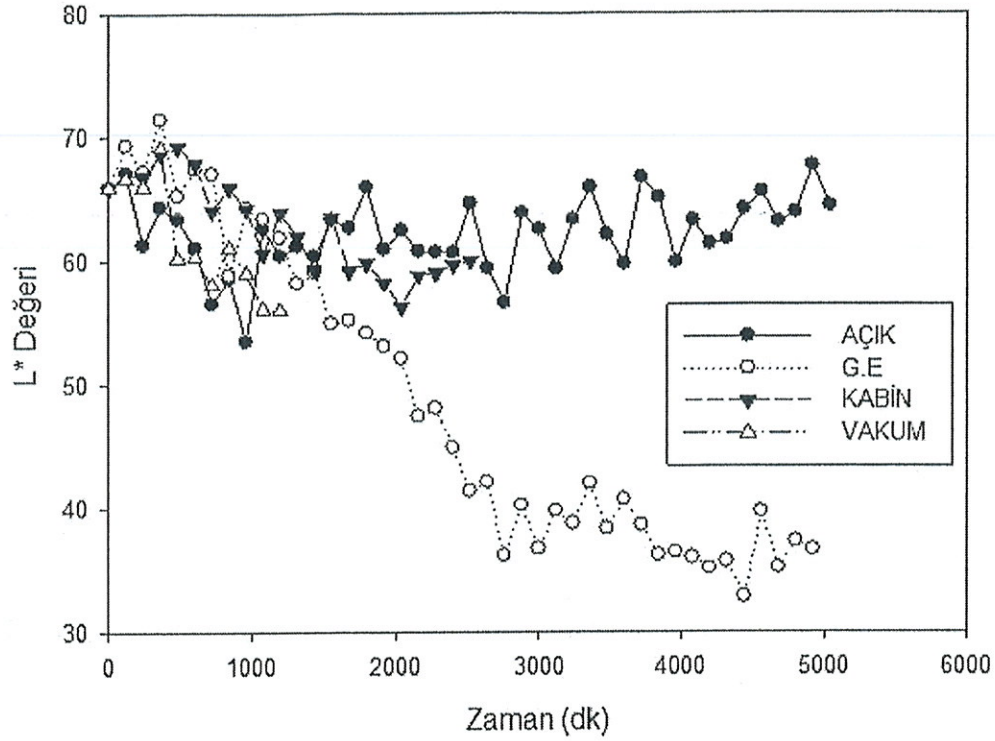
Şekil 4.10.TS ön işlemlili soğanların kurutulmasında L* değerindeki değişimler



Şekil 4.11.SD ön işlemlerle soğanların kurutulmasında L* değerindeki değişimler



Şekil 4.12.PN ön işlemlerle soğanların kurutulmasında L* değerindeki değişimler



Şekil 4.13.MD ön işlemlenmiş soğanların kurutulmasında L* değerindeki değişimler

4.6.2. Kurutma Sırasında Soğanların Hue Değerindeki Değişimleri

Hue değeri (h) gıdalardaki rengin özüdür. Rengin baskın dalga uzunluğunu belirler. Açısal bir değerdir. Bu değer 0°-360° arasında değişmektedir. Hue değeri 0° ve 360°de kırmızı, 270°de mavi, 180°de yeşil ve 90°de sarı, bu açıdan azalmayla beraber 70°lere doğru krem, sarı, sütlü kahveye doğru değişim göstermektedir.

Kurutma öncesi ön işlem uygulanmayan soğanlarda ilk hue (h) değeri 104.75, suya daldırılan soğanlarda ilk hue (h) değeri 102.55, %5 tuzlu su çözeltisine daldırılan soğanların ilk hue (h) değeri 104.50, %5 patates nişastası çözeltisinde bekletilen soğanların ilk hue (h) değeri 103.45 ve %5'lik (13 DE) maltodekstrin çözeltisine daldırılan soğanların ise ilk hue (h) değeri 105.90 olarak tespit edilmiştir.

Ön işlem uygulanmayan soğan örneklerinde hue değeri 104.75 ile 78.93 arasında değişmiştir. Vakum kurutucuda hue değeri en az değişim gösterirken, hue

değerinde en fazla değişimin olduğu kurutma yöntemleri açık havada kurutma ve kabin kurutucuda kurutma yöntemleri olmuştur (Şekil 4.14).

Soğanlara uygulanan %5 tuzlu su çözeltisine daldırma işlemi sonrası açık havada kurutma ve güneş enerjili kurutucuda kurutma sırasında hue değeri paralellik göstermiştir. Ayrıca bu iki kurutma yöntemi, hue değerinde en az azalmanın olduğu kurutma yöntemleridirler. Rengin özlülüğündeki en fazla değişim vakum altında kurutulan soğanlarda tespit edilmiştir (Şekil 4.15).

Suya daldırılan soğanlarda hue değerinde en az azalma açık havada kurutma esnasında görülürken en fazla azalmanın ise vakum kurutucuda olduğu saptanmıştır (Şekil 4.16).

Kurutma esnasında %5 patates nişastası çözeltisine daldırılan soğanların hue değerlerinin 103.45 ile 73.89 arasında değiştiği görülmüştür. Kabin kurutucu ve vakum kurutucuda kurutulan patates nişastası ön işlemine sahip soğanların hue değerinin açık havada kurutma ve güneş enerjili kurutucuda kurutulanlara göre daha fazla azalma gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.17).

Maltodekstrin çözeltisine (%5, 13 DE) daldırılmış soğanlardan açık havada (güneşte) kurutulanların diğer kurutma yöntemlerine göre hue değeri daha iyi korunmuştur. Güneş enerjili kurutucuda kurutma sırasında hue değerinin önemli derecede renk değişikliği sergilediği gözlenmiştir. Hue değerindeki en az değişim açık havada kurutma yönteminde olurken en fazla ise güneş enerjili kurutucu yapılan kurutma yönteminde görülmüştür. Kabin kurutucu ve vakum kurutucudaki soğanların hue değerleri paralellik göstermiştir (Şekil 4.18).

Ön işlemsiz ve ön işlem uygulanan soğanların bütün kurutma yöntemlerinde (açık havada kurutma, güneş enerjili kurutucuda kurutma, kabin kurutucuda kurutma ve vakum kurutucuda kurutma) hue (h) (renk özü) değerinin azaldığı tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 4.6). Soğanların ilk hue değerine göre maltodekstrin çözeltisine daldırılan soğanlar hariç diğer tüm ön işlemlili ve ön işlemsiz soğanlarda sıcaklığın

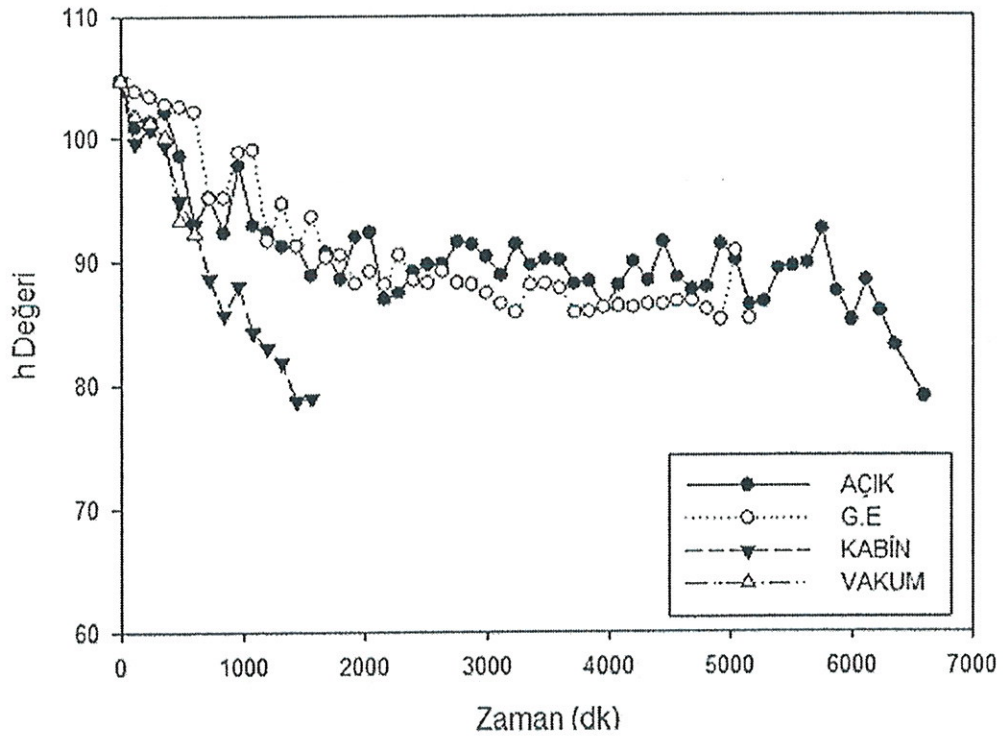
artması ile renkteki özlülük (hue değeri) kaybı artmıştır. En çok hue değerindeki azalmalar kabin kurutucuda ve vakum altında kurutma esnasında görülmüştür.

Çizelge 4.6.Kurutulmuş soğanların h değerleri

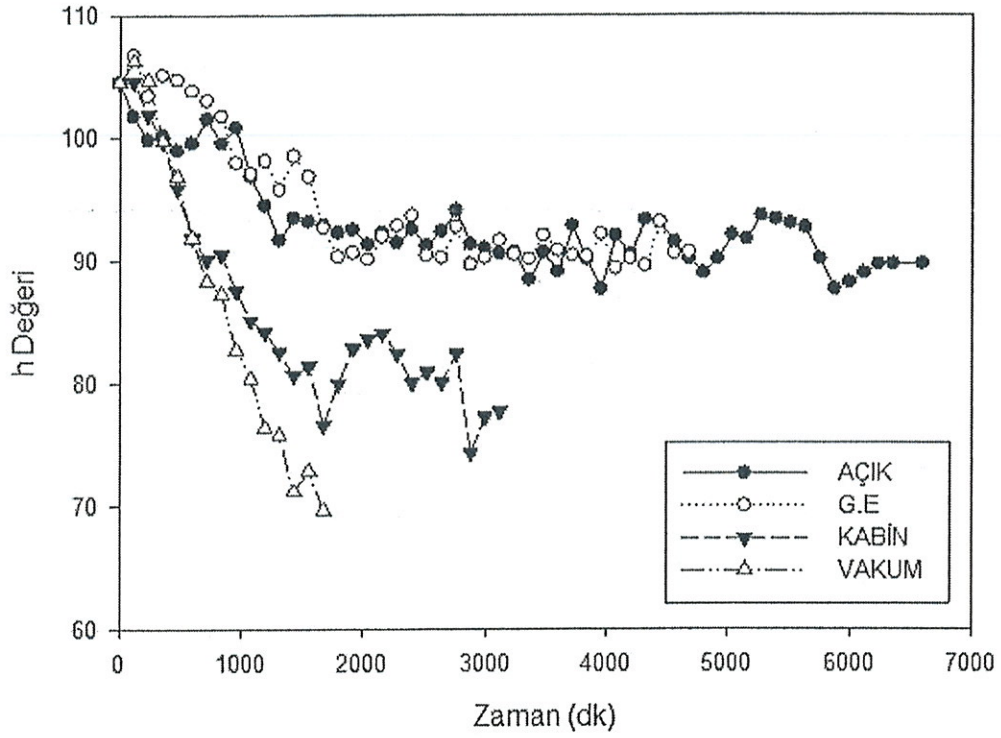
	AÇIK	GÜNEŞ EN.	KABİN	VAKUM
Kontrol	78.93±3.56 ^{aA}	85.27±1.36 ^{cC}	78.97±1.78 ^{dB}	92.30±1.78 ^{dD}
SD	85.22±3.95 ^{bC}	85.98±2.63 ^{dD}	79.44±1.99 ^{eA}	80.41±1.31 ^{eB}
TS	89.73±3.73 ^{cC}	90.68±3.61 ^{eD}	77.68±1.75 ^{eB}	69.60±1.88 ^{aA}
PN	87.42±3.66 ^{cC}	83.88±1.16 ^{bB}	73.89±1.40 ^{aA}	92.44±1.64 ^{eD}
MD	89.64±3.67 ^{dD}	66.08±2.62 ^{aA}	75.05±2.55 ^{bC}	73.27±1.29 ^{bB}

^{abcde} Aynı sütun içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

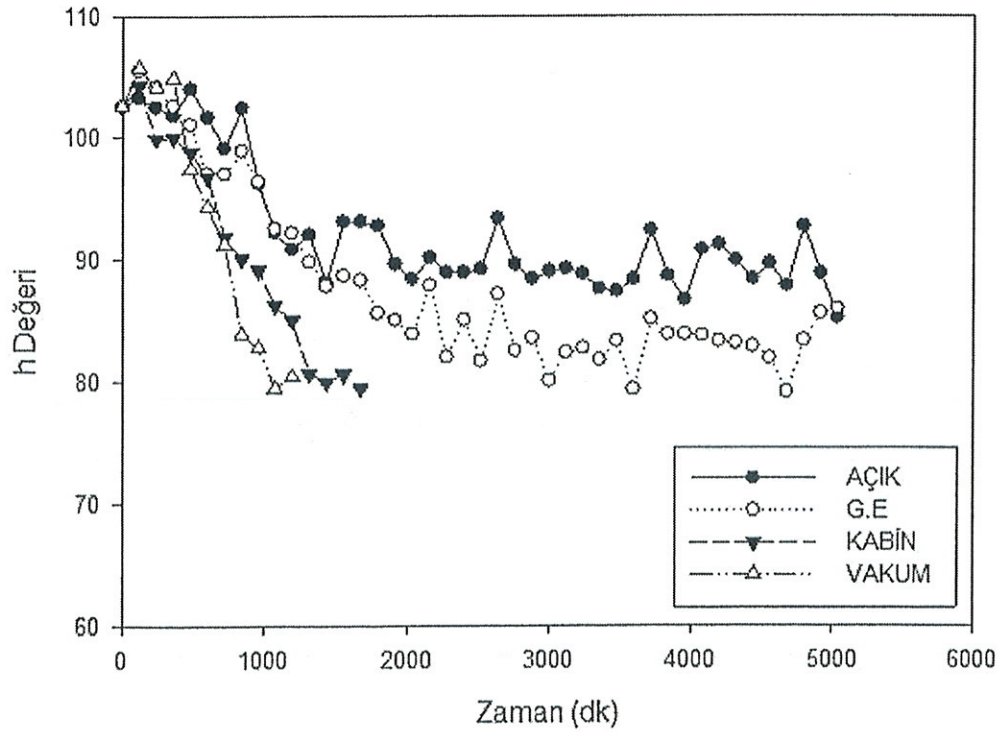
^{ABCD} Aynı satır içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).



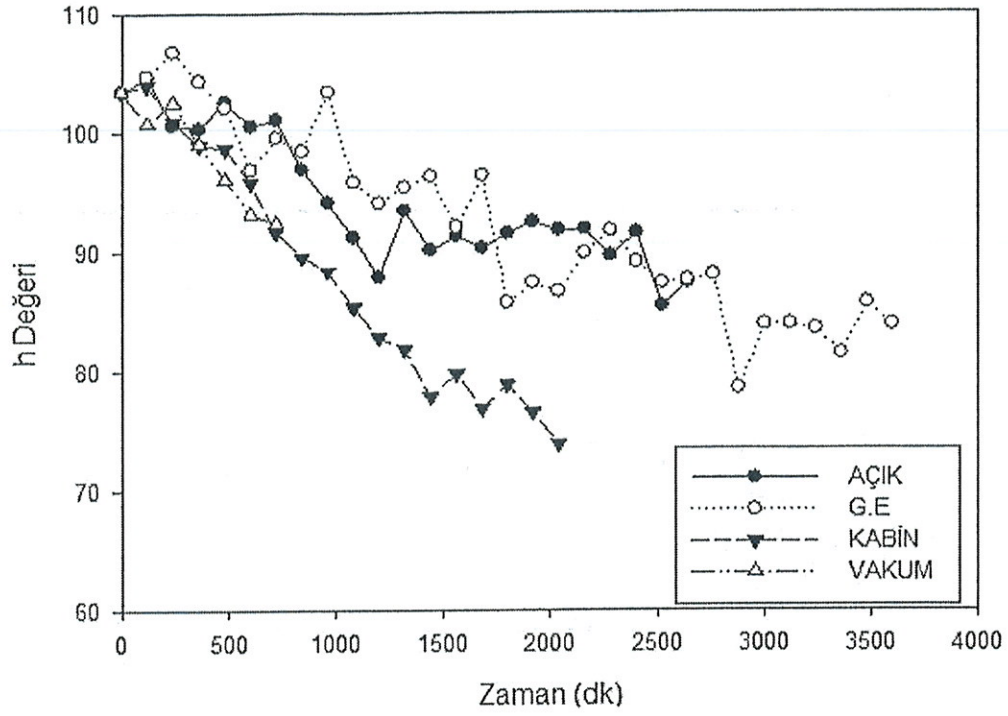
Şekil 4.14.Ön işlemsiz soğanların kurutulmasında hue (h) değerindeki değişimler



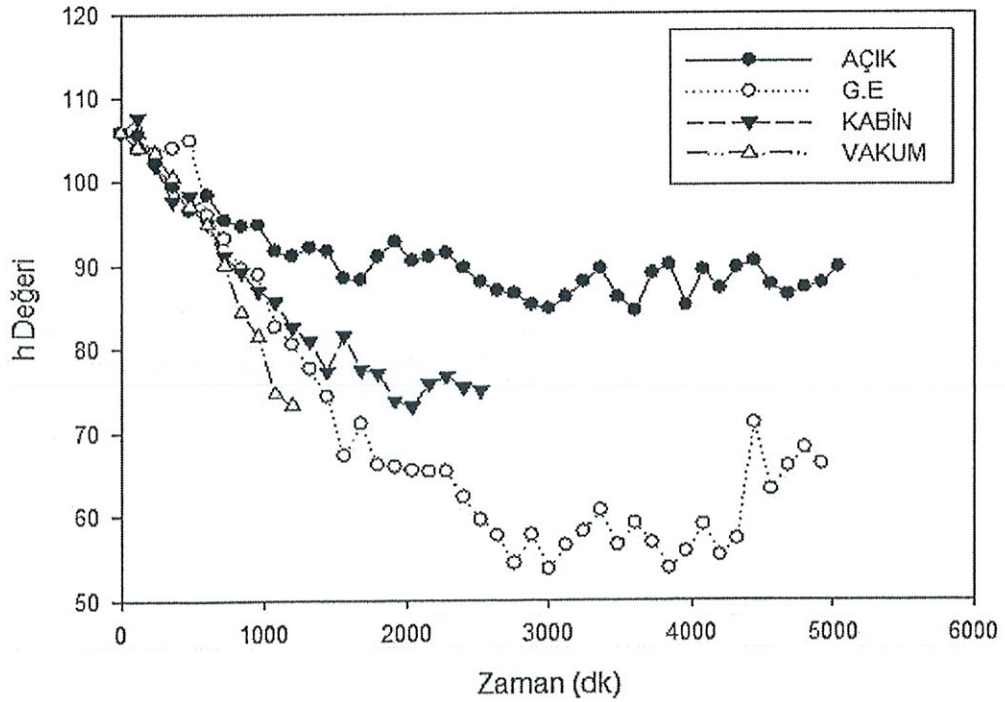
Şekil 4.15.TS ön işlemlili soğanların kurutulmasında hue (h) değerindeki değişimler



Şekil 4.16.SD ön işlemlili soğanların kurutulmasında hue (h) değerindeki değişimler



Şekil 4.17.PN ön işlemlili soğanların kurutulmasında hue (h) değerindeki değişimler



Şekil 4.18.MD ön işlemlili soğanların kurutulmasında hue (h) değerindeki değişimler

4.6.3. Kurutma Sirasında Soğanların Kroma Değerindeki Değişimleri

Kroma rengin doygunluğunu, canlılığını gösteren bir parametredir. Kroma değeri 0-100 arasında değişir. Canlı renklere kroma değeri yükselirken donuk renklere ise bu değer düşmektedir gösterir (Mc Guire, 1992).

Kurutma öncesi ön işlem uygulanmayan soğanlarda ilk kroma (C*) değeri 11.89, suya daldırılan soğanlarda ilk kroma (C*) değeri 9.96, %5 tuzlu su çözeltisine daldırılan soğanların ilk kroma (C*) değeri 12.23, %5 patates nişastası çözeltisinde bekletilen soğanların ilk kroma (C*) değeri 10.58 ve %5'lik (13 DE) maltodekstrin çözeltisine daldırılan soğanların ise ilk kroma (C*) değeri 9.45 olarak tespit edilmiştir.

Yapılan bir araştırmada, yüksek basınç altında (100-500 MPa) işlenecek soğanların ilk C* değerinin 9.82 olduğu belirlenmiştir (Roldan-Marin ve ark., 2009). Diğer araştırmalarda elde edilen sonuçlar bu araştırma kapsamında ölçülen C* değerleri ile benzerlik göstermektedir.

Ön işlemsiz soğanlar kurutma yöntemlerine göre değerlendirildiğinde kabin kurutucuda kurutma esnasındaki soğanların C* değerinin diğer kurutma yöntemlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Diğer kurutma yöntemlerinin kroma değerlerinin yaklaşık olarak aynı değerlere ulaştığı tespit edilmiştir (Şekil 4.19).

Vakum kurutucuda kurutulan %5 tuzlu su çözeltisi ön işlemlili soğanların C* değerinin diğer kurutma yöntemlerine göre daha yüksek değere (33.05) sahip olduğu tespit edilmiştir. Açık havada (güneşte) kurutulan soğanların doygunluk renginin diğer kurutma yöntemlerine göre daha düşük değerde (23.78) olduğu saptanmıştır (Şekil 4.20).

Suya daldırılan soğanların C* değerinin vakum kurutucu ve kabin kurutucuda en yüksek değere ulaştığı görülürken açık havada kurutma esnasında kroma

değerinin diğer kurutma yöntemlerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.21).

Soğanlardan %5 patates nişastası çözeltisi ön işlemi uygulananların C* değerlerinin kabin kurutucuda en yüksek değere (32.44) ulaştığı, diğer kurutma yöntemlerinde ise hemen hemen aynı değerlerde olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.22).

Maltodekstrin çözeltisine (%5, 13 DE) daldırılan soğanların renk canlılığının vakum kurutucu ve kabin kurutucuda en yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Güneş enerjili kurutucuda kurutma sırasında C* değerinin önemli derecede renk değişikliği sergilemediği gözlenmiştir (Şekil 4.23).

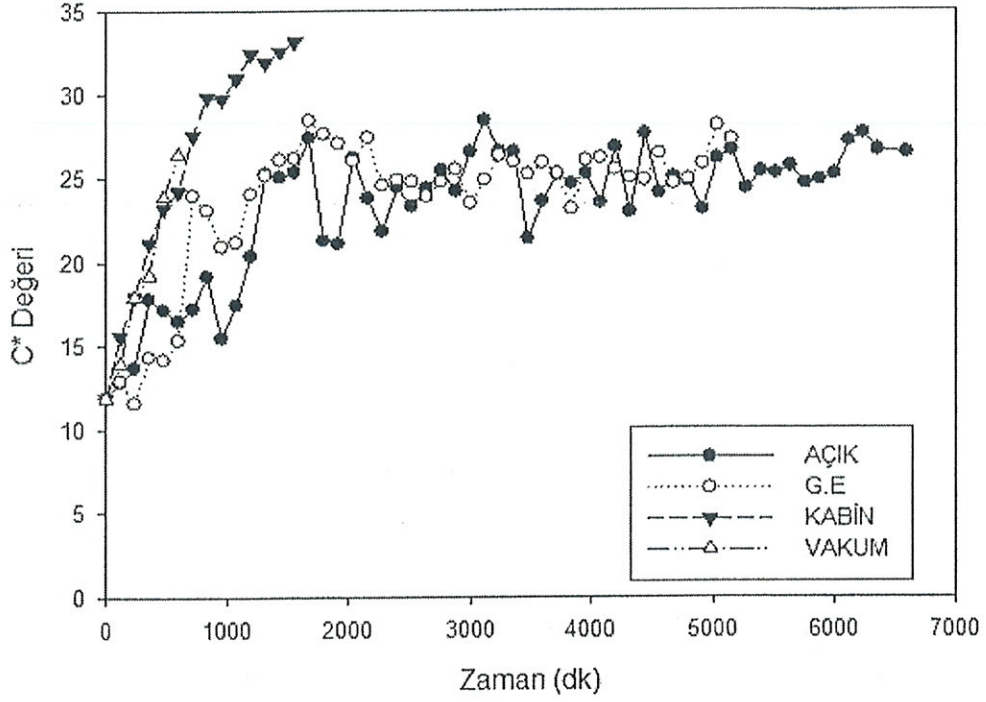
Ön işlemsiz ve ön işlem uygulanan soğanların bütün kurutma yöntemlerinde (açık havada kurutma, güneş enerjili kurutucuda kurutma, kabin kurutucuda kurutma ve vakum kurutucuda kurutma) C* (kroma-doygunluk-canlılık) değerlerinin yükseldiği tespit edilmiştir. Kroma değerlerinde en fazla artışın ise vakum kurutucu ve kabin kurutucuda kurutma sırasında olduğu gözlemlenmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 4.7). Bunun sebebi olarak vakum kurutucu ve kabin kurutucudaki sıcaklığın (65°C) açık havada kurutma ve güneş enerjili kurutucudaki sıcaklıktan daha yüksek olmasındandır.

Çizelge 4.7.Kurutulmuş soğanların C* değerleri

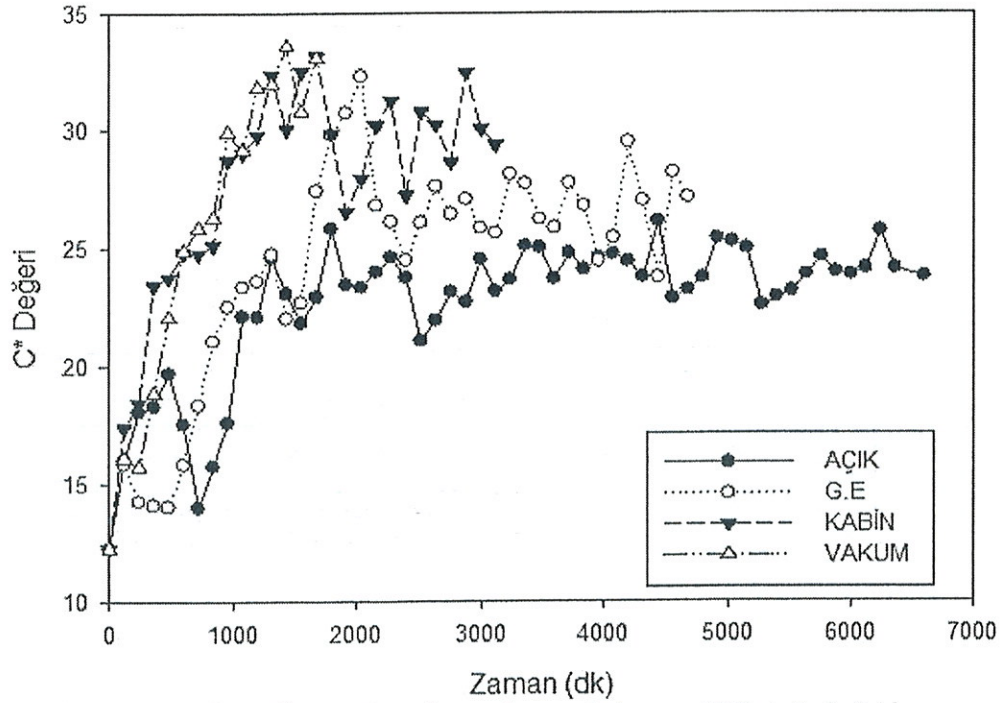
	AÇIK	GÜNEŞ EN.	KABİN	VAKUM
Kontrol	26.50±1.06 ^{cb}	27.28±0.55 ^{ec}	33.15±1.39 ^{cd}	26.41±1.68 ^{ba}
SD	23.15±1.27 ^{ba}	26.53±1.10 ^{cb}	33.19±0.99 ^{cd}	33.02±0.87 ^{dc}
TS	23.78±0.99 ^{da}	27.15±1.39 ^{db}	29.40±1.59 ^{ac}	33.05±1.35 ^{cd}
PN	22.20±1.98 ^{aa}	25.97±0.69 ^{bb}	32.44±0.68 ^{bd}	25.39±1.14 ^{ac}
MD	23.75±1.68 ^{cb}	14.06±0.75 ^{aa}	33.98±1.58 ^{cd}	32.74±0.71 ^{cc}

^{abcde} Aynı sütun içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

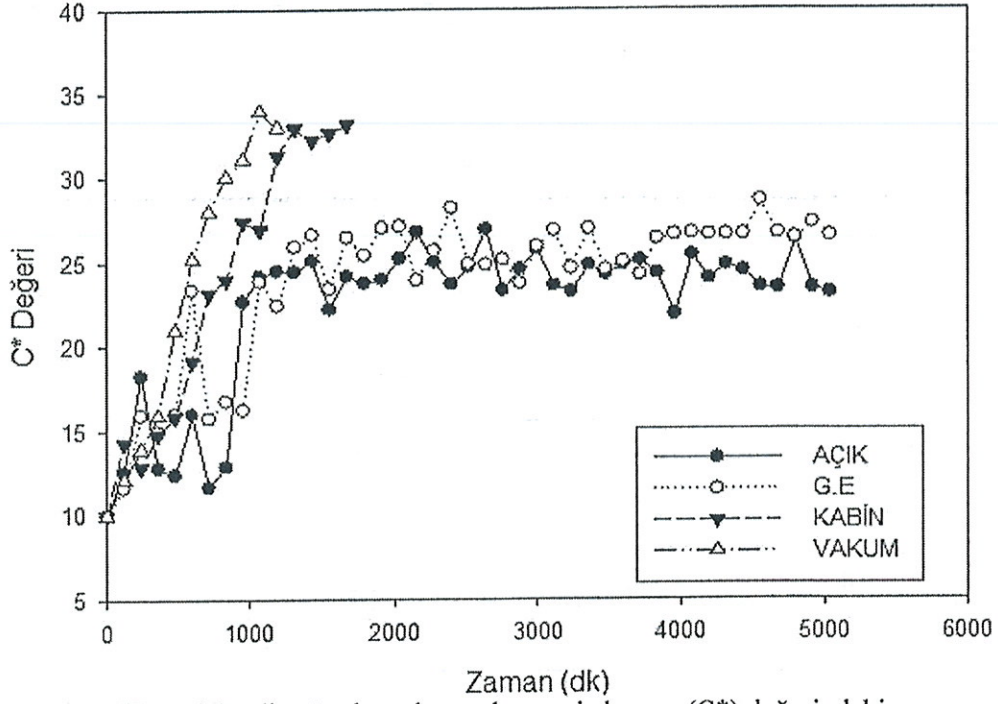
^{ABCD} Aynı satır içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).



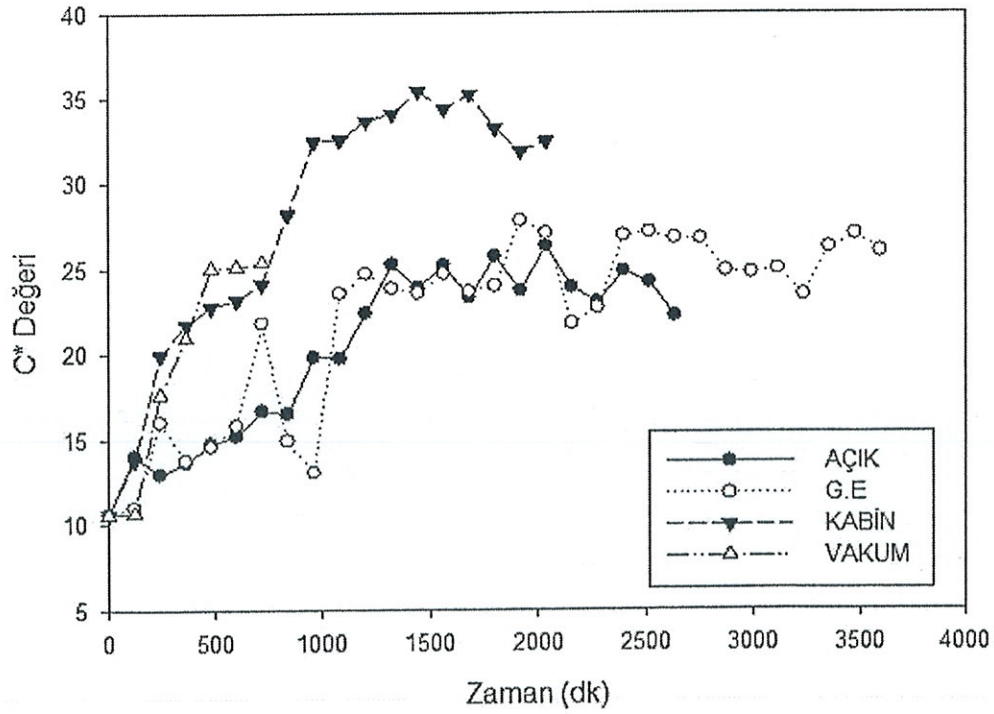
Şekil 4.19.Ön işlemsiz soğanların kurutulmasında kroma (C*) değerindeki değişimler



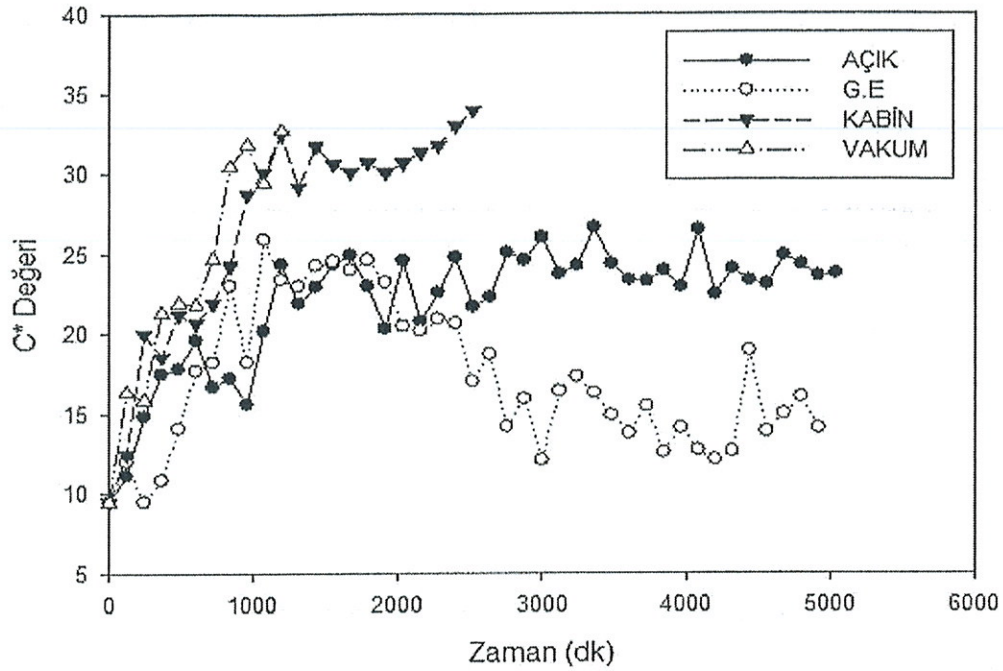
Şekil 4.20.TS ön işlemlili soğanların kurutulmasında kroma (C*) değerindeki değişimler



Şekil 4.21.SD ön işlemlı soğanların kurutulmasında kroma (C*) değeriindeki değışimler



Şekil 4.22.PN ön işlemlı soğanların kurutulmasında kroma (C*) değeriindeki değışimler



Şekil 4.23.MD ön işlemlenmiş soğanların kurutulmasında kroma (C*) değerindeki değişimler

4.6.4. Kurutma Sırasında Soğanların Esmerleşme İndeksindeki Değişimleri

Kahverengi renk kimyasal, termal reaksiyonların ürün renginde meydana getirdiği değişimleri tanımlamada önemli bir parametredir (Palou ve ark., 1999).

Kurutma öncesi ön işlem uygulanmayan soğanlarda ilk esmerleşme indeksi 15.35, suya daldırılan soğanlarda ilk esmerleşme indeksi 11.77, %5 tuzlu su çözeltisine daldırılan soğanların ilk esmerleşme indeksi 16.70, %5 patates nişastası çözeltisinde bekletilen soğanların ilk esmerleşme indeksi 13.27 ve %5 (13 DE) maltodekstrin çözeltisine daldırılan soğanların ise ilk esmerleşme indeksi 11.52 olarak tespit edilmiştir.

Ön işlemsiz soğanlar kurutma yöntemlerine göre değerlendirildiğinde kabin kurutucuda kurutma esnasındaki soğanların esmerleşme indeksinin diğer kurutma yöntemlerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 4.24).

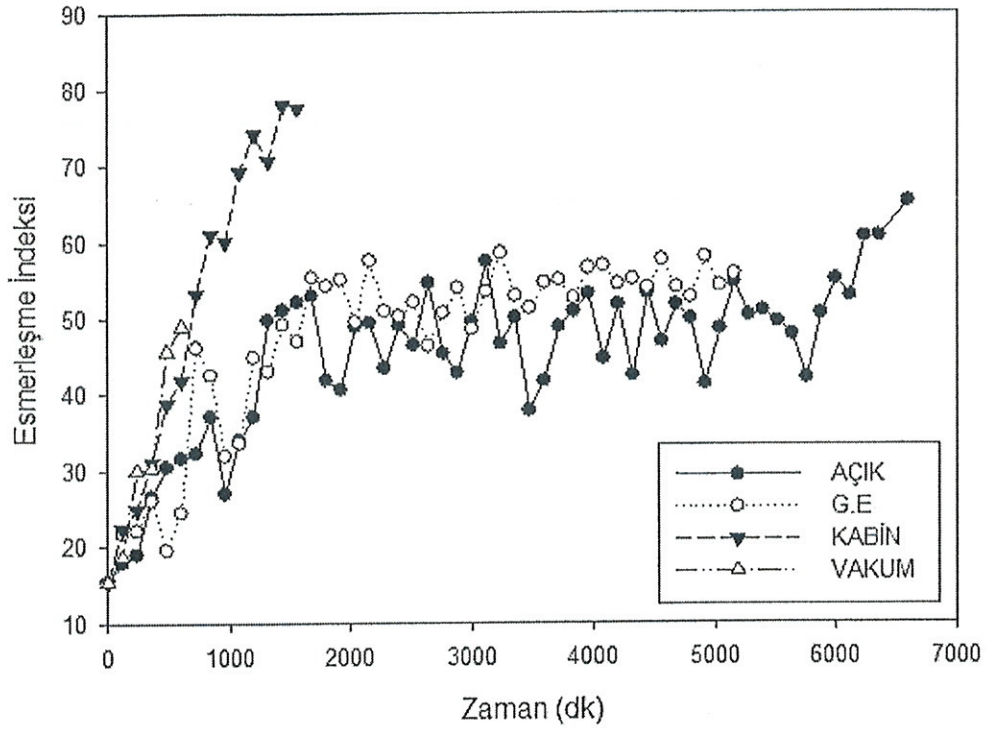
Vakum kurutucuda kurutulan %5 tuzlu su çözeltisi ön işlemlili soğanların esmerleşme indeksinin diğer kurutma yöntemlerine göre daha yüksek değere (93.90) sahip olduğu tespit edilmiştir. Açık havada (güneşte) kurutulan soğanların kahverengi renginin diğer kurutma yöntemlerine göre daha düşük değerde (45.13) olduğu saptanmıştır (Şekil 4.25).

Suya daldırılan soğanların esmerleşme indeksinin kabin kurutucuda en yüksek değere ulaştığı görülürken açık havada kurutma esnasında esmerleşme indeksinin diğer kurutma yöntemlerine göre daha düşük olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.26).

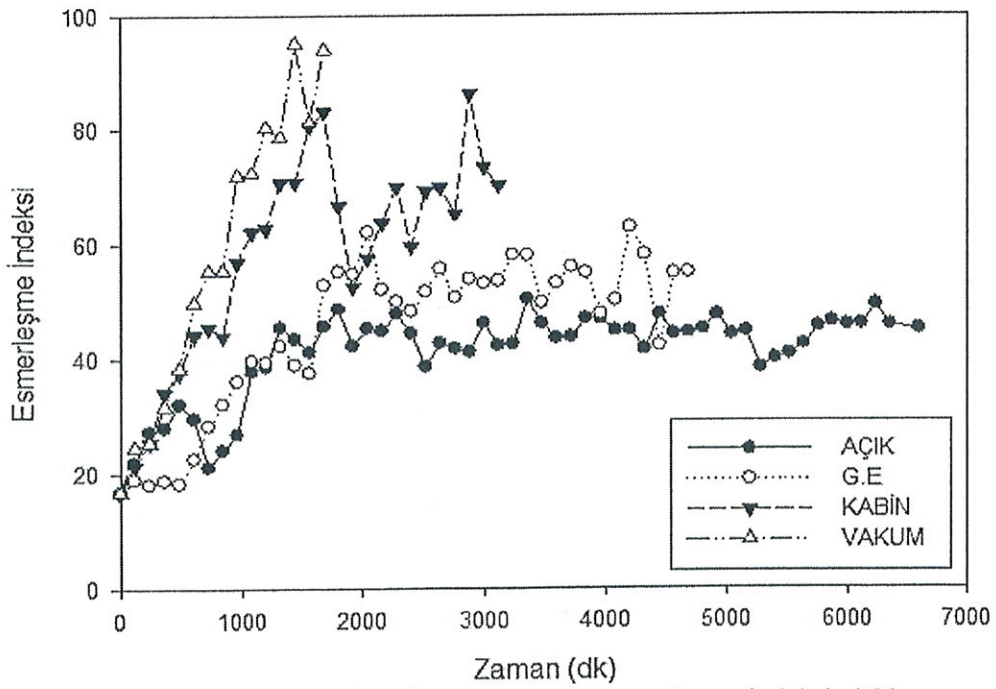
Soğanlardan %5 patates nişastası çözeltisi ön işlemi uygulananların esmerleşme indeksinin kabin kurutucuda en yüksek değerde (84.14) diğer kurutma yöntemlerinde ise birbirine yakın değerlerde olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.27).

Maltodekstrin çözeltisine (%5, 13 DE) daldırılan soğanların esmerleşme sayısının vakum kurutucu ve kabin kurutucuda en yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Güneş enerjili kurutucuda ve açık havada kurutulan soğanların esmerleşme indeksi değerlerinin vakum kurutucu ve kabin kurutucuda kurutulan soğanlarınkinin yaklaşık yarısı kadar olduğu saptanmıştır (Şekil 4.28).

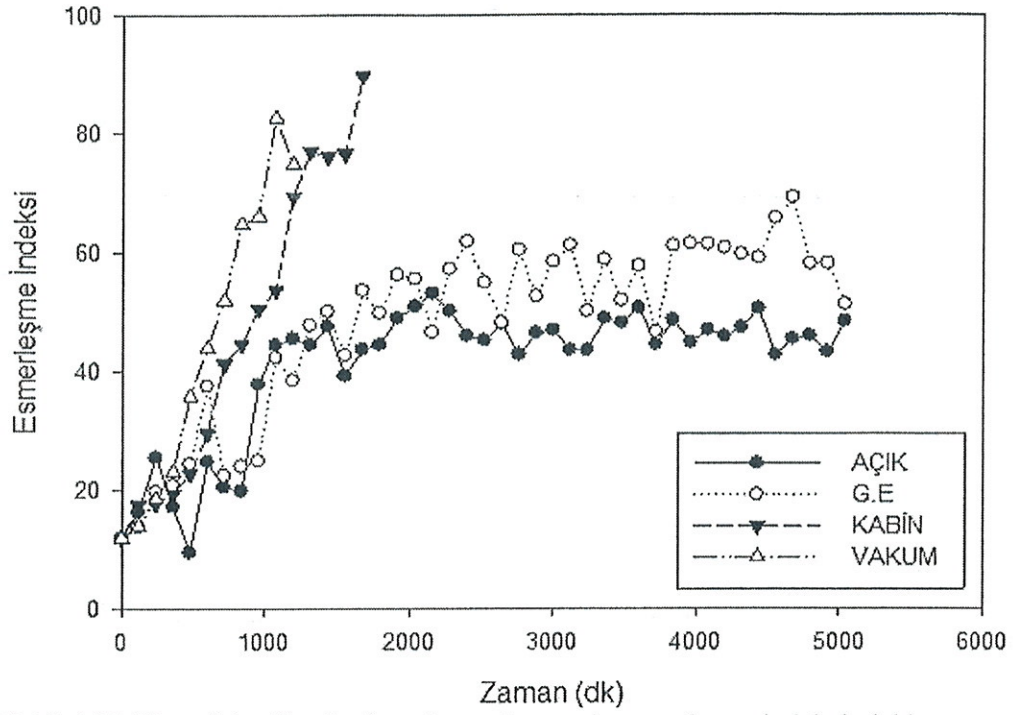
Açık havada kurutma, güneş enerjili kurutucuda kurutma, kabin kurutucuda kurutma ve vakum kurutucuda kurutma sırasında ön işlemsiz ve ön işlem uygulanan soğanların esmerleşme indeksi/sayısının yükseldiği tespit edilmiştir. Esmerleşme sayısında en fazla artışın ise vakum kurutucu ve kabin kurutucuda kurutma sırasında olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 4.8). Bunun vakum kurutucu ve kabin kurutucuda sıcaklığın (65°C) açık havada kurutma ve güneş enerjili kurutucudaki sıcaklıktan yüksek olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Ayrıca esmerleşme indeksinin kroma değerleriyle aynı özellikleri gösterdiği görülmüştür. Soğanların esmerleşme indeksinin kurumaya bağlı olarak artmasının renk değişimlerinin istenmediği kurutulmuş soğanlarda olumsuz bir kriter olduğu sonucunu ortaya çıkartmaktadır.



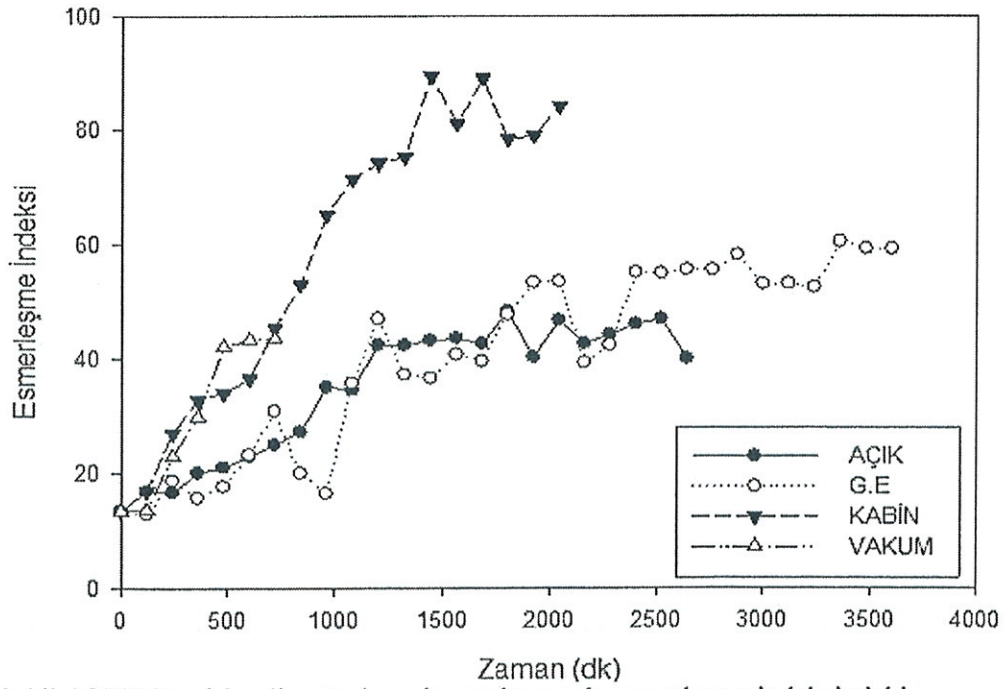
Şekil 4.24.Ön işlemsiz soğanların kurutulmasında esmerleşme indeksindeki değişimler



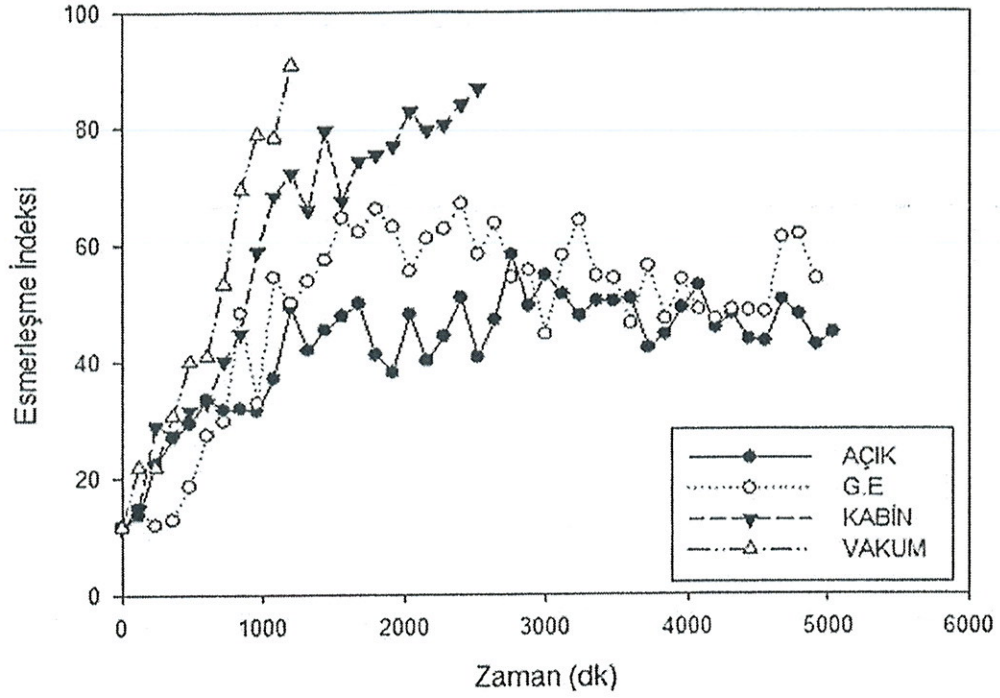
Şekil 4.25.TS ön işlemlili soğanların kurutulmasında esmerleşme indeksindeki değişimler



Şekil 4.26.SD ön işlemlı soğanların kurutulmasında esmerleşme indeksindeki değişimler



Şekil 4.27.PN ön işlemlı soğanların kurutulmasında esmerleşme indeksindeki değişimler



Şekil 4.28.MD ön işlemlili soğanların kurutulmasında esmerleşme indeksindeki değişimler

Çizelge 4.8.Kurutulmuş soğanların esmerleşme indeksi değerleri

	AÇIK	GÜNEŞ EN.	KABİN	VAKUM
Kontrol	65.10±1.58 ^{eC}	55.72±2.08 ^{dB}	77.67±1.67 ^{bD}	49.02±1.14 ^{bA}
SD	48.35±2.16 ^{dA}	51.21±2.02 ^{aB}	89.64±1.27 ^{eD}	74.92±1.92 ^{cC}
TS	45.13±1.92 ^{cA}	55.05±1.82 ^{cB}	70.33±1.09 ^{aC}	93.90±1.92 ^{eD}
PN	40.04±1.15 ^{aA}	59.19±1.15 ^{cC}	84.14±0.93 ^{eD}	43.55±1.56 ^{aB}
MD	44.83±1.70 ^{bA}	54.08±1.34 ^{bB}	86.80±1.69 ^{dC}	90.95±1.79 ^{dD}

^{abcde} Aynı sütun içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

^{ABCD} Aynı satır içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

4.7. Kurutma Sırasında Soğanların Toplam Fenolik Madde Değerlerindeki Değişimleri

Toplam fenolik madde analizi ön işlemsiz ve ön işlemlili kurutulmuş soğanlarda kurutma yöntemine göre TFM'nin hangi düzeyde etkilendiğini belirlemek amacıyla yapılmıştır. İlk örneklerin TFM içeriği kuru bazda ön işlemsiz soğanlarda 431.35 mg/100 g, %5 tuzlu su çözeltisine daldırılan soğanlarda 418.76 mg/100 g, suya daldırılan soğanlarda 425.68 mg/100 g, %5 (13 DE) maltodekstrin çözeltisine

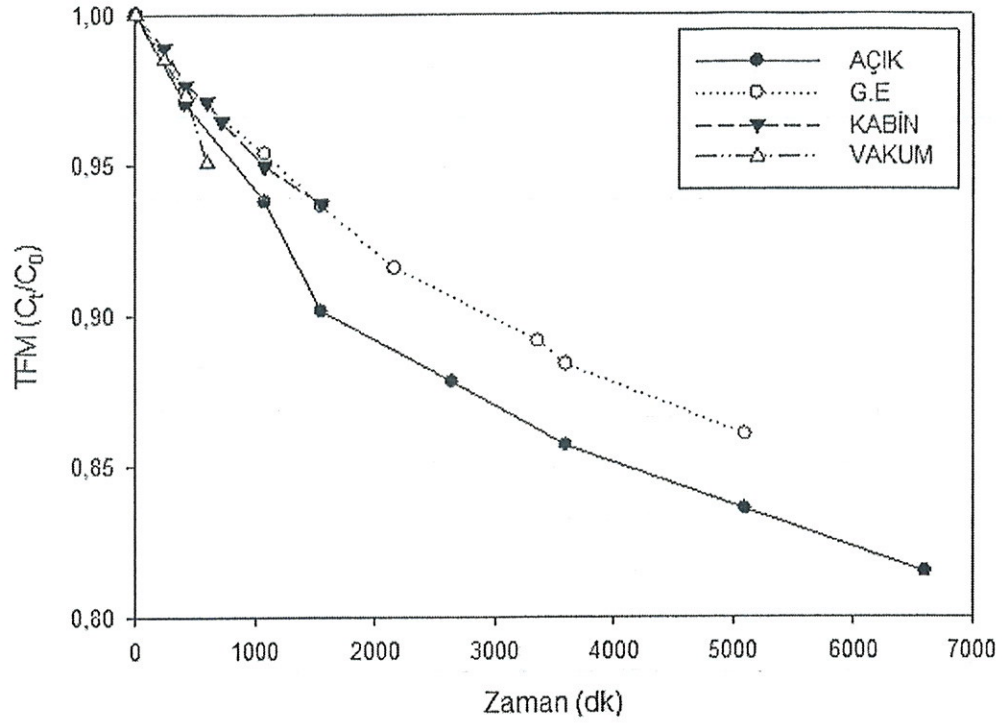
daldırılan soğanlarda 402.66 mg/100 g ve %5 patates nişastası çözeltisinde bekletilen soğanlarda ise 394.26 mg/100 g olarak hesaplanmıştır.

Ön işlem uygulanmayan soğanların TFM içeriğinde en fazla kaybın (%19) açık havada kurutma yönteminde olduğu en az kaybın (%5) ise vakum altında kurutulan soğanlarda olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 4.9) (Şekil 4.29). Ön işlem uygulanan (suya daldırma, %5 tuzlu su çözeltisine daldırma, %5 patates nişastası çözeltisine daldırma, 13 DE %5'lik maltodekstrin çözeltisine daldırma) soğanların tamamında TFM içeriğinin yine açık havada kurutma yönteminde en fazla kayba (maksimum %21) uğradığı tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 4.9). Bunun açık havada kurutma süresinin fazla olmasından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Vakum kurutucu ile kabin kurutucu arasında karşılaştırma yapıldığında TFM içeriğinde en az kaybın (%5) vakum kurutucuda kurutulan soğanlarda olduğu saptanmıştır. Ayrıca ön işlemlerin TFM içeriğinde herhangi bir artışa sebep olmadığı gözlenmiştir ($p<0.05$) (Çizelge 4.9).

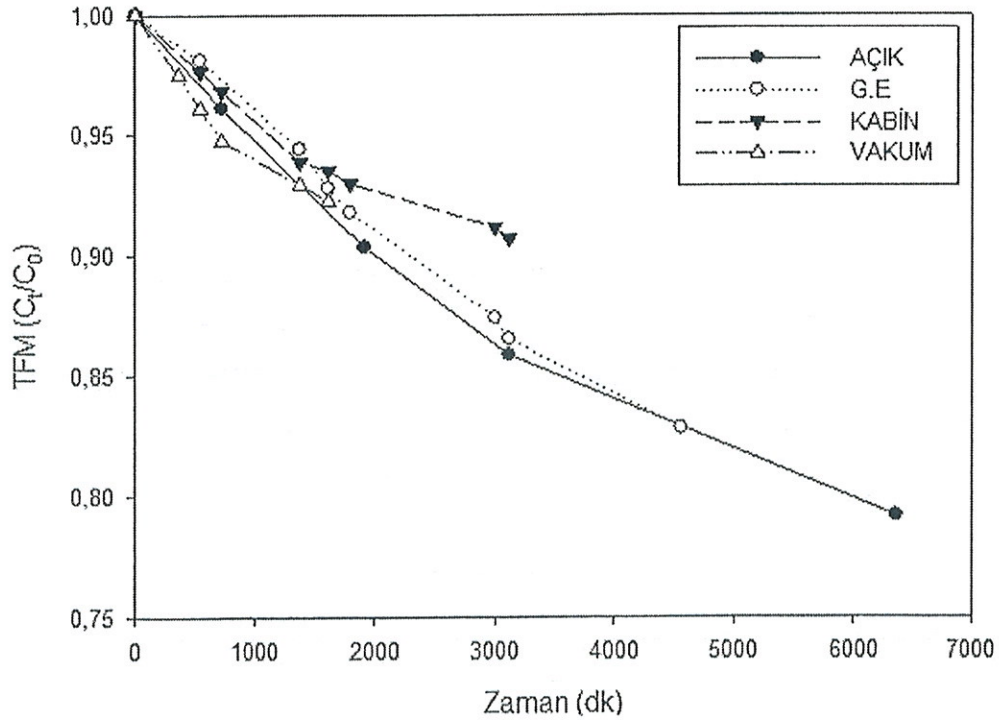
Yapılan bir çalışmada Roldan-Marin ve ark. (2009), yüksek basınç altında (100-500 MPa) işlenecek soğanların başlangıçta TFM içeriğinin kuru bazda 438.88 ± 15.05 mg CAE/100 g olarak hesaplamışlardır.

Dirim ve Çalışkan (2012), dondurarak kurutma işlemi uygulayarak balkabağının nemini % 92.34'den % 3.93'e düşürmüşler ve balkabağı püresi tozu elde etmişlerdir. Taze kabağın toplam fenolik madde içeriği kuru bazda 225.22 mg GAE/g olarak bulunurken dondurarak kurutma işlemi sonunda elde edilen kurutulmuş püre tozunun toplam fenolik madde içeriğini 218 mg GAE/g olarak bulmuşlardır. Çalışmalarında, kurutma işlemi sonunda toplam fenolik madde içeriğinde %3 azalma gözlemlenmiştir.

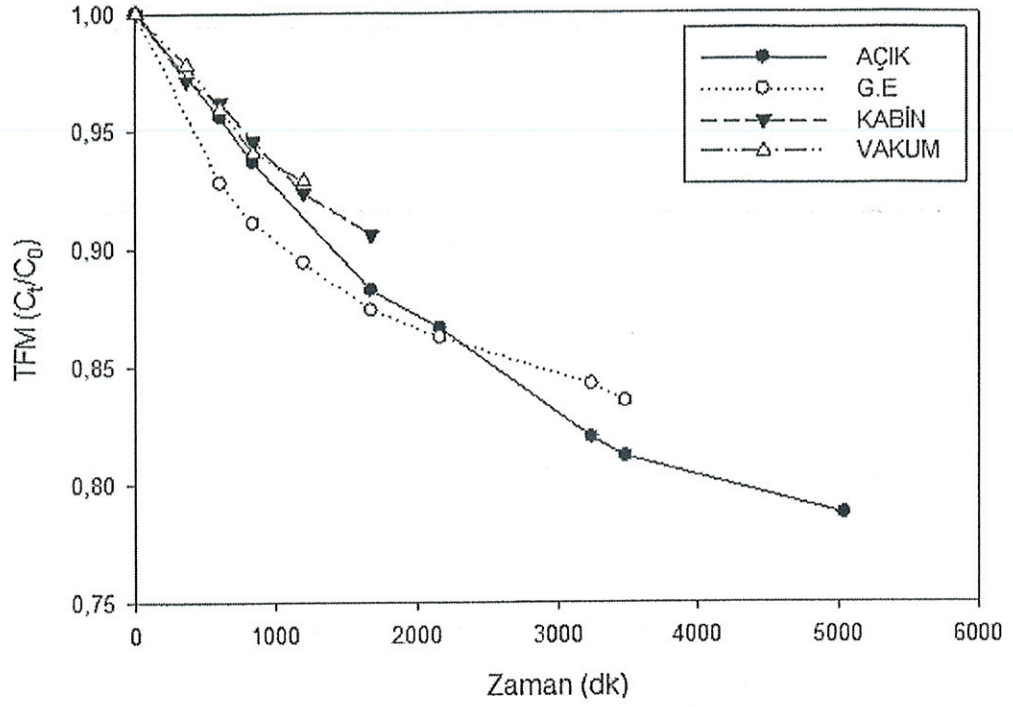
Dirim ve Çalışkan (2012),'nın yaptığı araştırmayı ve kendi çalışmamızı göz önüne aldığımızda, kurutma yöntemlerinde teknolojik şartların iyileştirilmesi ile gıdaların TFM içeriğindeki kayıpların önemli oranda azaldığı gözlenmektedir.



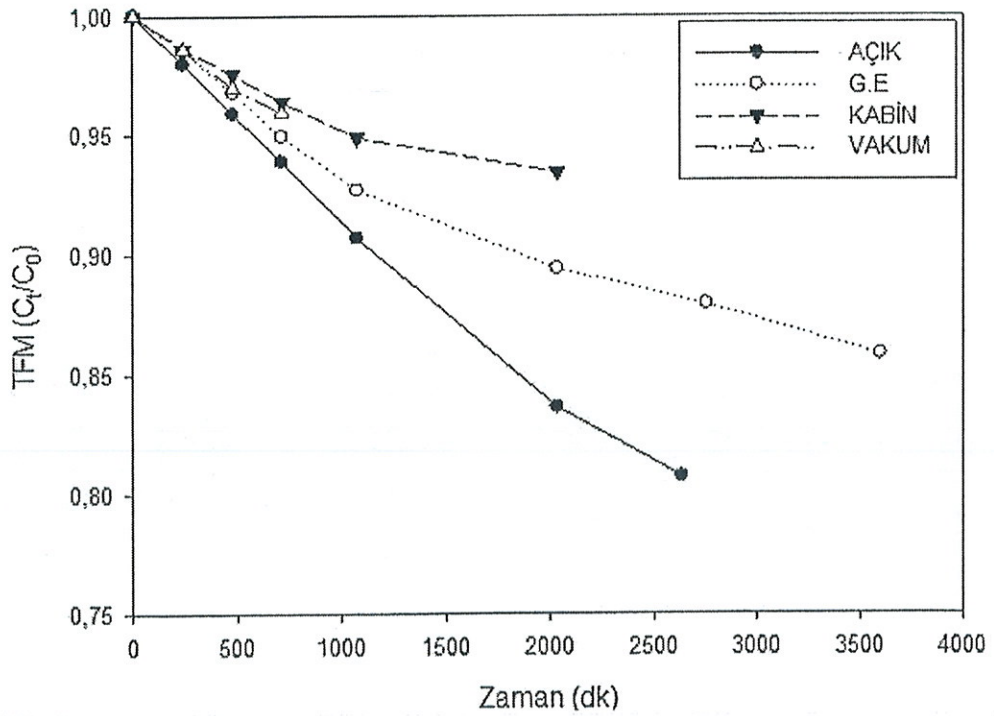
Şekil 4.29.Ön işlemsiz soğanların kurutulmasında TFM'deki değişimler



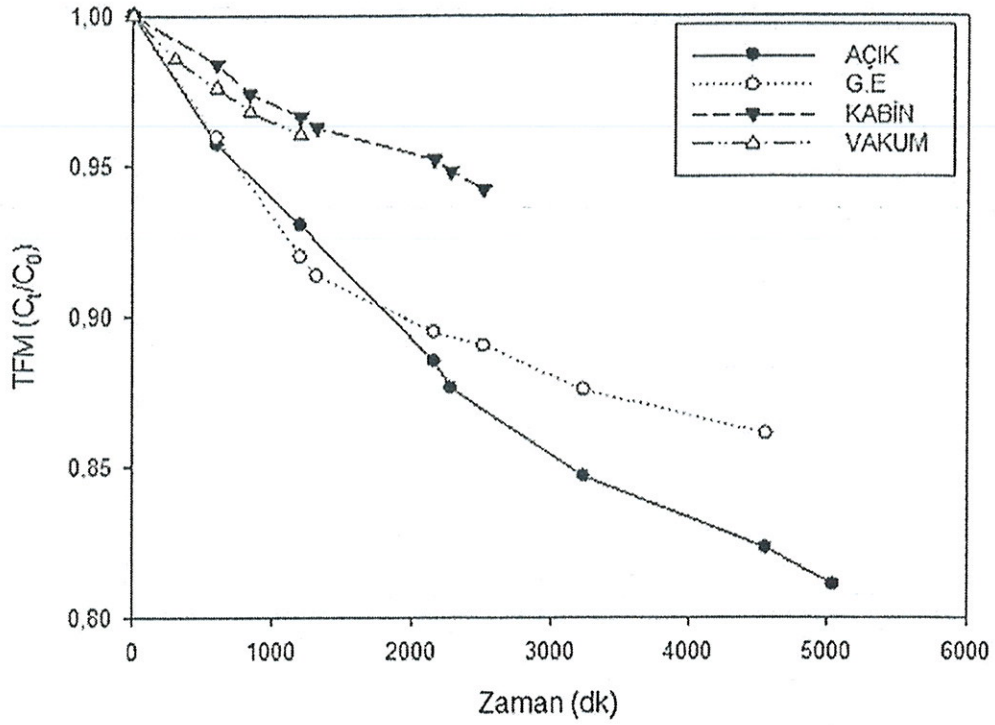
Şekil 4.30.TS ön işlemlili soğanların kurutulmasında TFM'deki değişimler



Şekil 4.31.SD ön işlemlili soğanların kurutulmasında TFM'deki değişimler



Şekil 4.32.PN ön işlemlili soğanların kurutulmasında TFM'deki değişimler



Şekil 4.33.MD ön işlemleri soğanların kurutulmasında TFM'deki değişimler

Çizelge 4.9.Kurutulmuş soğanların TFM içeriği değerlerindeki değişimler (birimsiz)

	AÇIK	GÜNEŞ EN.	KABİN	VAKUM
Kontrol	0.81±0.01 ^{ba}	0.86±0.01 ^{cb}	0.94±0.01 ^{cc}	0.95±0.01 ^{cd}
SD	0.79±0.01 ^{aA}	0.84±0.01 ^{bb}	0.91±0.01 ^{ac}	0.94±0.01 ^{bd}
TS	0.79±0.01 ^{aA}	0.83±0.01 ^{ab}	0.91±0.01 ^{ac}	0.92±0.01 ^{ad}
PN	0.81±0.01 ^{ba}	0.86±0.01 ^{cb}	0.93±0.01 ^{bc}	0.96±0.01 ^{dd}
MD	0.81±0.01 ^{ba}	0.86±0.01 ^{cb}	0.94±0.01 ^{cc}	0.96±0.01 ^{dd}

^{abcde} Aynı sütun içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

^{ABCD} Aynı satır içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

4.8. Kurutma Sırasında Soğanların Antioksidan Kapasitesindeki Değişimleri

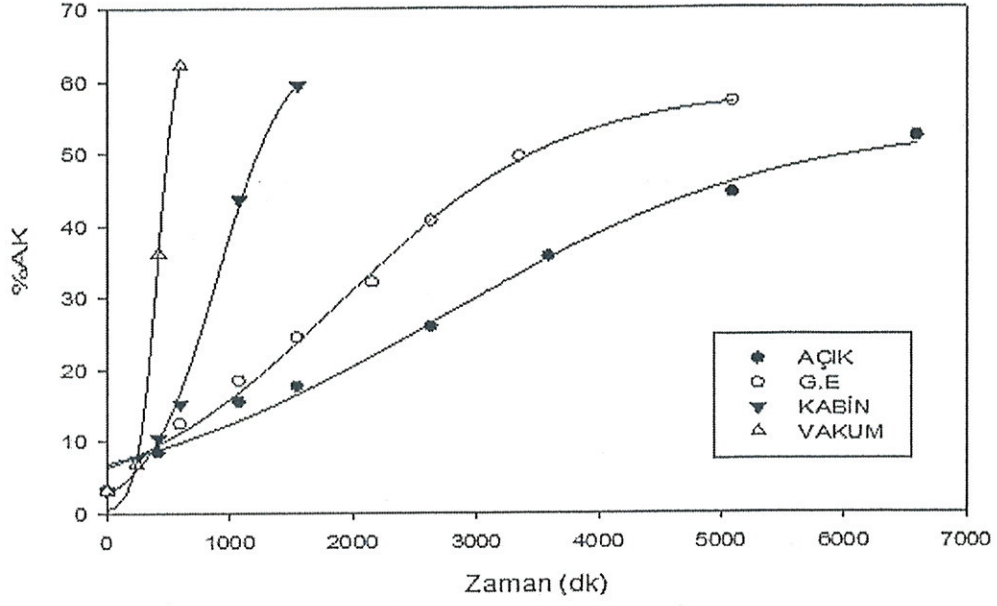
Antioksidan bileşiklerin sıcaklıkla ilgili olan işlemlerde bir kalite göstergesi olduğu bilinmektedir (Bchir ve ark., 2012). Antioksidan kapasitesi tayini Blois'in (1958) DPPH metoduna göre belirlenmiştir. Kurutma işleminden önce soğanların antioksidan kapasiteleri ön işlemsizlerde % 3.11, suya daldırılan soğanlarda % 4.34, %5 tuzlu su çözeltisine daldırılan soğanlarda % 1.69, %5 patates nişastası çözeltisinde bekletilen soğanlarda % 2.95 olarak belirlenirken %5'e sahip 13 DE

maltodekstrin çözeltilisine daldırılan soğanlarda ise bu değerin % 4.18 olduğu belirlenmiştir.

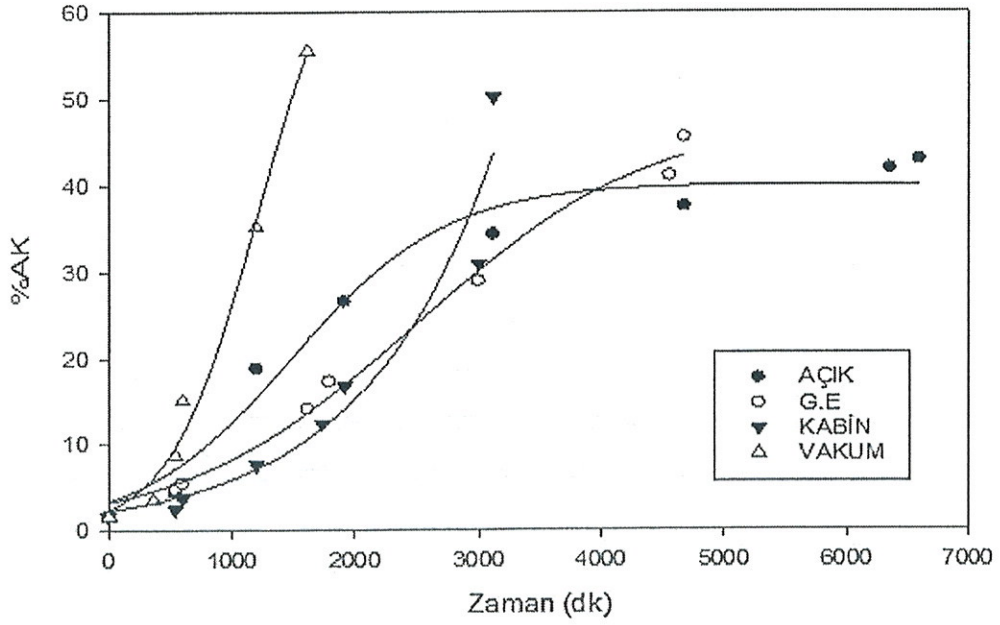
Ön işlem uygulanmayan ve ön işlem uygulanan soğanların antioksidan kapasitesi kurutma esnasında ve son üründe çalışılan kurutma yöntemlerinin (açık havada kurutma, güneş enerjili kurutucuda kurutma, kabin kurutucuda kurutma ve vakum kurutucuda kurutma) tamamında artış göstermiştir ($p<0.05$) (Çizelge 4.10).

Ön işlemsiz soğanlar vakum kurutucuda en yüksek antioksidan değerine (%62.23) ulaşmıştır (Çizelge 4.10) (Şekil 4.34). %5 tuzlu su çözeltilisine daldırılan soğanlar (Şekil 4.35), suya daldırılan soğanlar (Şekil 4.36), %5 patates nişastası çözeltilisine daldırılan soğanlar (Şekil 4.37) ve %5'e sahip 13 DE maltodekstrin çözeltisi ön işlemi uygulanan soğanların (Şekil 4.38) vakum kurutucuda en yüksek antioksidan kapasitesi değerine ulaştığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Çalışılan kurutma yöntemlerinin tamamında ürün kurudukça zamana bağlı olarak antioksidan kapasitesi değerlerinin arttığı gözlenmiştir.

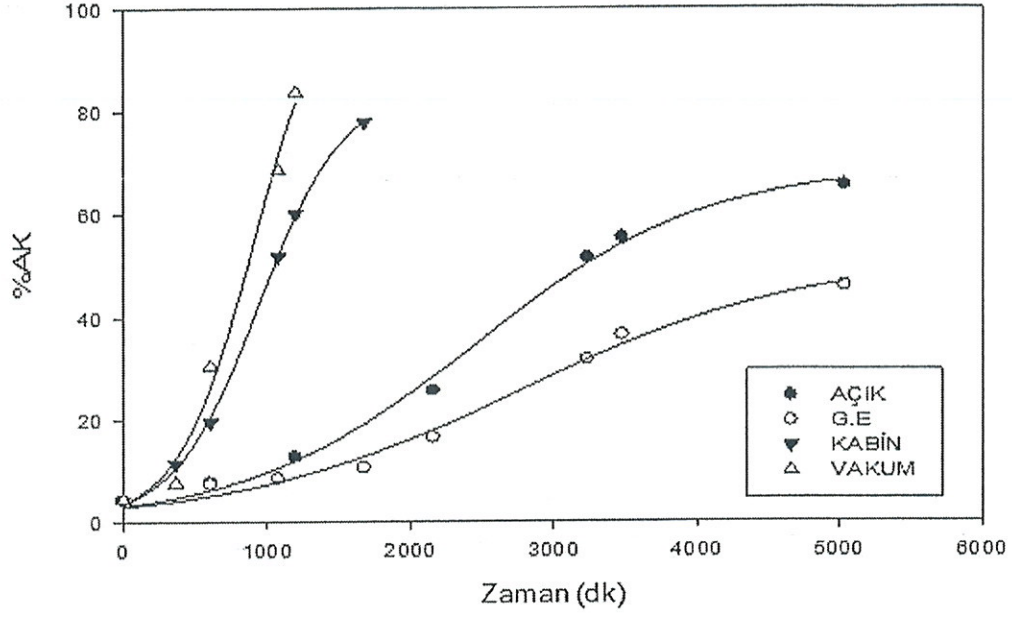
Öz (2011), taze sebzelere 10 dakika haşlama işlemi uyguladıktan sonra 50 °C'de 2 gün kurutma dolabında kurutma işlemi uygulamış ve antioksidan kapasitelerindeki % değişimleri gözlemlemiştir. Taze olarak ıspanak, tere, pazı, nane ve rokanın antioksidan kapasiteleri % olarak sırasıyla 64.60, 77.89, 59.01, 78.60 ve 59.83'dür. Kurutulmuş örneklerde ise ıspanak, tere, pazı, nane ve rokanın antioksidan kapasiteleri sırasıyla %77.96, %79.81, %80.66, %88.93 ve %67.81 olarak bulunmuştur. Çalışmamız kapsamında da önceki çalışmalarda olduğu gibi kurutulmuş ürünlerin antioksidan kapasitelerinde belirgin artışlar olduğu sonucu paralellik göstermektedir.



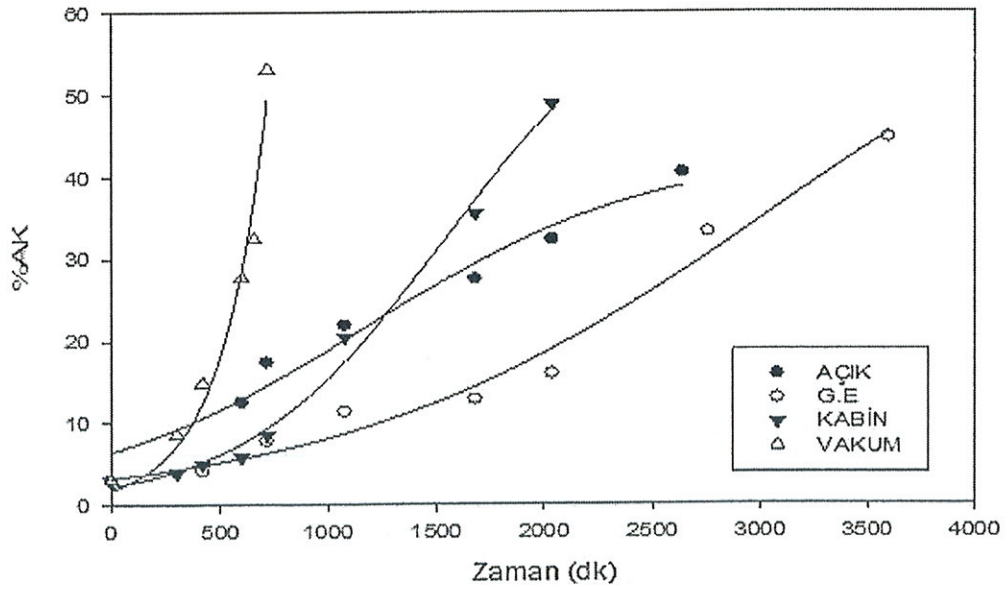
Şekil 4.34.Ön işlemsiz soğanların kurutulmasında A.K değerinde değişimler



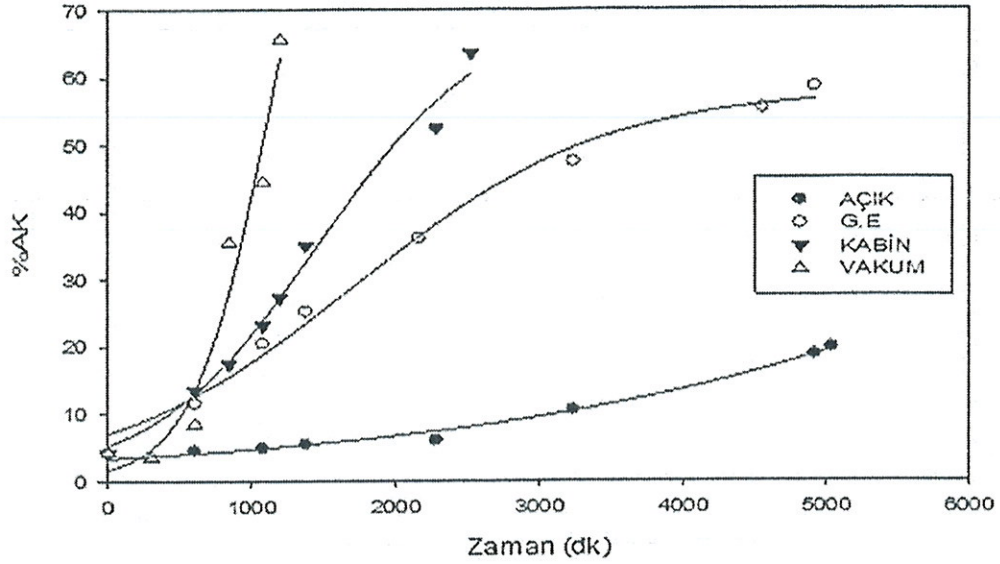
Şekil 4.35.TS ön işlemlili soğanların kurutulmasında A.K değerinde değişimler



Şekil 4.36.SD ön işlemlili soğanların kurutulmasında A.K değerinde değişimler



Şekil 4.37.PN ön işlemlili soğanların kurutulmasında A.K değerinde değişimler



Şekil 4.38.MD ön işlemlenmiş soğanların kurutulmasında A.K değerinde değişimler

Çizelge 4.10.Kurutulmuş soğanların antioksidan kapasitesi değerleri (%)

	AÇIK	GÜNEŞ EN.	KABİN	VAKUM
Kontrol	52.22±1.02 ^{dA}	57.09±1.80 ^{dB}	59.48±1.69 ^{cC}	62.23±1.87 ^{cD}
SD	65.57±2.19 ^{aB}	45.91±1.37 ^{cA}	78.02±1.32 ^{cC}	83.75±1.37 ^{cD}
TS	42.87±2.11 ^{cA}	45.45±1.43 ^{bb}	50.12±1.87 ^{bc}	55.45±1.36 ^{bi}
PN	40.49±1.92 ^{bA}	44.69±1.56 ^{ab}	48.83±1.66 ^{ac}	53.12±1.85 ^{ad}
MD	19.83±1.45 ^{aA}	58.49±1.35 ^{eb}	63.48±1.77 ^{dc}	65.59±1.49 ^{dd}

^{abcd} Aynı sütun içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

^{ABCD} Aynı satır içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

4.9. Kurutma Sırasında Soğanların L-Askorbik Asit Miktarı Değişim Oranları

Erime noktası 192 °C ve molekül ağırlığı 176 olan, renksiz kristallerden oluşan C vitamini bir antiskorbüt faktördür. Hem indirgeme gücü olan hemde asidik özellik gösteren bir diol grup ihtiva eder. C vitamini vitaminler arasında en dayanıksızdır. Askorbik asit havanın oksijeni ile okside olur ve bu oksidasyon sonucu molekül vitamin aktivitesini kaybeder. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda termik yolla çok kolay parçalanır. Gıdaların işlenmesi, depolanması ve pişirilmesinde en fazla kayba uğrayan vitamin C vitamini. Çeşitli işlemlere bu kadar duyarlı olması nedeniyle, gıdalara uygulanan birçok işlemin olumsuz etkisinin belirlenmesinde, askorbik asitteki kayıp miktarı bir ölçüt olarak kullanılmaktadır (Megep, 2011).

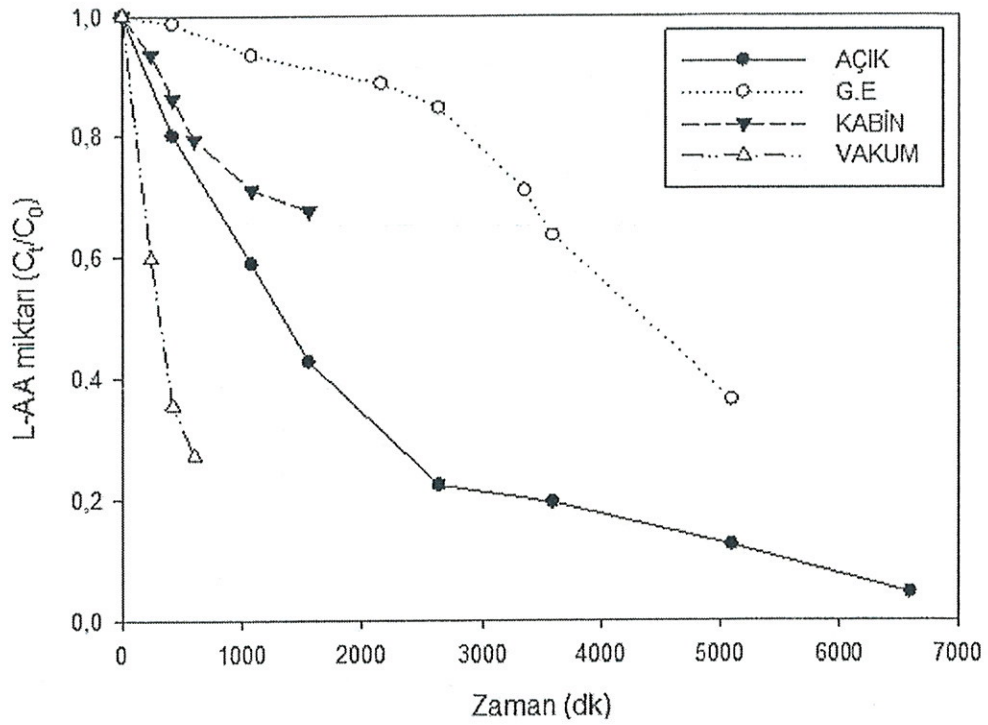
L-Askorbik asit miktarı ön işlemsiz ve ön işlemlili soğanların kurutma yöntemine göre kurutma sırasında hangi düzeyde etkilendiğini belirlemek amacıyla yapılmıştır. İlk örneklerin askorbik asit miktarı kuru bazda ön işlemsizin 23.04 mg/100 g, %5 tuzlu su çözeltisine daldırılan soğanların 38.2 mg/100 g, suya daldırılan soğanların 52.47 mg/100 g, %5'lik (13 DE) maltodekstrin çözeltisine daldırılan soğanların 73.55 mg/100 g ve %5 patates nişastası çözeltisinde bekletilen soğanların ise 43.09 mg/100 g olarak tespit edilmiştir.

Kurutma esnasında ön işlem uygulanmayan soğanlarda askorbik asit içeriğinin en iyi korunduğu kurutma yöntemi kabin kurutucuda kurutma olurken ön işlem uygulanan soğanlarda, suya daldırılanlar ve %5 patates nişastası çözeltisine daldırılanlarda açık havada kurutma yöntemi, %5 tuzlu su çözeltisinde bekletilenler ile 13 DE %5 maltodekstrin çözeltisine daldırılanlarda vakum kurutucuda kurutma yönteminde olmuştur (Şekil 39-43). Vakum kurutucuda L-askorbik asit içeriğinde en az kaybın görülme sebebi olarak soğanların vakum altında daha hızlı kuruma gerçekleştirmesinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

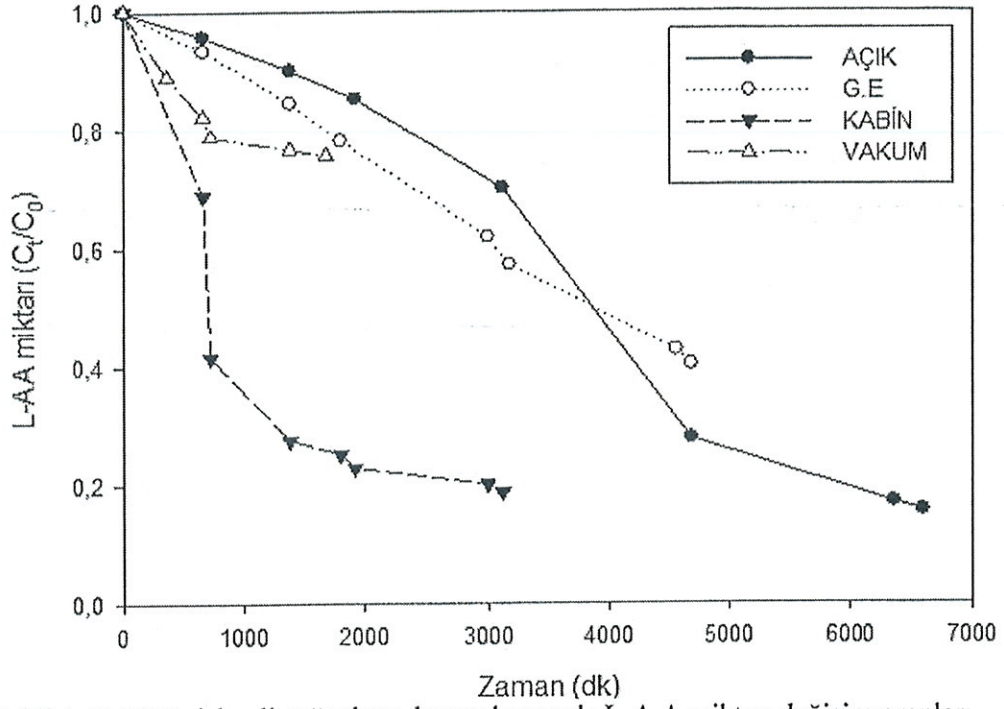
Çalışmada denenen bütün kurutma yöntemlerinde ön işlemsiz ve ön işlemlili soğanların askorbik asit miktarı oranlarında azalmalar gözlemlenmiştir ($p < 0.05$). Bu azalmaların açık havada %24-%96 arasında, güneş enerjili kurutucuda %60-%93 arasında, kabin kurutucuda %32-%81 arasında yer alırken vakum kurutucuda %24-%73 arasında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.11). Bu azalmanın (kayıpların) C vitamininin (askorbik asit) suda çözünmesi ve sıcaklıkta stabilitesini koruyamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Madhlopa ve ark. (2002), güneş enerjili kurutucuda (30°C) %85 neme sahip mango cipslerini %12 neme kadar kuruttuklarında C vitamininin %42'sinin tutulduğunu gözlemlenmiştir. Yapılan bu araştırma kapsamında da güneş enerjili kurutucuda kurutulan soğanlarda kontrol örneğinin L-AA değerindeki değişimler benzer çalışmalarda elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir.

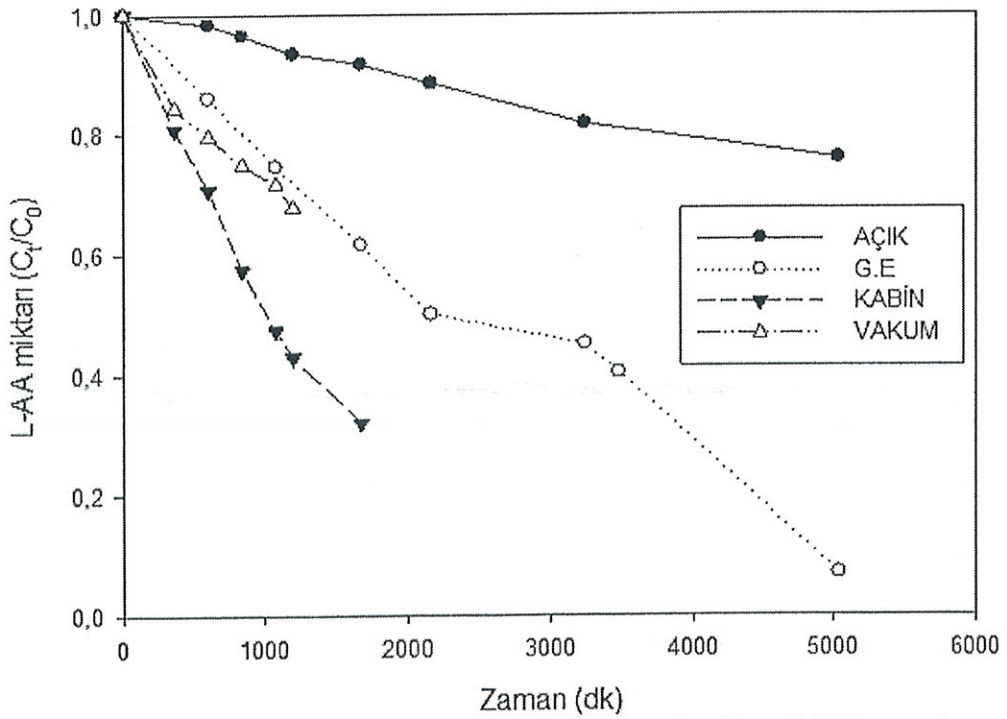
Şahin ve ark. (2012), domatesleri ilk önce % 2etiloleat+%4 potasyum karbonat karışımına daldırmışlar ve daha sonra domatesleri dilimleyerek bir kısmını %1 sitrik asit+%1 askorbik asit karışımına diğer kısmınıda %2 potasyum metabisülfite çözeltilerine daldırmışlar ve vakum altında 65°C ve 75°C'de kurutmuşlardır. Tüm uygulamalarda domatesin askorbik asit değerlerinin düştüğünü gözlemlemişlerdir. Yaptığımız bu çalışmada da soğanlar üzerine uygulanan tüm ön işlemlerde askorbik asit değeri diğer araştırmacıların yaptığı benzer çalışmalarda olduğu gibi azalma göstermiştir.



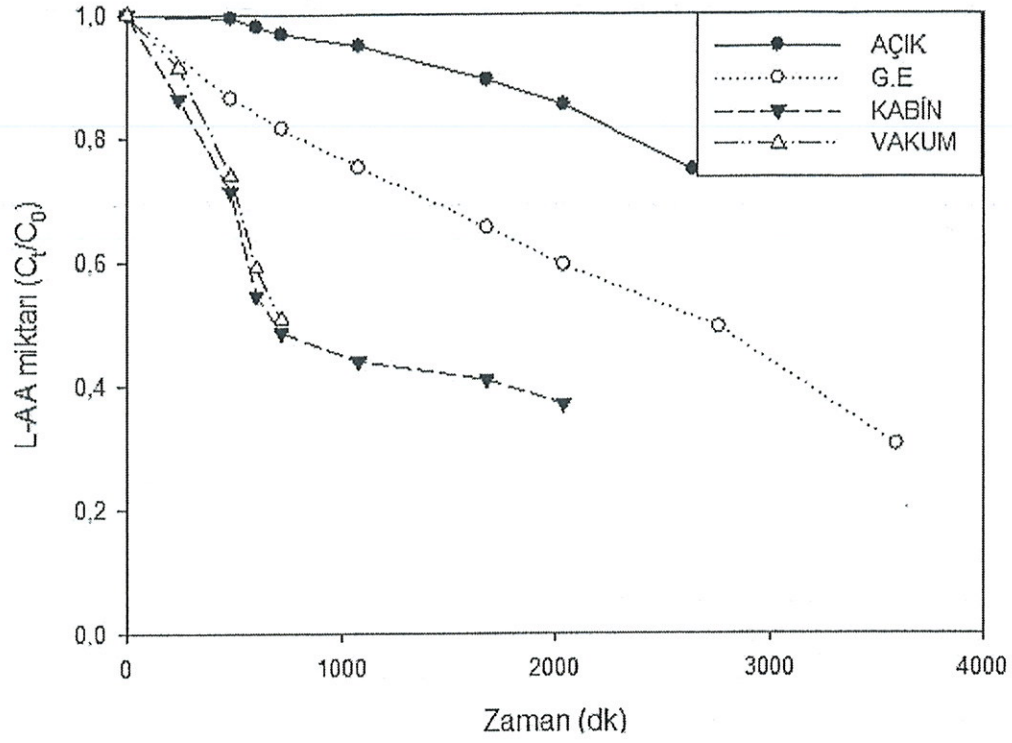
Şekil 4.39.Ön işlemsiz soğanların kurutulmasında L-A.A miktarı değişim oranları



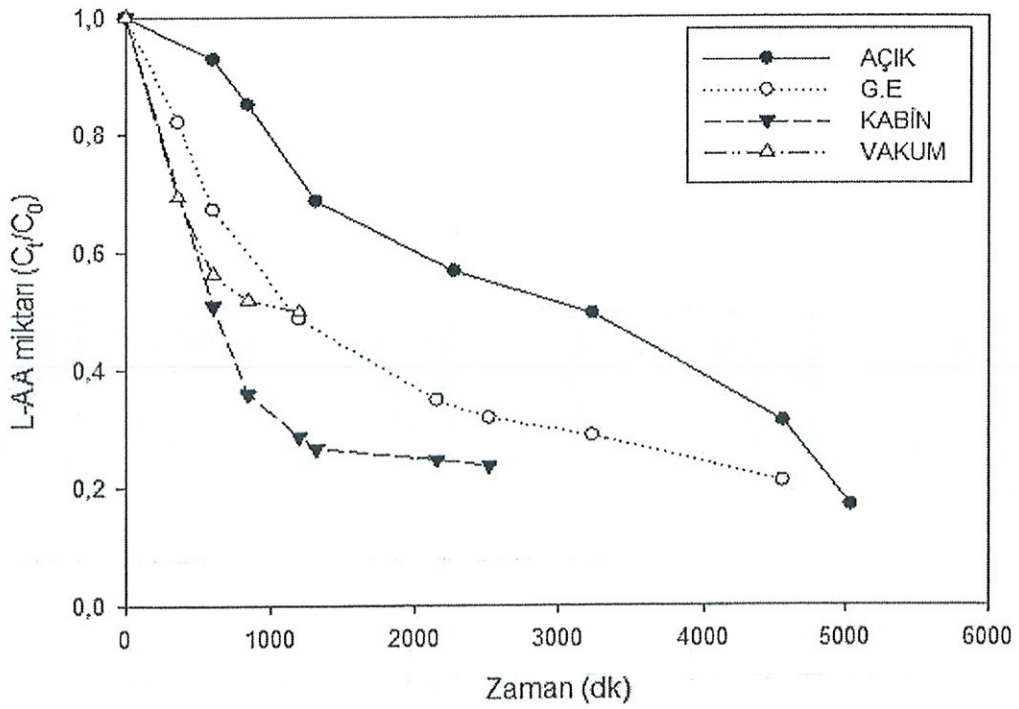
Şekil 4.40.TS ön işlemlili soğanların kurutulmasında L-A.A miktari değişim oranları



Şekil 4.41.SD ön işlemlili soğanların kurutulmasında L-A.A miktari değişim oranları



Şekil 4.42.PN ön işlemlerli soğanların kurutulmasında L-A.A miktari değişim oranları



Şekil 4.43.MD ön işlemlerli soğanların kurutulmasında L-A.A miktari değişim oranları

Çizelge 4.11.Kurutulmuş soğanların L-A.A değışimi (birimsiz)

	AÇIK	GÜNEŞ EN.	KABİN	VAKUM
Kontrol	0.04±0.01 ^{aA}	0.36±0.01 ^{bC}	0.68±0.01 ^{cD}	0.27±0.01 ^{aB}
SD	0.76±0.01 ^{dD}	0.07±0.01 ^{aA}	0.32±0.01 ^{cB}	0.68±0.01 ^{dC}
TS	0.16±0.01 ^{bA}	0.40±0.01 ^{aC}	0.19±0.01 ^{aB}	0.76±0.02 ^{eD}
PN	0.75±0.01 ^{dB}	0.30±0.02 ^{abA}	0.37±0.01 ^{dB}	0.51±0.01 ^{cC}
MD	0.17±0.01 ^{cA}	0.21±0.01 ^{abB}	0.24±0.01 ^{bC}	0.50±0.01 ^{bD}

^{abcde} Aynı sütun içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

^{ABCD} Aynı satır içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

4.10. Kurutma Sonrası Soğanların Rehidrasyon Kapasitesi

Kurutulmuş bir meyve-sebze ürününde aranan en önemli özellik suda tutulduğunda taze halinde içerdiği su miktarına en yakın oranda su alarak eski haline ve şekline dönebilmesidir. Kurutulmuş bir ürünün rehidrasyon yeteneği, onun suda belli koşullarda tutulması sonucu kazandığı su miktarı ile ölçülür. Rehidrasyon kapasitesi, son ürünün kullanılması sırasında verilen su ile eski hâline dönüşebilme düzeyidir. Yani kurutulmuş bir ürün, suda bekletilince taze hâlde içerdiği kadar su alarak eski hâline ve şekline dönüşürse mükemmel nitelikte olduğu kabul edilmektedir. Kurutulmuş bir ürünün rehidrasyon yeteneği, onun suda belli koşullarda ıslatılması sonucunda kazandığı su miktarı ile ölçülür. Ancak rehidrasyon sırasındaki koşullar, özellikle suyun sıcaklığı ve süresi, rehidrasyon yeteneği üzerinde son derece etkilidir (Cemeroğlu, 2004b).

Kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon yeteneği fiziksel bir olaysa da, bunun kurutma sırasında azalması, materyaldeki kimyasal, fiziko-kimyasal ve fiziksel değışmelerle ilgilidir. Kurutma koşullarına bağlı olarak buruşma ve parçalanma sonucu, hücreler ve dokunun kapilar yapısının bozulması, rehidrasyonu olumsuz yönde etkileyen fiziksel faktörlerdir. Buna karşın rehidrasyon yeteneği daha çok, kimyasal ve fizikokimyasal nedenlerle etkilenmektedir. Kurutmada uygulanan ısı etkisiyle ve kuruma sonucu hücredeki tuzların konsantre olmasına bağlı olarak proteinler denatüre olmaktadır. Denatüre olan proteinler artık suyu tekrar absorbe etme ve bağlama yeteneğini büyük ölçüde kaybetmektedir. Aynı nedenlerle nişasta ve gam maddeleri de daha az hidrofilik bir nitelik kazanmaktadır. Aynı zamanda hücre duvarı da eskisi gibi esnek değildir (Cemeroğlu ve ark., 2001).

Yaptığımız çalışmalar sonucunda rehidrasyon kapasitesinde görülen değişimler üzerine aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Ön işlem uygulanmadan açıkta kurutulan soğanların rehidrasyon kapasitesi 5.01 ± 0.0849 iken tuzlu su ön işlemi uygulanarak açıkta kurutulan soğanlarda rehidrasyon kapasitesi 5.13 ± 0.0919 'e ulaşarak açıkta kurutulan ön işlem uygulanmış ürünler arasındaki en yüksek rehidrasyon kapasitesi elde edilmiştir. Ön işlem uygulanmadan güneş enerjili kurutucuda kurutulan soğanların rehidrasyon kapasitesi 5.34 ± 0.2334 iken maltodekstrin ön işlemi uygulanarak kurutulan soğanlarda rehidrasyon kapasitesi 5.49 ± 0.2758 'e ulaşarak güneş enerjili sistemde kurutulan ve tüm ön işlem uygulamış örnekler arasında en yüksek rehidrasyon kapasitesine ulaşmıştır. Benzer şekillerde ön işlem uygulanmadan kabin kurutucuda kurutulan soğanların rehidrasyon kapasitesi 5.50 ± 0.1132 iken suya daldırma ön işlemi uygulanarak kurutulan soğanlarda rehidrasyon kapasitesi 5.62 ± 0.1556 'ya ulaşarak kabin kurutucuda elde edilen rehidrasyon kapasitesi en yüksek ürün olmuştur. Vakum kurutucuda ön işlem uygulanmadan kurutulan soğanlarda rehidrasyon kapasitesi 5.53 ± 0.4 iken tuzlu su ön işlemi uygulanarak kurutulan soğanlarda rehidrasyon kapasitesi 5.61 ± 0.2051 'e ulaşarak vakum kurutucuda kurutulan tüm örnekler içerisindeki en yüksek rehidrasyon kapasitesi olarak belirlenmiştir ($p < 0.05$) (Çizelge 4.12) (Şekil 4.44-4.47).

Pawar ve ark. (1988), güneş enerjili kurutucuda kurutulan %5 NaCl ön işlemlili beyaz soğanların rehidrasyon kapasitelerinde çok az bir azalış olduğunu belirtmişlerdir. Bu araştırma kapsamında ölçülen güneş enerjili kurutucu kurutulan %5 tuzlu su ön işlemlili soğanların rehidrasyon kapasitesinde de benzer bir durum söz konusudur.

Abano ve ark. (2013), mangoyu askorbik asit, tuzlu su, limon suyu ve bal ön işlemleri uygulayarak 70°C 'de kabin kurutucuda 14 saat süren bir kurutma işlemi uygulamışlardır. Bu kurutma işleminde % 82.3 neme sahip mangonun nemi kontrol örneğinde %17.29'a tuzlu su ön işlemlide ise % 16.95 düşürülmüştür. Kurutulmuş mangoda rehidrasyon kapasitesine bakıldığında kontrolün 1.84 tuzlu su ön işlemlinde 1.62 olduğu görülmüştür. Başka bir çalışmada Witrova-Rajchert ve

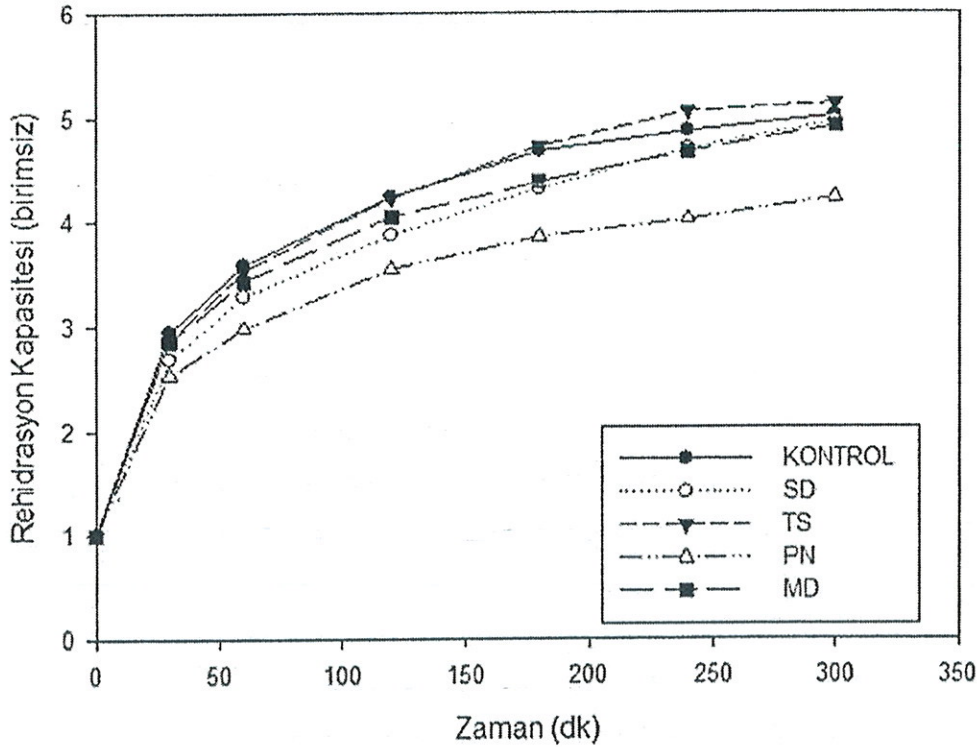
Lewicki, (2006) konveksiyon kurutma ile elma ve havuçları 70°C'de, patatesi 60°C'de kurutarak elde edilen ürünlere oda sıcaklığında 5 saat boyunca rehidrasyon kapasitesi analizi yapmışlar ve elde edilen sonuçlara göre havuç 7.95 ile en yüksek rehidrasyon kapasitesine sahip olmuştur. Elmanın rehidrasyon kapasitesi 4.96 olurken patatesin ise 3.33 olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4.12.Kurutulmuş soğanların rehidrasyon kapasiteleri (birimsiz)

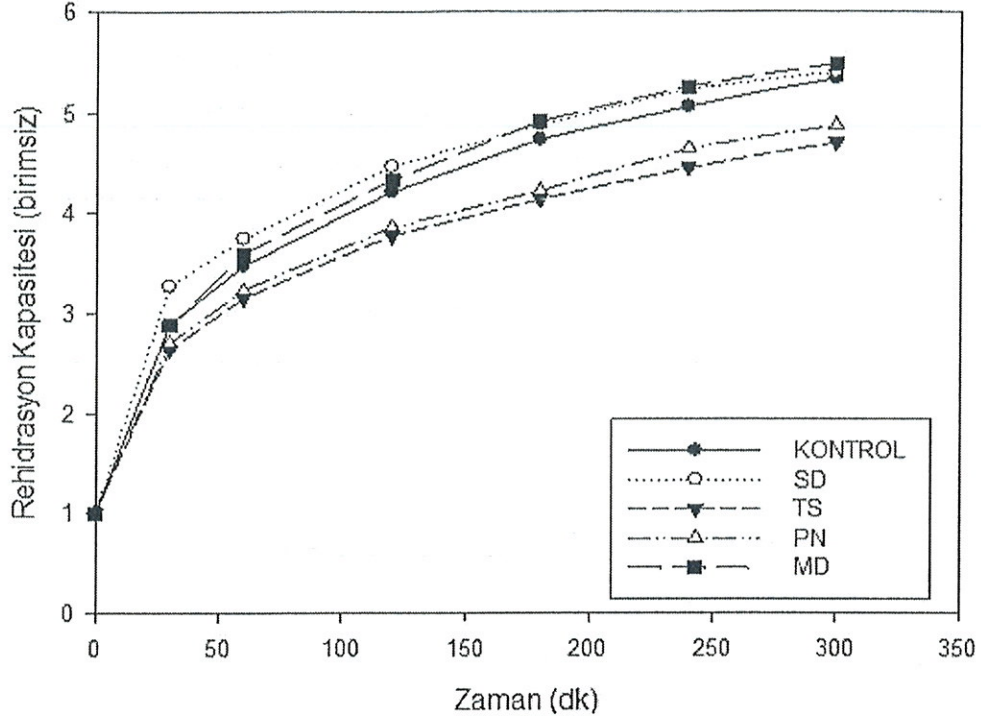
	AÇIK	GÜNEŞ EN.	KABİN	VAKUM
Kontrol	5.01±0.09 ^{dA}	5.34±0.23 ^{cB}	5.50±0.11 ^{bC}	5.53±0.13 ^{dD}
SD	4.95±0.04 ^{cB}	5.40±0.32 ^{dC}	5.62±0.16 ^{dD}	4.78±0.16 ^{aA}
TS	5.13±0.09 ^{cB}	4.70±0.21 ^{aA}	5.32±0.44 ^{aC}	5.61±0.21 ^{eD}
PN	4.23±0.16 ^{aA}	4.87±0.33 ^{bB}	5.51±0.45 ^{bcd}	4.92±0.04 ^{bC}
MD	4.91±0.64 ^{bA}	5.49±0.26 ^{cC}	5.54±0.04 ^{cd}	5.31±0.13 ^{cB}

^{abcde} Aynı sütun içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).

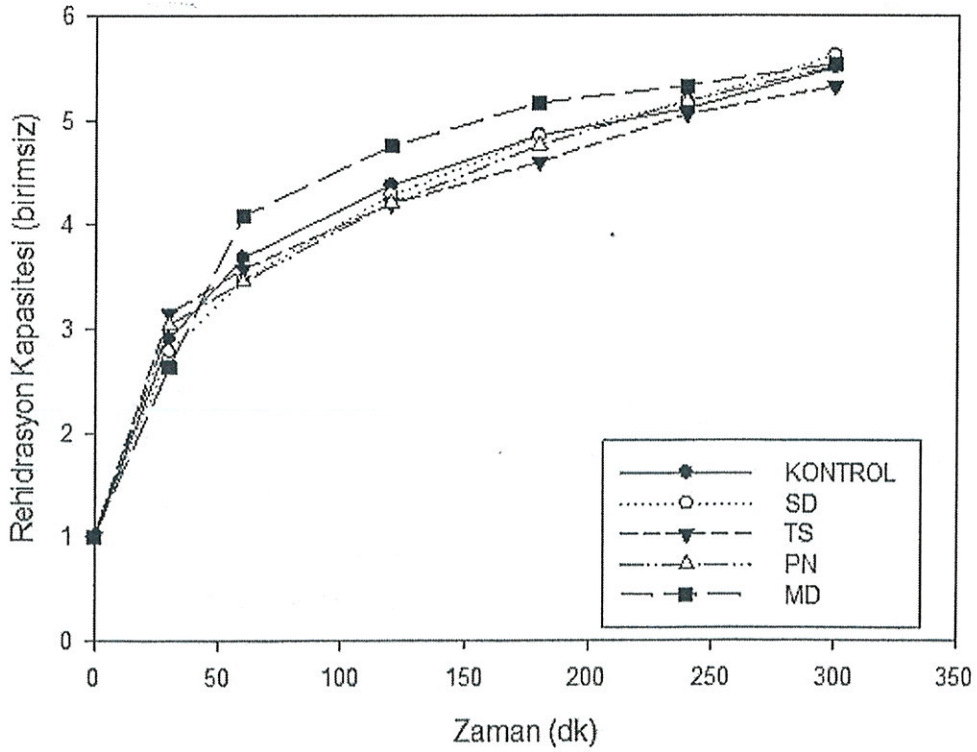
^{ABCD} Aynı satır içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05).



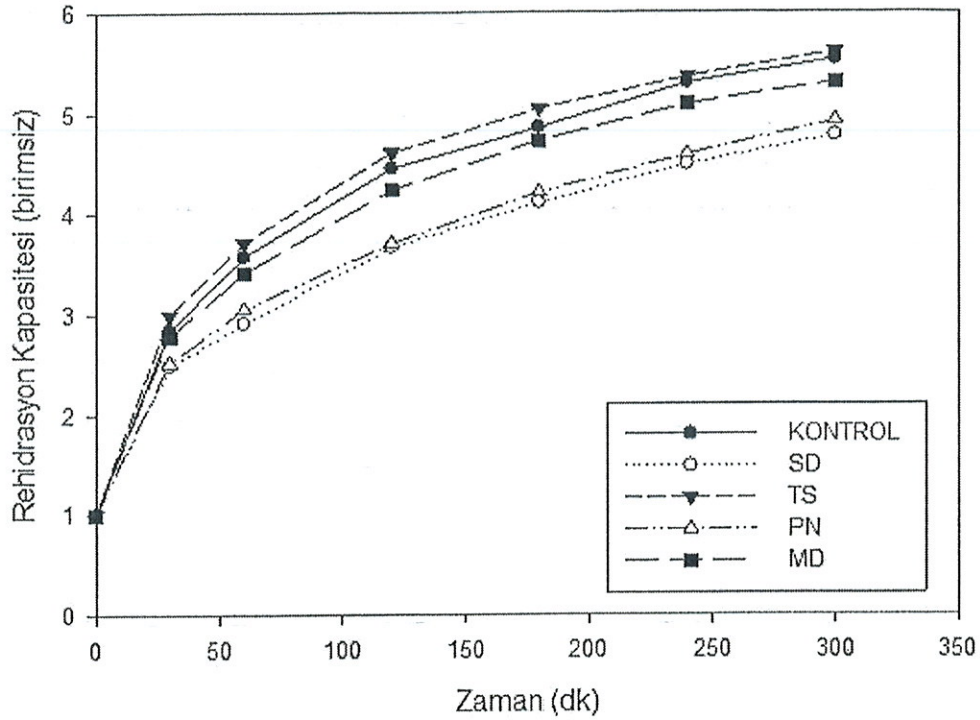
Şekil 4.44.Açıkta kurutulmuş soğanların rehidrasyon kapasiteleri



Şekil 4.45.Güneş Enerjili Kurutucuda kurutulmuş soğanların rehidasyon kapasiteleri



Şekil 4.46.Kabin kurutucuda kurutulmuş soğanların rehidasyon kapasiteleri



Şekil 4.47. Vakum kurutucuda kurutulmuş soğanların rehidrasyon kapasiteleri

4.11. Kurutulmuş Soğanlarda Duyusal Değerlendirme

Yapılan duyusal analiz sonucunda kurutulmuş soğanlara uygulanan farklı kurutma yöntemleri ve farklı ön işlemler tüketici beğenisi açısından (maksimum 10 puan üzerinden) değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler soğanların genel görünüşleri ve doğrudan tüketilmesi (çerez, atıştırmalık vb.) durumunda belirlenen değerlerdir.

Duyusal analizler sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde tuzlu su ön işlemleri farklı kurutma yöntemleri uygulanan soğanlara en yüksek puan değerleri renk olarak güneş enerjili kurutucuda; en iyi gevreklik olarak açıkta, vakum kurutucuda ve kabin kurutucuda; en iyi koku olarak kabin kurutucuda; en iyi lezzet olarak ise vakum kurutucuda kurutulmuş soğanlarda tespit edilmiştir. Genel izlenime bakıldığında ise en yüksek puanı kabin kurutucunun aldığı vakum kurutucunun kabin kurutmayı izlediği gözlenmiştir ($p < 0.05$) (Çizelge 4.13). Kabin kurutucuda farklı ön işlemler uygulanarak kurutulan soğanlarda ise en yüksek renk ve koku puanlarını su

ve ön işlemsiz örneklerin; gevreklik olarak maltodekstrin ve tuzlu su ön işlemleri uygulanan soğan örnekleri en yüksek puanları almıştır. Genel izlenime bakıldığında ise en yüksek puanları ön işlem uygulanmayan ve tuzlu su uygulaması yapılan kurutulmuş soğanlar almıştır ($p<0.05$) (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.13.Tuzlu su ön işlemlili soğanların kurutulmasında uygulanan farklı kurutma yöntemleri için duyu analizi değerlendirme sonuçları

	RENK	GEVREKLİK	KOKU	LEZZET	GENEL İZLENİM
AÇIK	4.82±0.37 ^{aA}	7.82±0.58 ^{bE}	5.73±0.45 ^{ab}	6.27±0.62 ^{ad}	6.18±0.06 ^{abC}
GÜNEŞ EN.	7.00±0.71 ^{ad}	2.73±0.42 ^{aA}	5.18±0.22 ^{aC}	4.54±0.23 ^{ab}	4.54±0.31 ^{aB}
KABİN	5.09±0.37 ^{aA}	7.54±0.65 ^{bd}	5.91±0.50 ^{ab}	6.91±0.21 ^{bc}	6.91±0.21 ^{bc}
VAKUM	4.91±0.36 ^{aA}	7.82±0.72 ^{bE}	5.82±0.48 ^{ab}	7.09±0.42 ^{bd}	6.27±0.16 ^{abC}

^{ab} Aynı sütun içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

^{ABCDE} Aynı satır içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

Çizelge 4.14.Soğanların kabin kurutucuda uygulanan ön işlemler için duyu analizi değerlendirme sonuçları

	RENK	GEVREKLİK	KOKU	LEZZET	GENEL İZLENİM
KONTROL	7.00±0.71 ^{bcD}	6.00±0.54 ^{aA}	7.36±0.61 ^{ab}	6.82±0.23 ^{aC}	6.45±0.26 ^{bb}
SD	8.01±0.71 ^{ce}	6.01±0.70 ^{ab}	7.18±0.13 ^{ad}	6.36±0.45 ^{aC}	5.55±0.40 ^{abA}
TS	5.64±0.59 ^{abA}	8.18±0.34 ^{aE}	6.45±0.71 ^{aC}	7.00±0.32 ^{ad}	6.36±0.54 ^{bb}
PN	4.91±0.36 ^{abA}	8.00±0.62 ^{aE}	5.91±0.86 ^{ab}	6.54±0.41 ^{ad}	6.27±0.19 ^{bc}
MD	4.27±0.26 ^{aA}	8.45±0.60 ^{aE}	5.90±0.78 ^{ad}	5.55±1.03 ^{aC}	5.01±0.38 ^{ab}

^{abc} Aynı sütun içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

^{ABCDE} Aynı satır içindeki farklı harfler istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.05$).

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez kapsamında Akgün 12 soğan çeşidi doğranarak/dilimlenerek, farklı ön işlemler ve farklı kurutma yöntemleri uygulanarak kurutma kinetiği çıkarılmıştır. Türkiye'nin ve özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgemizin güneş enerjisi açısından zengin bir potansiyele sahip olmasından dolayı, kurutma uygulamalarında güneş enerjisinin verimli bir şekilde kullanımı enerji ekonomisi açısından son derece önemlidir. Bu çalışmada, kuru soğan için belirli ön işlemler uygulandıktan sonra açık havada (güneşte), vakum kurutucuda, kabin kurutucuda ve güneş enerjili kurutucuda kurutma sırasında zamana bağlı nem oranı değişimlerinin kinetiği çıkartılmış belirli analizler yapılarak soğanların kurutulmasında uygun ön işlemler ve kurutma yöntemleri ile kuruma modelleri belirlenmiştir. Kurutma sırasında toplam fenolik madde içeriği, su aktivitesi, antioksidan kapasitesi, askorbik asit ve renk kayıplarının zamana bağlı grafikleri çıkarılmıştır. Ayrıca farklı ön işlemler uygulanarak kurutulan soğanların rehidrasyon yetenekleri ve bileşim değerleri de karşılaştırılmıştır.

Ön işlem uygulanmayan soğanların ön işlem uygulananlara göre açık havada ve güneş enerjili kurutucuda uzun sürede (6600 dk, 5100 dk.) kuruduğu fakat kabin kurutucu ve vakum kurutucuda ise daha kısa sürede (1560 dk., 600 dk.) kuruduğu belirlenmiştir. Bu tez kapsamında kullanılan kurutma yöntemlerinde soğanların son nem içeriği yaklaşık %9-10 olarak belirlenmiş ve bu nem oranına ulaşılmaya çalışılmıştır. Ayrıca vakum kurutucuda kurutulan soğanların kuruma süresinin kısaldığı saptanmıştır. Farklı kurutma yöntemleri ve ön işlem uygulanan soğanlara altı farklı matematiksel modelleme uygulanarak elde edilen verilere göre, açık havada kurutma için en uygun matematiksel modellemelere ait R^2 değerleri 0.9331-1 değerleri arasında, χ^2 0.002836-0 değerleri arasında, MBE (-)0.01357-0 ve RMSE 0.08084-0 değerleri arasında, güneş enerjili kurutucu için R^2 değerleri 0.9699-0.9972 değerleri arasında, χ^2 0.002515-0.000289 değerleri arasında, MBE 0.009508-0.003712 ve RMSE 0.04888-0.016455 değerleri arasında, kabin kurutucu için R^2 değerleri 0.9351-1 değerleri arasında, χ^2 0.005677-0 değerleri arasında, MBE 0.020473-0 ve RMSE 0.072501-0 değerleri arasında, vakum kurutucu için R^2 değerleri 0.9537-1 değerleri arasında, χ^2 0.004827-0 değerleri arasında, MBE

0.010697-0 ve RMSE 0.064679-0 değerleri arasında değişmektedir. Elde edilen istatistiksel veriler sonucunda nem oranı değişimi için en uygun modellemenin Page ve Modifiye Page modeli olduğu belirlenmiştir.

Çalışılan tüm kurutma yöntemlerinde yapılan su aktivitesi ölçümlerinde ön işlem uygulanan soğanların son ürünlerdeki su aktivitesi değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Ön işlem uygulamanın kurutulmuş soğanların su aktivitesini olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

Tüm kurutma yöntemleri ve koşullarında kurutma işlemi sonunda ürünün renk değerlerinden L* ve h* değerlerinin azaldığı C* değerinin ise arttığı belirlenmiştir. Renk değerlerinden olan L* ve h* değerinde en çok azalmanın güneş enerjili kurutucuda %5 maltodekstrin ön işlemlili soğanlarda olduğu, C* değerinde ise en fazla artışın kabin kurutucuda kurutulan örneklerde olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca diğer renk parametresi olan esmerleşme indeksinde de en fazla esmerleşmenin kabin kurutucuda olduğu görülmüştür. Esmerleşme indeksi ile C* değerlerinin tüm kurutma yöntemlerinde paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan kurutma yöntemlerinin hepsinde kalite kriterlerinden biri olarak kabul edilen toplam fenolik madde içeriğinin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Toplam fenolik madde içeriğinde en fazla kaybın açık havada kurutulan soğan dilimlerinde en az kaybın ise vakum altında kurutmaya alınan soğanlarda olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca ön işlemlerin soğanların toplam fenolik madde içeriğinde herhangi bir artışa sebep olmadığı gözlemlenmiştir. Tuzlu su ön işlemi uygulanan soğanlar için kurutma yöntemlerinin hepsinde en fazla toplam fenolik madde miktarında kaybın olduğu belirlenmiştir.

Sıcaklıkla ilgili olan işlemlerde bir kalite göstergesi olduğu bilinen antioksidan değerine en fazla kapasite (%53.12-%83.75) sahip olduğu kurutma yönteminin vakum altında kurutulan soğanlar olduğu tespit edilmiştir. Vakum kurutucuda ise suya daldırılmış soğanların antioksidan kapasitesi diğer ön işlemlere göre daha yüksek değerde olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada denenen bütün kurutma yöntemlerinde ön işlemsiz ve ön işlemlili soğanların askorbik asit miktarında azalmalar gözlenmiştir. Bu azalmanın (kayıpların) C vitamininin (askorbik asit) suda çözünmesi ve sıcaklıkta stabilitesini koruyamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışma dahilinde yürütülen ön işlem uygulamalarının doğrudan son ürün rehidrasyon kapasitesine herhangi bir kayda değer etkisi tespit edilememiştir. Ancak soğanlara tuzlu su ve suya daldırılarak ön işlem uygulananların kimi durumlarda rehidrasyon kapasitesine olumlu katkısı olmuştur.

Sonuç olarak, ön işlem uygulanan ve ön işlem uygulanmayan soğanların kurutulmasında, soğanın bileşiminde en az kaybın olacağından ve daha hijyenik şartlar altında kurutma gerçekleştiğinden, endüstride vakum altında kurutulması önerilir. Önemli bir soğan üreticisi konumunda olan ülkemizin kurutulmuş soğan üreticilerinin sorunlarına çözüm getireceği beklenir. Sanayi alanında soğanların kurutulmasında kurutucu dizayn edilmesi, uygun proses ve kurutma koşullarının belirlenmesinde optimum şartların Page ve Modified Page modellerine göre oluşturulabileceği önerilmektedir. Ayrıca Türkiye'nin güneş enerjisi açısından zengin bir potansiyele sahip olmasından dolayı kurutma uygulamalarında güneş enerjisinin verimli bir şekilde kullanımı enerji ekonomisi açısından son derece önemlidir. Güneş enerjili kurutucu ile yapılan kurutmada açık havada (güneşte) kurutmaya göre kurutma süresi kısaltılmış aynı zamanda kurutulmuş ürün kalitesi artırılmıştır. Böylece kurutulmuş ürün daha kısa zamanda piyasaya sunulabilecektir.

Tüketicilerin damak tadı dikkate alındığında duyu analizi sonucunda en çok tercih edilen ön işlemin ise tuzlu su olduğu gözlenmiştir. Bunun yanı sıra kurutma işleminden önce tuzlu suya daldırılan soğanların duyu değerlendirmede yer alan panelistler tarafından lezzet açısından en yüksek skorlarla beğenilmesi ve atıştırmalık çips kapsamında kabul görmesi yeni bir ürün geliştirilmesine ön ayak olabilecek niteliktedir. Bu sayede katma değeri daha da artırılmış doğal bir gıda maddesi üretimi mümkün olabilecektir.

Kurutma yardımcı maddesi olarak maltodekstrin yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu çalışma öncesinde maltodekstrin kullanarak herhangi bir soğan kurutma denemesi yapılmadığı için bu çalışma soğan kurutulmasında maltodekstrin kullanımı ve diğer kurutma problemlerinin çözümünde yeni girişimciler için yardımcı kaynak olacaktır.

KAYNAKLAR

- ABANO, E.E., SAM-AMOA, L.K., OWUSU, J., and ENGMAN, F.N., 2013. Effects of Ascorbic Acid, Salt, Lemon Juice, and Honey on Drying Kinetics and Sensory Characteristic of Dried Mango. *Croat. J.Food Sci. Technol.* 5 (1), 1-10.
- ABHAYAWICK, L., LAGUERRE, J.C., TAUZIN, V., and DUQUENOY, A., 2002. Physical Properties of Three Onion Varieties as Affected by the Moisture Content. *Journal of Food Engineering*, 55, 253-262.
- AHMED, M., AKTER, M.S., and EUN, J., 2010. Peeling, Drying Temperatures, and Sulphite-Treatment Affect Physicochemical Properties and Nutritional Quality of Sweet Potato Flour. *Food Chemistry*, 121, 112-118.
- AKGÜN, N.A., and DOYMAZ, Y., 2005. Modeling of Olive Cake Thin Layer Drying Process. *Journal of Food Engineering*, 68, 455-461.
- ALAM, S.M.D., GUPTA, K., KHAIRA, H., and JAVED, M., 2012. Quality of Dried Carrot Pomace Powder as Affected by Pretreatments and Methods of Drying. *Agric Eng Int:CIGR Journal*, Vol. 15, No.4.
- ALTAN, A., 1992. *Laboratuvar Tekniği. Ç.Ü.Ziraat Fak. Ders Kitabı. No 36, 172s Adana.*
- ALTUĞ, T., 1993. *Duyusal Test Teknikleri. E. Ü. Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları, No: 28, İzmir, 56.*
- ANONİM, 2006. *Güneş Enerjili ile Kurutulmuş Gıda Ürünleri ve Pazar Potansiyeli, Şanlıurfa, sayfa 11-15.*
- ANONİM, 2014a. www.agri.ankara.edu.tr/bahce/1097_sogan_sarimsak_pirasa.doc.
- ANONİM, 2014b. <http://mtntohum.com/sogan-hakkinda-bilgiler.html>.
- ANONİM, 2014c. <http://www.jains.com.tr/uploaded/sogan-yetistiriciligipdf1.pdf>
- ANONİM, 2014d. <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>.
- ANONİM, 2014e. http://www.tarimziraat.com/cesit_katalogu/sebze_cesitleri/kuru_sogan_cesitleri/akgun_12_kuru_sogan_cesidi/akgun_12/.
- AOAC, 1985. *Official Methods of Analysis (13. baskı). Washington, DC. Association of Official Analytical Chemists.*
- AOAC, 2000. *Official Methods of Analysis (17th Ed.). AOAC INTERNATIONAL, GaitHersburg, MR, Method 934.01.*
- ARDAĞ, A., 2008. *Antioksidan Kapasite Tayin Yöntemlerinin Analitik Açıdan Karşılaştırılması, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.*
- ARSLAN, D., and ÖZCAN, M.M., 2010. Study the Effect of Sun, Oven and Microwave Drying on Quality of Onion Slices. *LWT-Food Science and Technology*, 43, 1121-1127.
- BARONI, A.F., and HUBINGER, M.D., 2007. Drying of Onion: Effects of Pretreatment on Moisture Transport. *Drying Technology: An International Journal*, 16:9-10, 2083-2094.
- BCHIR, B., BESBES, S., KAROUİ, R., ATTIA, H., PAQUOT, M., and BLECKER, C., 2012. Effect of Air-Drying Conditions on Physico-Chemical Properties-

- Osmotically pre-Treated Pomegranate Seeds. *Food Bioprocess Technology*, 5:1840-1852.
- BLOIS, M. S., 1958. Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. *Nature*, 181:1199-1200.
- BRUCE, D.M., 1985. Exposed Layer Barley Drying, Three Models Fitted to New Data up to 150°C. *J. Agric. Eng. Res.*, 32:337-347.
- CEMEROĞLU, B., YEMENİCİOĞLU, A., ve ÖZKAN, M., 2001. Meyve ve Sebze Bileşimi ve Soğukta Depolanmaları, *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:24*, Ankara, 328s.
- CEMEROĞLU, B., 2004a. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 2. Cilt 2. Baskı, *Gıda Teknolojisi Derneği yayınları*, 604-608.
- CEMEROĞLU, B., 2004b. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi 2. Cilt 2. Baskı, *Gıda Teknolojisi Derneği yayınları*, 549-550.
- CEMEROĞLU, B., 2010. *Gıda Analizleri Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No:34 s.1-418.*
- DİRİM, S.N., and ÇALIŞKAN, G., 2012. Determination of the Effect of Freeze Drying Process on the Production of Pumpin (*Cucurbita Moschata*) Puree Powder and the Powder Properties. *Gıda*, 37 (4):203-210.
- ERBAY, B., ve KÜÇÜKÖNER, E., 2008. *Gıda Endüstrisinde Kullanılan Farklı Kurutma Sistemleri. Türkiye 10. Gıda Kongresi. Atatürk Üniversitesi Erzurum*, 1045-1048.
- ERTEKİN, C., YALDIZ, O., ve MUHLBAUER, W., 2001. İncirin Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi ve Kuruma Davranışının Modellenmesi. *Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi*, 13-15 Eylül, Şanlıurfa, 405-411.
- GALLALİ, M.Y., ABUJNAH, S.Y., and BANNANİ, F.K., 2000. Preservation of Fruits and Vegetables Using Solar Drier: a Comparative Study of Natural and Solar Drying, III; Chemical Analysis and Sensory Evaluation Data of the Dried Samples (Grapesi Figs, Tomatoes and Onions). *Renewable Energy*, 19, 203-212.
- GORINSTEIN, S., PARK, Y-S., HEO, B-G., NAMIESNIK, J., LEONTOWICZ, H., LEONTOWICZ, M., HAM, K-S., CHO, J-Y., and KANG, S-G., 2009. A Comparative Study of Phenolic Compounds and Antioxidant and Antiproliferative in Frequently Consumed Raw Vegetables. *Eur Food Res Technol*, 228:903-911.
- GOULD, A.W., 1977. *Food Quality Assurance. The AVI Publ. Co. Inc. USA. 314 s.*
- GÖKÇE, A.F., KAYA, C., SERÇE, S., and ÖZGEN, M., 2010. Effect of Scale Color on the Antioxidant Capacity of Onions. *Scientia Horticulturae*, 123, 431-435.
- HENDERSON, S. M., and PABIS, S., 1961. Grain Drying Theory. I. Temperature Effect on Drying Coefficient. *Journal of Agricultural Research Engineering*, 6:169-174.
- HIŞİL, Y., 1997. *Enstrümental Gıda Analizleri Laboratuar Klavuzu*, Ege Üniversitesi.
- IFFJP., 1968. *International Federation of Fruit Juice Producers. IFJU Analyses no.11.*
- ISABELLE, M., LEE, B.L., LIM, M.T., KOH, W-P., HUANG, D., and ONG, C.N., 2010. Antioxidant Activity and Profiles of Common Vegetables in Singapore. *Food Chemistry*, 120, 993-1003.

- JENA, S., and Das, H., 2007. Modelling for Vacuum Drying Characteristics of Coconut Presscake. *Journal of Food Engineering*, 79:92-99.
- JOSHI, N., GARIEPY, Y., and RAGHAVAN, G.S.V., 2008. Comparative Evaluation of Different Pretreatments on Tomato Slices Dried in a Cabinet Air Drier. *International Journal of Food Engineering*, Article 3, Volume 4, Issue 7.
- KAHYAOĞLU-AYTAÇ, G. 2009. Kurutulmuş Sebzeler, T.C Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi.
- KAUR, C., JOSHI, S., and KAPOOR, H.C., 2009. Antioxidants in Onion (*Allium cepa* L.) Cultivars Grown in India. *Journal of Food Biochemistry*, 33, 184-200.
- KAYA, S., and MASKAN, A., 2003. Water Vapor Permeability of Pestil (a fruit leather) Made from Boiled Grape Juice with Starch. *Journal of Food Engineering*, 57, 295-299.
- KAYMAK-ERTEKİN, F., and GEDİK, A., 2005. Kinetic Modelling of Quality Deterioration in Onions During Drying and Storage. *Journal of Food Engineering*, 68, 443-453.
- KAYNAS, K., ve ERTAN, Ü., 1986. Bazı Soğan (*Allium cepa* L.) Çeşitlerinin Hasat Sonrası Fizyolojisi Üzerinde Çalışmalar. *Bahçe*, 15: 35-46.
- KINGSLY, A. R. P., and SINGH, D. B., 2007. Drying Kinetics of Pomegranate Arils. *Journal of Food Engineering*, 79:741-744.
- KOCABIYIK, H., ve DEMİRTÜRK, B.S., 2008. Nane Yapraklarının İnfrared Radyasyonla Kurutulması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 5 (3).
- KROKIDA, M.K., OREOPOULOU, V., MAROULIS, Z.B., and KOURIS, D.M., 2001. Colour Changes During Deep Fat Frying. *Journal of Food Engineering*, 48:219-225.
- KULIŠIĆ, T., RADONIĆ, A., KATALINIĆ, V., and MILOS, M., 2004. Use of Different methods for Testing Antioxidative Activity of Oregano Essential Oil, *Food Chemistry*, 85, 633-640.
- KUMAR, D.G.P., HEBBAR, H.U., and RAMESH, M.N., 2006. Suitability of Thin Layer Models for Infrared-Hot Air-Drying of Onion Slices. *LWT*, 39, 700-705.
- LEWICKI, P.P., and WILTROWA-RAJKHERT, D., 1998. Rehydration Properties of Dried Onion. *International Journal of Food Properties*, 1:3, 275-290.
- MACHAVARAPU, M., SINDIRI, M.K., and VANGALAPATI, M., 2013. Optimization of Physico-Chemical Parameters for the Extraction of Flavonoids and Phenolic Components from the Skin of *Allium cepa*. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2, 7.
- MADHLOPA, A., JONES, S.A., and SAKA, J.D.K., 2002. A Solar Air Heater with Composite-Absorber System for Food Dehydration. *Renewable Energy*, 27, 27-37.
- MASKAN, M., 2001 Kinetics of Colour Changes of Kiwifruit During Hot Air and Microwave Drying. *Journal of Food Engineering*, 48:169-175.
- MC GUIRE, R.G., 1992. Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*, 27, 1254-1255.
- MEGEP, 2011. Gıdalarda Askorbik Asit Tayini. T.C. M.E.B. Gıda Teknolojisi, 541GI0090.
- MEYERS, K.J., WATKINS, C.B., PRITSS, M.P., and LIU, R.H., 2003. Antioxidant and Antiproliferative Activities of Strawberries, *Journal Agricultural Food Chemistry*, 51, 6887-6892.

- MİTRA, J., SHRİVASTAVA, S.L., and RAO, S.P., 2011. Vacuum Dehydration Kinetics of Onion Slices. *Food and Bioproducts Processing*, 89, 1-9.
- MOTA, C.L., LUCIANO, C., DÍAS, A., BARROCA, M.J., and GUİNE, R.P.F., 2010. Convection Drying of Onion: Kinetics and Nutritional Evaluation. *Food and Bioproducts Processing*, 88, 115-123.
- OLIVEIRA, A.R.F., and ILINCANU, L., 1999. Rehydration of Dried Plant Tissue: Basic Concepts and Mathematical Modeling, in *Processing Foods, Quality, Optimization and Processn Assesment*, Oliveira, A.R.F. and Oliveira, J.C. (eds) (CRC Press, London, UK), pp 201-227.
- ÖZ, Ö., 2011. Haşlama ve Kurutmanın Bazı Sebzelerin Bileşimi Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- ÖZMEN, O., 1991. Orta Anadolu Bölgesi'nde Önemli Soğan Depolarının Bulunduğu Afyon, Nevşehir ve Yozgat İllerinde Depo Çürüklüğüne Neden Olan Fungaletmenlerin Tanımları, Zarar Şekilleri, Patojenisiteleri ve Korunma Yolları. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. 141 s.
- ÖZTAN, T., 2006. Mor Havuç Konsantresi, Şalgam Suyu, Nar Suyu ve Nar Ekşisi Ürünlerinde Antioksidan Aktivitesi Tayini ve Fenolik Madde Profilinin Belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- PAGE, G., 1949. Factors Influencing the Maximum Rates of Air Drying Shelled Corn in Thin Layers: M.s.c Thesis. Lafayette, IN: Purdue Universty.
- PALOU, E., LOPEZ-MALO, A., BARBOSA-CANOVAS, G.V., WELTI-CHANES, J., and SWANSON, B.G., 1999. Polyphenoloxidase Activity and Color of Blanched and High Hydrostatic Pressure Treated Banana Puree. *Journal of Food Science*, 64, 42-45.
- PAWAR, V.N., SINGH, N.I., DEV, D.K., KULKARNI, D.N., and INGLE, U.M., 1988. Solar Drying of White Onion Flakes. *Ind Food Packer*, 42(1), 15-28.
- PEREZ-GREGORİO, M.R., REGUEİRO, J., GONZALEZ-BARREİRO, C., RİAL-OTERO, R., and SİMAL-GANDARA, J., 2011. Changes in Antioxidant Flavonoids During Freeze-Drying of Red Onions and Subsequent Storage. *Food Control*, 22, 1108-1113.
- PRAKASH, D., SINGH, B.N., and UPADHYAY, G., 2007. Antioxidant and Free Radical Scavenging Activities of Phenols from Onion (*Allium cepa*). *Food Chemistry*, 102, 1389-1393.
- ROLDAN-MARIN, E., SANCHEZ-MORENO, C., LLORIA, R., ANCOS, B., and CANO, M.P., 2009. Onion High-Pressure Processing: Flavonol Content and Antioxidant Activity. *LWT-Food Science and Technology*, 42, 835-841.
- SAMANIEGO-ESGUERRA, C.M., BOAG, I.F., and ROBERTSON, G.L., 1991. Kinetics of Quality Deterioration in Dried Onions and Gren Beans as a Function of Temperature and Water Activity. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, 24, 53-58.
- SARSAVADİA, P.N., 2007. Development of a Solar-Assisted Dryer and Evaluation of Energy Requirement for the Drying of Onion. *Renewable Energy*, 32, 2529-2547.
- SCANLIN, D., 1997. Design, Construction and Use of an Indirect, Through-pass, Solar Food Dryer. *Home Power*, 57, 62-72.

- SHARMA, G.P., VERMA, R.C., and PATHARE, P.B., 2005a. Mathematical Modeling of Infrared Radiation Thin-Layer Drying of Onion Slices. *Journal of Food Engineering*, 71, 282-286.
- SHARMA, G.P., VERMA, R.C., and PATHARE, P.B., 2005b. Thin-Layer Infrared Radiation Drying of Onion Slices. *Journal of Food Engineering*, 67, 361-366.
- SHARMA, V.K., COLNAGELO, A., and SPAGNA, G., 1993. Experimental Performance of an Indirect Type Solar Food and Vegetable Dryer. *Energy Convers Manage*, 34(4), 293-8.
- SIDDIQ, M., ROIDOUNG, S., SOGI, D.S., and DOLAN, K.D., 2013. Total Phenolics, Antioxidant Properties and Quality of Fresh-Cut Onions (*Allium cepa* L.) Treated with Mild-heat. *Food Chemistry*, 136, 803-806.
- ŞAHİN, F.H., ÜLGER, P., AKTAŞ, T., ve ORAK, H.H., 2012. Farklı Ön İşlemlerinin ve Vakum Kurutma Yönteminin Domatesin Kuruma Karakteristikleri ve Kalite Kriterleri Üzerine Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (1).
- THAKOR, N.J., SOKHANSANJ, S., SOSULSKİ, F.W., and YANNACOPOULOS, S., 1999. Mass and Dimensional Changes of Single Canola Kernels During Drying. *Journal of Food Engineering*, 40, 153-160.
- TOĞRUL, I. T., and PEHLIVAN, D., 2002. Mathematical Modeling of Solar Drying of Apricots in Thin Layers. *Journal of Food Engineering*, 55:209-216.
- UDOMKUN, P., MAHAYOTHEE, B., NAGLE, M., and MULLER, J., 2014. Effect of Calcium Lactate Applications with Osmotic Pretreatment on Physicochemical Aspects and Consumer Acceptances of Dried Papaya. *International Journal of Food Science and Technology*, 49, 1122-1131.
- YALDIZ, O., and ERTEKİN, C., 2001. Thin-Layer Solar Drying of Some Vegetables. *Drying Technology*, 19 (3&4), 583-597.
- YURDAGÜL, E., 2007. Erik Bazlı Karışık Meyveli Geleneksel Marmelat Üretimi Üzerine Bir Araştırma, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- WANG, J., 2002. A Single-Layer Model for Far-Infrared Radiation Drying of Onion Slices. *Drying Technology*, Vol. 20, No. 10, pp. 1941-1953.
- WANG, C. Y., and SINGH, R. P., 1978. A Single Layer Drying Equation for Rough Rice. ASAE No:3001.
- WANG, W., and ZHOU, W., 2013. Water Adsorption and Glass Transition of Spray-Dried Soy Sauce Powders Using Maltodextrins as Carrier. *Food Bioprocess Technol*, 6:2791-2799.
- WHITE, G.M., ROSS, I.J., and PONELEERT, R., 1981. Fully Exposed Drying of Popcorn. *Tran. ASEA*, 24:466-468.
- WITROVA-RAJCHERT, D., and LEWICKI, P.P., 2006. Rehydration Properties of Dried Plant Tissues. *International Journal of Food Science and Technology*, 41,1040-1046.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : CENGİZ ÇETİN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : BEYŞEHİR, 20.07.1987
Telefon : 0 535 685 91 83
e mail : cengizcetin_42@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi, Beyşehir, Konya	2006
Üniversite	: Harran Üniversitesi, Şanlıurfa	2012
Yüksek Lisans:	Harran Üniversitesi, Şanlıurfa	2014

UZMANLIK ALANI: Meyve ve Sebze Teknolojisi, Kurutma Teknolojisi

YABANCI DİLLER: İngilizce

EK 1. Duyusal Analiz Formu

Panelist Adı Soyadı:

Tarih: ... / ... / ...

KURUTULMUŞ SOĞAN DİLİMLERİNDE DUYUSAL ANALİZ FORMU

RENK	Açık	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Koyu
GEVREKLİK	Yumuşak	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Çok Sert
KOKU	Çok	1	2	kötü	4	5	6	iyi	8	9	10	Çok iyi
	Kötü											Dengeli
LEZZET	Belirsiz	1	2	Hafif	4	5	6	Orta	8	9	10	Belirgin
GENEL İZLENİM	Hiç	1	2	Az	4	5	6	Biraz	8	9	10	Çok
	Beğenmedim											Beğendim

Panelistlere verilen örneklerin kodları, belirtilen duyuşsal özelliklere göre, belirtilen ölçülendirme barı üzerinde sıra ile yerleştirilecektir.

EK 2.1. Kurutma işlemi sırasında ağırlık değişim verileri kullanılarak hesaplanan modelleme değerleri

Açık Havada	Modelleme	R ²	MBE	RMSE	X ²	a	b	c	k	n
Ön İşlemsiz	Page	0.9932	0.003395	0.0211	0.000462				6.76x10 ⁻⁴	0.9398
	Modified Page	0.9932	0.003395	0.0211	0.000462				4.23x10 ⁻⁴	0.9398
	Henderson and Pabis	0.9917	0.003896	0.023384	0.000567	0.9939			4.17x10 ⁻⁴	
	Wang and Singh	0.9809	-0.006	0.035438	0.001303	-3.41x10 ⁻⁴	3.26x10 ⁻⁸		4.20x10 ⁻⁴	
	Lewis	0.9916	0.00362	0.023456	0.00056	0.6617		0.3383	1	
Logaritmik	0.1193	-4.50x10 ⁻⁵	0.240263	0.062254						
T.S	Page	0.9331	-0.01357	0.08084	0.002836				8.57x10 ⁻³	0.6445
	Modified Page	0.9331	-0.01357	0.08084	0.002836				6.21x10 ⁻⁴	0.6445
	Henderson and Pabis	0.8600	-0.03639	0.100338	0.004369	0.857			4.70x10 ⁻⁴	
	Wang and Singh	0.7565	0.290578	0.107227	0.011932	-4.17x10 ⁻⁴	4.71x10 ⁻⁸		5.74x10 ⁻⁴	
	Lewis	0.8324	-0.06154	0.090375	0.003479			0.2774	1	
Logaritmik	0.1974	0.148777	0.270516	0.033002	0.7226					
S.D	Page	0.9848	0.005809	0.032448	0.001104				5.53x10 ⁻⁴	0.9866
	Modified Page	0.9848	0.005809	0.032448	0.001104				5.00x10 ⁻⁴	0.9866
	Henderson and Pabis	0.9854	0.004665	0.031805	0.001061	1.0216			5.11x10 ⁻⁴	
	Wang and Singh	0.9853	-0.01162	0.030631	0.000526	-4.22x10 ⁻⁴	5.14x10 ⁻⁸		4.99x10 ⁻⁴	
	Lewis	0.9847	0.005856	0.032522	0.001083	0.6395		0.3605	1	
Logaritmik	0.1342	4.88x10 ⁻⁵	0.244811	0.064427						
P.N	Page	0.9931	0.001213	0.024497	0.019492				5.42x10 ⁻⁵	1.3668
	Modified Page	1.0000							-5.60x10 ⁻⁴	0.9075
	Henderson and Pabis	0.9776	-0.00539	0.044792	0.002197	1.0976			8.38x10 ⁻⁴	
	Wang and Singh	0.9871	0.006756	0.033955	0.001263	-5.87x10 ⁻⁴	8.91x10 ⁻⁸		7.58x10 ⁻⁴	
	Lewis	0.9637	0.005478	0.057007	0.003398	0.5813		0.4187	1	
Logaritmik	0.1570	-3.10x10 ⁻⁵	0.274706	0.086783						
M.D	Page	0.9938	0.003322	0.020468	0.000439				6.96x10 ⁻⁴	0.9652
	Modified Page	0.9938	0.003322	0.020468	0.000439				5.35x10 ⁻⁴	0.9652
	Henderson and Pabis	0.9933	0.003378	0.021278	0.000475	1.0014			5.34x10 ⁻⁴	
	Wang and Singh	0.9879	-0.00462	0.028684	0.000863	-4.35x10 ⁻⁴	5.33x10 ⁻⁸		5.33x10 ⁻⁴	
	Lewis	0.9933	0.003452	0.021277	0.000464	0.6606		0.3394	1	
Logaritmik	0.1464	4.50x10 ⁻⁵	0.240436	0.062145						

EK 2.2. Kurutma işlemi sırasında ağırlık değişim verileri kullanılarak hesaplanan modelleme değerleri

Güneş Enerjili	Modelleme	R ²	MBE	RMSE	X ²	a	b	c	k	n
Ön işlemsiz	Page	0.9821	0.006672	0.035997	0.001357				2.08x10 ⁻⁴	1.0866
	Modified Page	0.9821	0.006674	0.036004	0.001358				4.09x10 ⁻⁴	1.0866
	Henderson and Pabis	0.9848	0.002572	0.033174	0.001153	1.059			4.37x10 ⁻⁴	
	Wang and Singh	0.9848	0.005704	0.28969	0.000879	-3.61x10 ⁻⁴	3.92x10 ⁻⁸		4.09x10 ⁻⁴	
	Lewis	0.9794	0.007156	0.038591	0.001524	0.5862		0.4138	1	
	Logaritmik	0.1055	-3.20x10 ⁻⁵	0.254378	0.069443					
T.S	Page	0.9597	0.01174	0.056597	0.003372				2.05x10 ⁻⁴	1.111
	Modified Page	0.9597	0.011748	0.056603	0.003373				4.79x10 ⁻⁴	1.111
	Henderson and Pabis	0.9664	0.005058	0.051688	0.002812	1.0898			5.28x10 ⁻⁴	
	Wang and Singh	0.9699	0.009508	0.04888	0.002515	-4.24x10 ⁻⁴	5.37x10 ⁻⁸		4.79x10 ⁻⁴	
	Lewis	0.9556	0.0112	0.059374	0.003616	0.6012		0.3988	1	
	Logaritmik	0.1109	-9.50x10 ⁻⁶	0.26581	0.076383					
S.D	Page	0.9781	0.007238	0.039422	0.00163				4.10x10 ⁻⁴	1.0197
	Modified Page	0.9781	0.007238	0.039422	0.00163				4.77x10 ⁻⁴	1.0197
	Henderson and Pabis	0.9800	0.004929	0.037714	0.001492	1.0373			4.98x10 ⁻⁴	
	Wang and Singh	0.9881	0.002392	0.028998	0.000882	-4.15x10 ⁻⁴	5.04x10 ⁻⁸		4.77x10 ⁻⁴	
	Lewis	0.9780	0.007159	0.039543	0.001601	0.6253		0.3747	1	
	Logaritmik	0.1252	-3.60x10 ⁻⁶	0.249135	0.066724					
P.N	Page	0.9972	0.003712	0.016455	0.000289				4.50x10 ⁻⁶	1.6172
	Modified Page	0.9972	0.003712	0.016455	0.000289				4.94x10 ⁻⁴	1.6181
	Henderson and Pabis	0.9645	-0.00713	0.058372	0.003642	1.155			5.65x10 ⁻⁴	
	Wang and Singh	0.9768	0.011854	0.047127	0.002374	-3.39x10 ⁻⁴	2.05x10 ⁻⁸		4.80x10 ⁻⁴	
	Lewis	0.9305	0.012232	0.081648	0.006889	0.5253		0.4747	1	
	Logaritmik	0.0899	-3.90x10 ⁻⁵	0.295396	0.096608					
M.D	Page	0.9882	0.008662	0.03338	0.00117				1.47x10 ⁻⁵	1.4331
	Modified Page	0.9882	0.008662	0.033375	0.00117				4.25x10 ⁻⁴	1.4336
	Henderson and Pabis	0.9753	-0.00393	0.048197	0.002439	1.1456			4.90x10 ⁻⁴	
	Wang and Singh	0.9729	0.013233	0.050562	0.002684	-3.40x10 ⁻⁴	3.13x10 ⁻⁸		4.24x10 ⁻⁴	
	Lewis	0.9494	0.009845	0.069074	0.004888	0.5806		0.4194	1	
	Logaritmik	0.0832	2.61 x10 ⁻⁵	0.293872	0.093004					

EK 2.3.Kurutma işlemi sırasında ağırlık değişim verileri kullanılarak hesaplanan modellenme değerleri

Kabin	Modelleme	R ²	MBE	RMSE	X ²	a	b	c	k	n
Ön işlemsiz	Page	0.9826	0.012662	0.043385	0.002196				4.33x10 ⁻³	1.5321
	Modified Page	0.9826	0.012676	0.043381	0.002196				1.42x10 ⁻³	1.5324
	Henderson and Pabis	0.9584	-0.006	0.066967	0.005232	1.1242			1.60x10 ⁻³	
	Wang and Singh	0.9639	0.014676	0.06239	0.004541	-1.14x10 ⁻³	3.55x10 ⁻⁷		1.42x10 ⁻³	
	Lewis	0.9388	0.008726	0.081225	0.00711	0.6226		0.3774	1	
Logaritmik	0.2383	-1,70x10 ⁻⁵	0.286707	0.104619						
T.S	Page	0.9299	0.027339	0.075383	0.006137				6.91x10 ⁻⁴	1.0855
	Modified Page	0.9298	0.027336	0.07538	0.006137				1.23x10 ⁻³	1.0855
	Henderson and Pabis	0.9351	0.020473	0.072501	0.005677	1.0839			1.34x10 ⁻³	
	Wang and Singh	0.9304	-0.00268	0.075048	0.006083	-9.01x10 ⁻⁴	2.10x10 ⁻⁷		1.23x10 ⁻³	
	Lewis	0.9285	0.022188	0.076074	0.00601	0.7397		0.2603	1	
Logaritmik	0.2410	2,34x10 ⁻⁶	0.247908	0.069141						
S.D	Page	0.9789	0.012702	0.045459	0.002384				1.95x10 ⁻⁴	1.2999
	Modified Page	0.9789	0.012702	0.045459	0.002384				1.40x10 ⁻³	1.2999
	Henderson and Pabis	0.9732	-0.00077	0.051217	0.003027	1.1011			1.56x10 ⁻³	
	Wang and Singh	0.9760	0.011309	0.04847	0.002711	-1.17x10 ⁻³	3.85x10 ⁻⁷		1.41x10 ⁻³	
	Lewis	0.9598	0.009282	0.062684	0.00421	0.6385		0.3615	1	
Logaritmik	0.2594	1,54x10 ⁻⁵	0.269135	0.090542						
P.N	Page	0.9686	0.019059	0.05616	0.003548				1.13x10 ⁻⁴	1.3742
	Modified Page	0.9686	0.019064	0.056161	0.003548				1.34x10 ⁻³	1.3744
	Henderson and Pabis	0.9600	0.000692	0.06343	0.004526	1.1114			1.51x10 ⁻³	
	Wang and Singh	0.9685	0.010881	0.056281	0.003564	-1.11x10 ⁻³	3.34x10 ⁻⁷		1.36x10 ⁻³	
	Lewis	0.9463	0.009548	0.073503	0.005721	0.6784		0.3216	1	
Logaritmik	0.2401	2,53x10 ⁻⁵	0.276411	0.091683						
M.D	Page	0.9538	0.023446	0.068032	0.005091				8.49x10 ⁻⁵	1.3753
	Modified Page	1.0000							-1.29x10 ⁻⁴	0.9097
	Henderson and Pabis	0.9490	0.003156	0.071516	0.005626	1.1297			1.24x10 ⁻³	
	Wang and Singh	0.9555	0.012646	0.066772	0.004904	-9.09x10 ⁻⁴	2.27x10 ⁻⁷		1.10x10 ⁻³	
	Lewis	0.9315	0.006864	0.082847	0.00719	0.6708		0.3292	1	
Logaritmik	0.1948	-4,40x10 ⁻⁵	0.284099	0.093456						

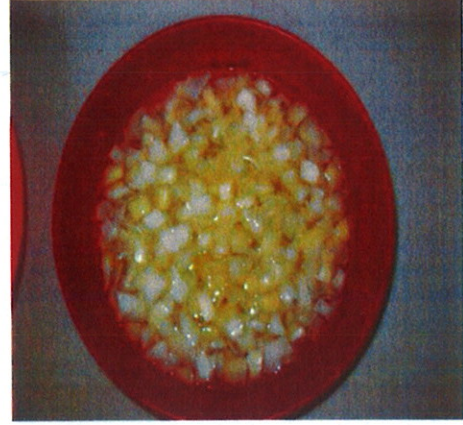
EK 2.4. Kurutma işleminde ağırlık değişim verileri kullanılarak hesaplanan modelleme değerleri

Vakum	Modelleme	R ²	MBE	RMSE	X ²	a	b	c	k	n
Ön işlemsiz	Page	0.9960	-0.00285	0.021942	0.000722				9.80x10 ⁻⁸	2.6691
	Modified Page	0.9960	-0.00286	0.021954	0.000723				2.37x10 ⁻³	2.6713
	Henderson and Pabis	0.8519	-0.0123	0.132989	0.026529	1.1206			2.42x10 ⁻³	
	Wang and Singh	0.9721	0.006504	0.057754	0.005003	-6.87x10 ⁻⁴	-1.53x10 ⁻⁶		2.11x10 ⁻³	
	Lewis	0.8228	0.017471	0.145479	0.025397	0.4811		0.5189	1	
Logaritmik	0.2692	-2.90x10 ⁻⁵	0.295428	0.174556						
T.S	Page	0.9274	0.017544	0.081017	0.007574				7.54x10 ⁻⁴	1.1026
	Modified Page	0.9274	0.017544	0.081017	0.007574				1.47x10 ⁻³	1.1026
	Henderson and Pabis	0.9325	0.008977	0.078087	0.007036	1.0775			1.60x10 ⁻³	
	Wang and Singh	0.9537	0.010697	0.064679	0.004827	-1.32x10 ⁻³	5.06x10 ⁻⁷		1.47x10 ⁻³	
	Lewis	0.9246	0.014924	0.082562	0.007303	0.6456		0.3544	1	
Logaritmik	0.2870	4.40x10 ⁻⁵	0.25381	0.080524						
S.D	Page	0.9600	0.029494	0.071127	0.006183				4.32x10 ⁻⁶	1.9743
	Modified Page	1.0000				1.1431			-9.58x10 ⁻³	0.7815
	Henderson and Pabis	0.9123	-0.00842	0.105004	0.013476	-1.51x10 ⁻³	6.20x10 ⁻⁷		2.13x10 ⁻³	
	Wang and Singh	0.9195	0.020957	0.100885	0.012439				1.87x10 ⁻³	
	Lewis	0.8886	0.010975	0.118657	0.015488	0.6327		0.3673	1	
Logaritmik	0.2617	-6.50x10 ⁻⁶	0.305508	0.128336						
P.N	Page	0.9930	-0.00068	0.029058	0.001182				4.57x10 ⁻⁹	3.0923
	Modified Page	0.9930	0.000309	0.029025	0.001179				2.01x10 ⁻³	3.0891
	Henderson and Pabis	0.8239	-0.01386	0.150203	0.031585	1.1486			2.08x10 ⁻³	
	Wang and Singh	0.9537	0.008443	0.077023	0.008306	-4.74x10 ⁻⁴	-1.27x10 ⁻⁶		1.77x10 ⁻³	
	Lewis	0.7851	0.021109	0.165957	0.032132	0.4671		0.5329	1	
Logaritmik	0.2085	-3.40x10 ⁻⁵	0.318455	0.177473						
M.D	Page	0.9718	0.012372	0.053027	0.003434				3.76x10 ⁻⁴	1.2687
	Modified Page	1.0000							-7.53x10 ⁻³	0.6639
	Henderson and Pabis	0.9651	-0.00019	0.058991	0.004253	1.0732			2.17x10 ⁻³	
	Wang and Singh	0.9732	0.009163	0.051654	0.003261	-1.69x10 ⁻³	8.01x10 ⁻⁷		2.02x10 ⁻³	
	Lewis	0.9575	0.008008	0.065091	0.004661	0.6582		0.3418	1	
Logaritmik	0.3594	1.75x10 ⁻⁵	0.252622	0.08775						

EK 3. Soğanların Kurutulması



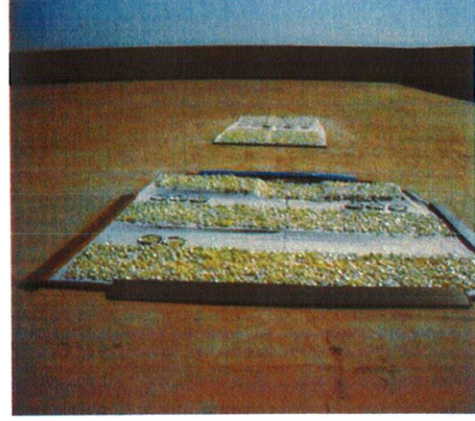
a) Ön işlemsiz soğanlar



b.1) Ön işlemlı soğanlar



b.2) Ön işlemlı soğanlar



c) Açıkta (güneşte) kurutma işlemlı



d) G.E kurutucuda kurutma işlemlı



e) G.E kurutucuda PN ön işlemlı soğanlar



f) G.E kurutucuda MD ön işlemli soğanlar



g.1) Kabin kurutucuda kurutma işlemi



g.2) Kabin kurutucuda kurutma işlemi



h) Vakum kurutucuda kurutma işlemi



i) Soğanların Aw değeri ölçümü



j) Analizler için soğan ekstraktları

EK 4. L-Askorbik asit standart eğrisi

